

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ
Издаётся с января 1912 г. Москва
Выходил под названиями:
1912 – 1917 – "ХОЛОДИЛЬНОЕ ДЕЛО"
1923 – 1924 – "Холодильное и боевое дело"
1925 – 1936 – "ХОЛОДИЛЬНОЕ ДЕЛО"
1937 – 1940 – "Холодильная промышленность"
с 1941 – "ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА"
Учредитель –
Издательство «Холодильная техника»

Холодильная техника

10.2002 Kholodilnaya Tekhnika

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ
Минпромнауки России
Международной академии холода
ОАО РТПК «Росмясомолторг»

Главный редактор
Л.Д.Акимов

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

Ответственный секретарь
Е.В.Плуталова
Дизайн и компьютерная верстка
Т.А.Миансарова
Компьютерный набор Л.И.Лапина
Корректор Т.Т.Талдыкина
Ответственность за достоверность
рекламы несут рекламодатели.
Рукописи не возвращаются.

Адрес редакции:
107996, ГСП-6, Москва,
ул. Садовая-Спасская, д. 18
Телефоны: (095) 207-5314, 207-2396
Тел./факс: (095) 975-3638
E-mail: holodteh@ropnet.ru

Подписано в печать 15.10.2002.
Формат 60x88¹/₈. Офсетная печать.
Усл. печ. л. 6.

Отпечатано в ООО «РЭМОКС»



В НОМЕРЕ:

IN ISSUE:

- | | | |
|---|----|---|
| Компания «Йорк Рефрижерейшн АпС»
и ее продукция | 2 | YORK
Company «York Refrigeration ApC» and its
products |
| СТИРЛИНГ-ТЕХНОЛОГИИ НА СЛУЖБЕ
АВТОТРАНСПОРТА
Кириллов Н.Г. Авторефрижераторная
техника на сжиженном природном газе | 4 | STIRLING TECHNOLOGIES AT
THE SERVICE OF ROAD TRANSPORT
Kirillov N.G. Refrigerated road transport
equipment working on liquefied natural gas |
| ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ!
Владимиру Егоровичу Курташину
70 лет | 7 | CONGRATULATIONS ON JUBILEE!
Vladimir Egorovich Kurtashin is
70 years old! |
| НАУКА И ТЕХНИКА
Филин С.О., Закшевский Б. Аккумуляция
холода: способы и современные
технические решения | 10 | SCIENCE AND TECHNIQUE
Filin S.O., Zakshevsky B. Cold
accumulation: methods and modern
technical solutions |
| Богданов А.И. Абсорбционные бромис-
то-литиевые холодильные машины
«ОКБ Теплосибмаш» | 16 | Bogdanov A.I. Absorption lithium-bromide
refrigerating machines from «OKB
Teplosibmach» |
| ГЕА ГРАССО
Аммиачные холодильные машины
фирмы «Грассо» для пищевой, хими-
ческой промышленности и систем
промышленного кондиционирования | 17 | GEA GRASSO
Grasso ammonia refrigerating
machines for food, chemical industry
and for industrial air conditioning
systems |
| ЭЙРКУЛ
Универсальные контейнеры фирмы
«Эйркул» | 18 | AIRCOOL
All-purpose containers from Aircool |
| Никифоров Н.В. ОАО «ХОЛОДМАШ»:
повышение качества компрессоров
для торговых и промышленных холо-
дильных установок – путь к стабильно-
сти и успеху | 21 | Nikiforov N.V. ОАО «HOLODMACH»:
increase of quality of compressors for
commercial and industrial refrigerating
installations – way to stability and
success |
| Оборудование Tempstar для воздушно-
го отопления и кондиционирования в
коттеджах | 25 | Tempstar forced air heating and
air conditioning systems for
cottages |
| СПРАВОЧНЫЙ ОТДЕЛ
Бондарев В.Н., Онучин М.Ф. Выбор
предпочтительной единицы давления | 26 | REFERENCE DEPARTMENT
Bondarev V.N., Onuchin M.F. Selection of
preferable pressure unit |
| ДЛЯ ПРАКТИКОВ
Калюнов В.С., Осипов Ю.В., Эглит А.Я.
Подбор импортных отделителей
жидкости | 30 | ASSISTANCE TO PRACTICAL WORKER
Kalunov V.S., Osipov Yu.V., Eglit A.Ya.
Selection of foreign liquid separators |
| СЕРТИФИКАЦИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ
Продукция, прошедшая сертификацию
в НП «СЦ НАСТХОЛ» в августе–сентябре
2002 г. | 32 | CERTIFICATION AND STANDARDISATION
Products having passed certification at
NP «STs NASTHOL» in August-September
of the year 2002 |
| НОВЫЕ КНИГИ | 32 | NEW BOOKS |
| КОМПАНИЯ «ИЗБА»
Весс Х.П. Изоляционные материалы для
систем холодоснабжения | 34 | «IZBA» COMPANY
Woess H.P. Insulating materials for
refrigerating systems |
| В МЕЖДУНАРОДНОМ ИНСТИТУТЕ
ХОЛОДА
Из бюллетеня МИХ | 37 | AT INTERNATIONAL INSTITUTE
OF REFRIGERATION
From Bulletin of IIR |
| ЗАРУБЕЖНЫЕ НОВОСТИ
Коптелов К.А. Применение
систем холодоснабжения
со льдоаккумуляторами | 40 | FOREIGN NEWS
Koptelov K.A. Use of refrigeration supply
systems with ice storage |
| ХРОНИКА
Технический семинар ООО «СПК Снег» | 44 | CHRONICLE
Technical seminar ООО «SPK Sneg» |
| Пискунов В.В. Международная выставка
«Мотор шоу-2002» | 46 | Piskunov V.V. International exhibition
«Motor-show-2002» |

НАУКОВА БИБЛИОТЕКА
ім. О. Гмирьова

Компания «ЙОРК Рефриджерейшн АпС» (Дания), являясь подразделением «ЙОРК Интернэшнл» (США), полностью удовлетворяет запросы своих заказчиков в холодильном оборудовании по всему миру, в том числе и в России.

Несомненным преимуществом клиентов «Йорк Рефриджерейшн АпС» является возможность пользоваться огромным объемом технологий и результатами опыта, накопленного международной группой компаний, объединенных под общим названием «Йорк Интернэшнл» и расположенных по всему миру.

Для более плодотворной работы с российскими заказчиками в 2000 г. в Москве открыто представительство компании «ЙОРК Рефриджерейшн АпС», работающее в тесном контакте с ЗАО «ЙОРК Интернэшнл». Такое сотрудничество позволяет оперативно осуществлять монтаж, пуск и наладку оборудования, сервисное обслуживание и поставку оригинальных запасных частей к оборудованию компаний YORK, GRAM, SABROE, STAL.

Мы с удовольствием представляем вам наши изделия, определяющие мировой уровень технического прогресса в холодильной и компрессорной технике:

- винтовые и поршневые компрессорные агрегаты, работающие на различных фреонах и аммиаке;
- холодильные машины (чиллеры) на базе винтовых и поршневых агрегатов с пластинчатыми или кожухотрубными аппаратами в качестве испарителей и конденсаторов;
- сосуда и аппараты;
- морозильное оборудование (плиточные скороморозильные аппараты, льдогенераторы);
- холодильное и компрессорное оборудование для химической и нефтегазовой промышленности с использованием искусственного холода (температура кипения хладагента до -100°C).

Кроме того, компания располагает уникальной возможностью удовлетворить требования каждого заказчика по любому нестандартному проекту. Квалификация специалистов «ЙОРК Рефриджерейшн АпС» в области технологии и проектирования позволяет интегрировать оборудование в одну прекрасно функционирующую систему.

Компрессорные агрегаты

Компрессорные агрегаты компании «ЙОРК Рефриджерейшн АпС» идеальны для применения в промышленности, где важнейшим требованием является надежность, долговечность и низкие эксплуатационные расходы.

Винтовые агрегаты серий SAB и SAB 80 имеют компактную конструкцию с горизонтальным маслоотделителем на общей раме, что позволяет избежать теплового влияния на центровку валов компрессора и электродвигателя. Кроме того, на общей раме могут быть установлены маслоохладитель и экономайзер.

Поршневые холодильные компрессорные агрегаты серий СМО, SMC 100, SMC 180, разработанные для применения в аммиачных и фреоновых холодильных установках, а также серий НРО и НРС, спроектированные для применения в системах повышенного давления – до 40 бар, а именно в аммиачных тепловых насосах и каскадных холодильных установках с использованием диоксида углерода в нижнем каскаде, компактны и просты в эксплуатации, что выгодно отличает их от агрегатов других европейских производителей.

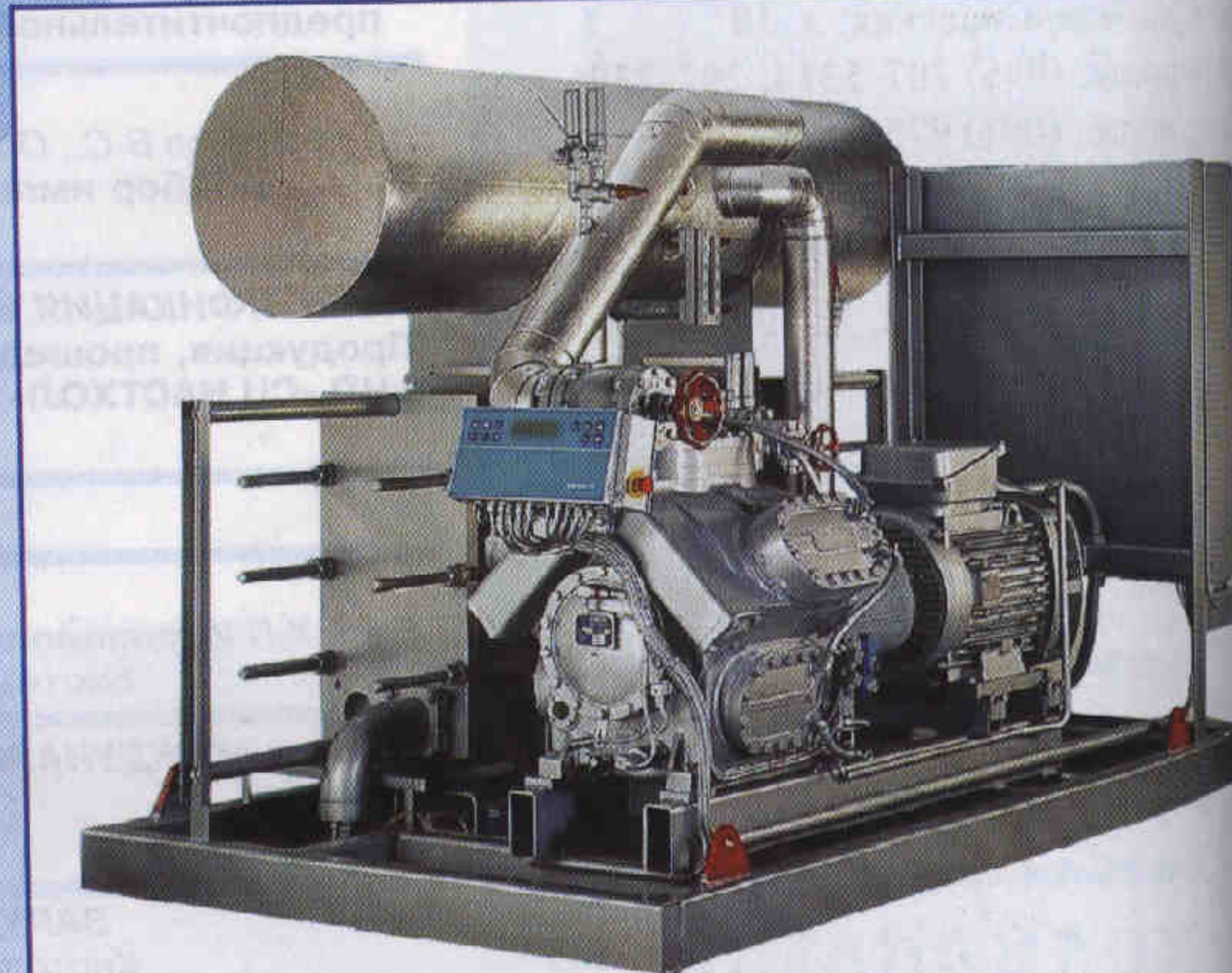
Обширный перечень поршневых компрессорных агрегатов дополняют двухступенчатые агрегаты серий TSMO и TSMC. Они имеют самый высокий холодильный коэффициент во всем ряду компрессорных агрегатов, производимых фирмой «ЙОРК Рефриджерейшн».

Одной из последних разработок компании являются серии поршневых и винтовых компрессорных агрегатов «Rotatune» отличительной особенностью которых является наличие частотного преобразователя для плавного регулирования холодопроизводительности. Эти серии в условиях работы при частичной нагрузке позволяют значительно увеличить холодильный коэффициент и срок службы агрегата. Кроме того, серия винтовых агрегатов «Rotatune» специально доработана для применения при повышенной частоте вращения (6000 об/мин), что приводит к почти двукратному увеличению холодопроизводительности агрегата.

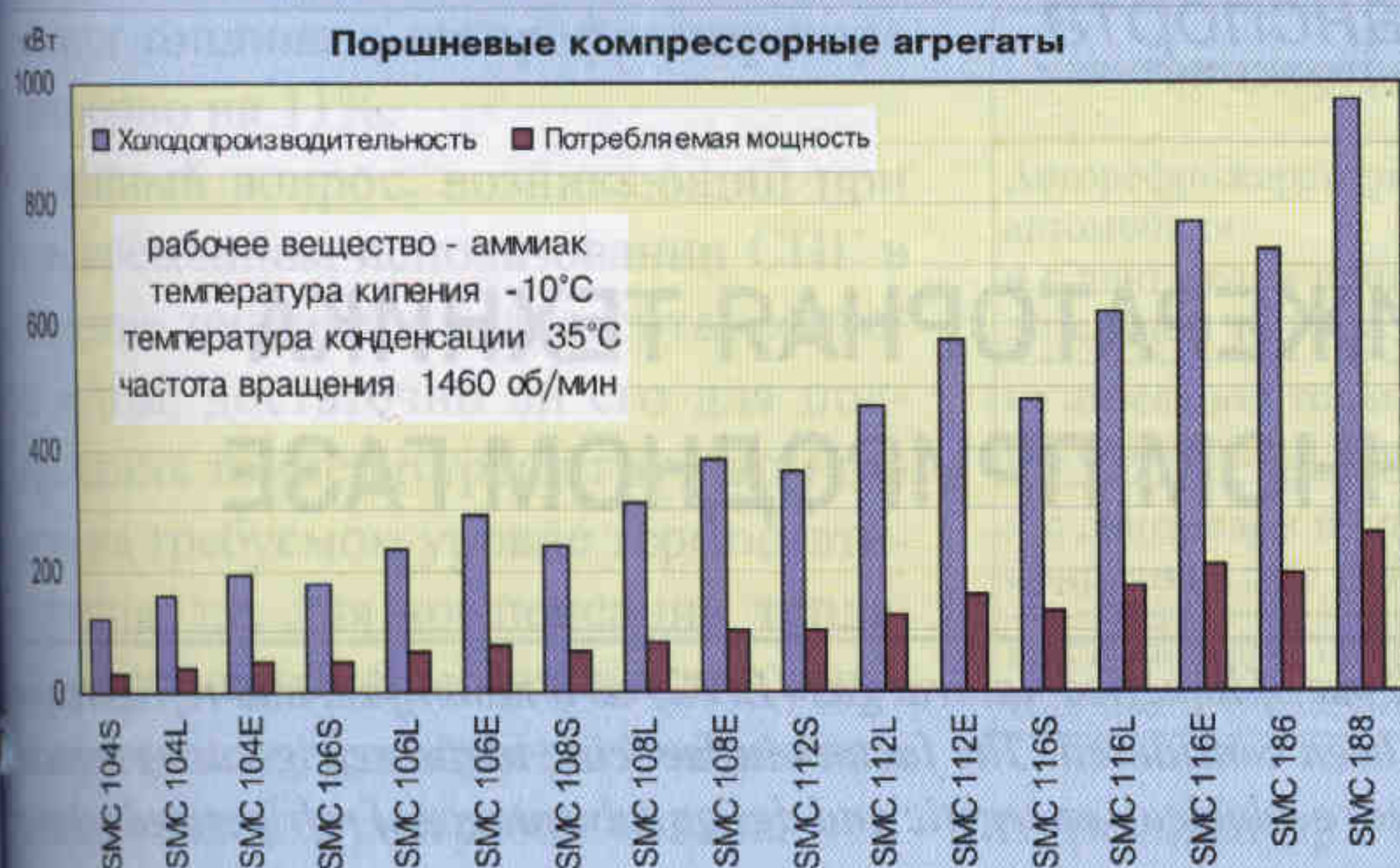
Одноступенчатые компрессорные агрегаты можно эффек-



Винтовой компрессорный агрегат SAB 163



Чиллер с пластинчатыми теплообменниками на базе поршневого компрессорного агрегата SMC 106



тивно использовать при температуре кипения хладагента выше -25°C. При снижении температуры кипения до -40°C рекомендуется применять винтовые агрегаты с экономайзером или двухступенчатые поршневые агрегаты. При наличии существенной нагрузки на промежуточном температурном уровне экономически оправдано использование двухступенчатой схемы сжатия с бустерными агрегатами (нижней ступенью). Для более низких температур кипения рекомендуется применение каскадных холодильных установок.

Компрессорные агрегаты "ЙОРК" обладают рядом уникальных характеристик, обеспечивающих безопасность, высокую надежность и незначительное воздействие на окружающую среду.

Все компрессорные агрегаты комплектуются русифицированной микропроцессорной панелью UNISAB II, которая предназначена для контроля, защиты и управления агрегатом. Она имеет жидкокристаллический экран, где изображается полная информация об агрегате на русском языке: температура и давление на всасывании и нагнетании компрессора, холодопроизводительность, потребляемая мощность, загрузка агрегата, всевозможные аварийные ситуации и многое другое.

Для создания централизованной системы контроля и управления холодильными установками используется универсальная компьютерная система SUBVISUAL. Эта система позволяет дистанционно управлять как компрессорными агрегатами, оснащенными микропроцессорными панелями UNISAB, так и оборудованием (компрессорные агрегаты, конденсаторы, воздухоохладители, насосы, автоматические приборы управления), оснащенным контроллерами других фирм производителей (Siemens, Mitsubishi, ABB и т.д.)

Холодильные машины

Специально для охлаждения жидкостей компанией "ЙОРК Рефриджерейшн" спроектированы компактные холодильные машины (чиллеры) на базе как винтовых, так и поршневых компрессорных агрегатов.

В конструкцию чиллеров серии PAC входят: компрессорный агрегат; сосуд, выполняющий функции отделителя жидкости и питателя; пластинчатый испаритель затопленного типа и конденсатор со встроенным маслоохладителем. При такой схеме достигается очень высокий холодильный коэффициент даже при частичных нагрузках машины.

Чиллеры серий PLCA и PLCH комплектуются кожухотрубными испарителями и конденсаторами, а также электронной расширительной системой (в ее состав не входит отделитель жидкости).

Контроль, защита и управление чиллером осуществляются при помощи стандартной микропроцессорной панели UNISAB

II, на экран которой выводится дополнительная информация о параметрах хладоносителя (температура, расход).

Стандартная электрическая панель, входящая в состав чиллера, включает пускатель типа звезда-треугольник для электродвигателя компрессора.

Холодильные машины с пластинчатым испарителем позволяют охладить воду до 2°C. В машинах с кожухотрубным теплообменником воду допускается охлаждать только до 5°C. Стандартная температура раствора гликоля на выходе не ниже -20°C. По специальному запросу могут быть изготовлены нестандартные чиллеры всех типов для охлаждения хладоносителя до более низких температур.

Теплообмен наиболее эффективен в том случае, когда разность температур хладоносителя на входе и выходе из теплообменника составляет 4...6°C.

Стандартный ряд аммиачных чиллеров серий PAC и PLCA создан на базе поршневых агрегатов SMC 100 и винтовых SAB. (См. приведенные выше диаграммы.) Стандартный ряд чиллеров серии PLCH, работающих на R410A, базируется на поршневых агрегатах высокого давления HPO и HPC. По специальному запросу изготавливают нестандартные чиллеры:

- с хладагентами R22, R134a и др.;
- с другим типом компрессорного агрегата;
- с двумя компрессорами на общей раме (TWIN);
- без испарителя или без конденсатора (для применения в разомкнутых холодильных системах).

Безусловным достоинством холодильных машин фирмы "ЙОРК" является малое количество заправляемого хладагента:

- до 130 кг аммиака для наиболее крупных моделей PAC и PLCA;
- до 170 кг R-410A для наиболее крупных моделей PLCH.

Чиллеры поставляются собранными на общей раме и полностью укомплектованными всеми необходимыми элементами. Пробная обкатка на заводе-изготовителе исключает проблемы при пуске и эксплуатации оборудования на рабочей площадке.

Основные потребители нашей продукции:

- предприятия пищевой индустрии: молочные, пивоваренные заводы, мясокомбинаты, птицефабрики, фабрики мороженого, ликероводочные заводы;
- спортивные сооружения: ледовые катки, арены, дворцы, бобслейные трассы;
- предприятия фармацевтической, химической и нефтехимической промышленности.

Компания "ЙОРК Рефриджерейшн" предлагает оригинальные запасные части для всего спектра холодильного оборудования YORK, GRAM, SABROE, STAL.

Представительство "ЙОРК Рефриджерейшн АпС", Москва
 ЗАО "ЙОРК Интернэшнл", Россия, 121170, г. Москва, ул. Поклонная, 14
 Телефон: (095) 232 66 60, факс: (095) 232 66 61

УДК 621.56:59

Канд. техн. наук **Н.Г. КИРИЛЛОВ**,
Военный инженерно-космический
университет

АВТОРЕФРИЖЕРАТОРНАЯ ТЕХНИКА НА СЖИЖЕННОМ ПРИРОДНОМ ГАЗЕ

Сжиженный природный газ как моторное топливо и хладагент

Перспективность использования сжиженного природного газа (СПГ) в качестве альтернативного моторного топлива для автотранспортных средств очевидна для большинства стран мира. Исследования, выполненные фирмами Ford, Toyo Menka, Mercedes-Benz, MAN, Messer, BMW и др., показали техническую возможность и экономическую целесообразность применения СПГ на автотранспорте.

СПГ как моторное топливо применяют в США, Германии, Нидерландах, Норвегии, во Франции и в других странах. Известная американская компания Mack в сотрудничестве с фирмой Waste Management Inc. уже в течение 20 лет успешно занимается производством двигателей на СПГ. Седельный тягач Mack CH/LNG, работающий на СПГ, — это самый чистый грузовой автомобиль на американских дорогах, отличающийся также и большим запасом хода (свыше 1000 км). Сейчас СПГ в качестве моторного топлива начал применять и другой промышленный лидер США — United Parcel Service (UPS).

В Германии фирмами Mercedes-Benz и Messer разработаны и производятся городские мусоровозы, работающие на СПГ. Только во Франкфурте предполагается использовать более 80 таких муниципальных машин.

За рубежом создано и успешно развивается множество фирм, специализирующихся на производстве газовой аппаратуры и криогенного оборудования для конвертации автомобилей на СПГ. Так, американская фирма Kaiser Brenner обслуживает свыше 1500 автомобилей на СПГ. Она выпускает криогенные баки емкостью от 70 до 500 л, рассчитанные на давление около 0,15 МПа и топливные системы питания жидким газом, обеспечивающие беззаправочный пробег автомобиля до 450 км.

В США и Западной Европе широкое

Problems of efficiency of use of liquefied natural gas (LNG) as a motor fuel and refrigerant in refrigerated vehicles have been considered. The factors influencing useful refrigerating capacity of LNG have been evaluated; ecological, energetic and design advantages of refrigerated vehicles working on LNG are given.

Prospects for creation of transport in Russia are given.

использование СПГ в качестве моторного топлива для автомобилей стимулируется наличием развитого централизованного промышленного производства СПГ. За последние 30 лет в мире создана и успешно функционирует целая индустрия, обеспечивающая получение до 100 млрд м³ СПГ в год. По прогнозам специалистов, объем мировой торговли им может возрасти к 2010 г. до 150 млрд м³ и более [1]. За рубежом производство СПГ связано с экспортом огромного количества природного газа из газодобывающих регионов мира (Алжира, Индонезии, Ливии, Малайзии и др.) в развитые страны Европы, США, Японии или с его более экономичной перевозкой морским транспортом в сжиженном виде.

В России промышленное производство сжиженного природного газа отсутствует. Проблема создания отечественной инфраструктуры производства СПГ может быть решена в кратчайшие сроки на основе использования криогенных газовых машин (КГМ) Стирлинга [2,3]. Стирлинг-технология позволяет создать различные по своему функциональному назначению и расположению типы заправочных станций СПГ: индивидуальные, гаражные, муниципальные. При этом учитывается уникальная особенность транспортировки природного газа в России, а именно, наличие широкой сети продукционных газопроводов низкого давления (от 0,1 до 0,6 МПа) практически в каждом населенном пункте — от крупных промышленных городов до небольших поселков [4]*.

*О концепции создания инфраструктуры производства сжиженного природного газа для городского автомобильного транспорта см. журнал ХТ № 7/2002.

Однако СПГ не только эффективен в качестве дешевого и экологически чистого моторного топлива. Он может использоваться как хладагент в авторефрижераторах и в кондиционерах (кабин дальнорейсовых грузовиков или автобусов).

Таким образом, можно удешевить стоимость прогона, сэкономив энергию и вернув большую часть затрат на сжижение газа.

Авторефрижераторная техника на СПГ — зарубежный опыт создания и эксплуатации

Авторефрижераторный транспорт на СПГ широко используется в Западной Европе для доставки в магазины свежих и подвергнутых глубокому замораживанию продовольственных товаров. В Германии серийное производство авторефрижераторов на СПГ освоено совместно фирмами MAN и REWE. Грузовики снабжены шестицилиндровыми двигателями MAN-19.232 мощностью 170 кВт и изотермическими кузовами вместимостью 18 т. Среднегодовой пробег авторефрижератора составляет более 30 тыс. км (при ежедневном — 159 км). Средний расход топлива (СПГ) 28 кг/100 км. Автомобиль потребляет 143 л СПГ при пробеге в 200 км.

Для определения эффективности применения СПГ как хладагента в сравнении с традиционной для авторефрижераторов парокомпрессионной холодильной машиной (ПКХМ) один из грузовиков был снабжен дополнительной холодильной установкой типа "FE 13" фирмы Frigoblock Grosskopf GmbH с генератором 17 кВт. Исследования показали, что использование традиционного холодильника вместо системы охлаждения СПГ увеличивает

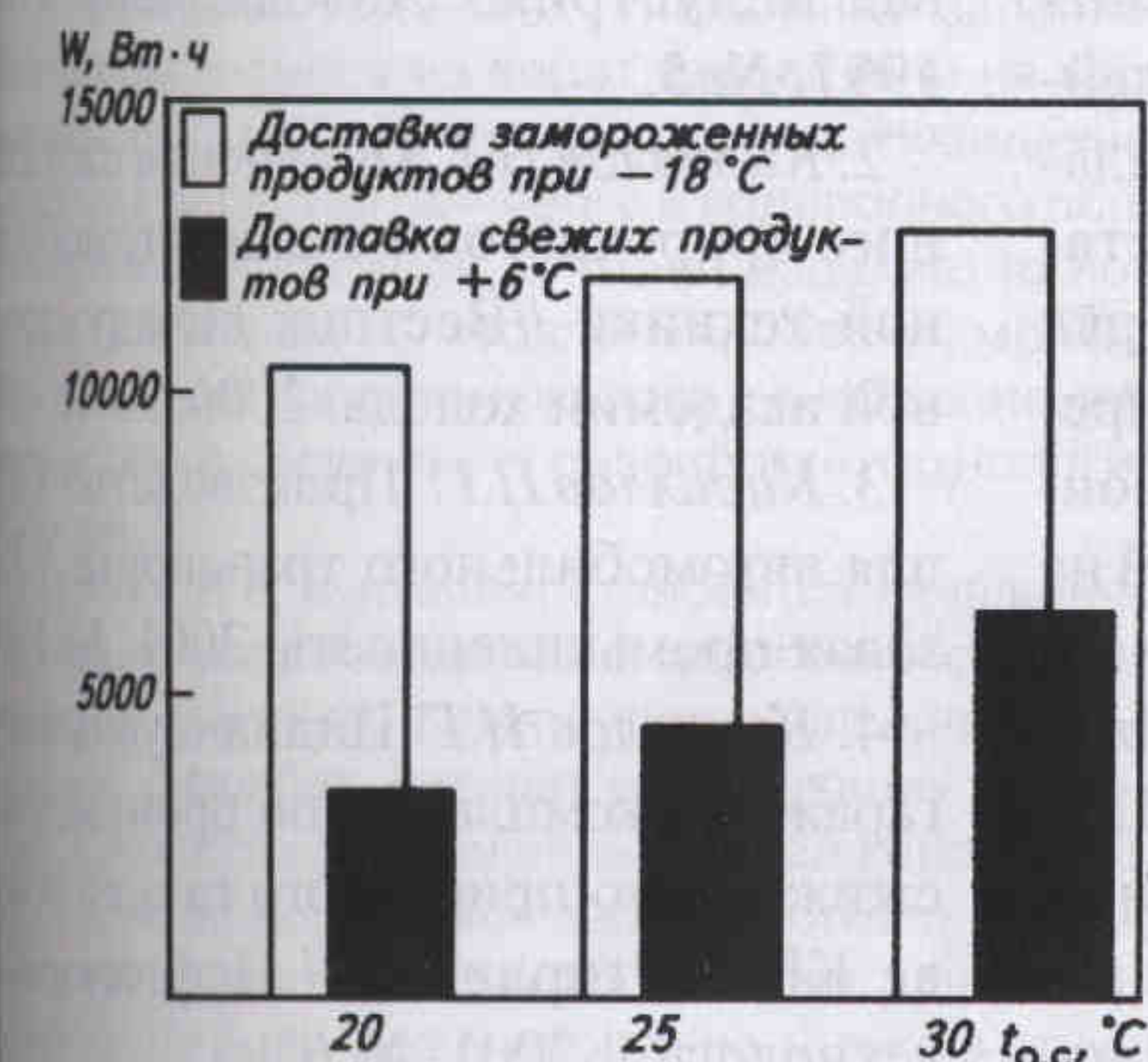
топлива в авторефрижераторе
но на 11%.

ный вопрос, возникающий при
ременном использовании СПГ в
ве топлива и хладагента, состо-
ом, достаточно ли его для под-
ния температуры в грузовом от-
а требуемом уровне термостати-
ия, т.е. для компенсации тепла,
ающего через изоляцию и по-
ающего в охлаждаемый объем при
овках для разгрузки товара.

к показал опыт эксплуатации ав-
фрижераторов MAN-19.232, наи-
е важными факторами, влияющи-
тепловой баланс, являются тем-
тура внешней среды, назначение
рижератора (доставка свежих про-
тов при +6 °C или замороженных
-18 °C), а также число разгрузок
ара (доставка в одно или в несколь-
мест).

а диаграмме представлена зависи-
сть полезной охлаждающей способ-
сти СПГ, т.е. количества энергии, не-
ходимой для сохранения температу-
ры внутри грузового отсека на уровне
или -18 °C в течение 8-часового ра-
ного дня, от значения температуры
оужающей среды при следующих
словиях: расход СПГ 28 кг/100 км,
ощность двигателя 170 кВт, пробег
0 км/день, площадь поверхности
грузового отсека 92,5 м².

Как видно из диаграммы, максималь-
ая охлаждающая способность СПГ
егда, даже в самый жаркий летний
ень, обеспечивает не только возмож-
ость доставки свежих продуктов, но
сохранение нужного температурно-



Зависимость полезной охлаждающей способности
СПГ от температуры окружающей среды

Тип авторефрижераторной установки	$W_{\text{двиг. отн}}$	$W_{\text{двиг. прив. отн}}$	$W_{\text{хл. отн}}$	$W_{\text{т. отн}}$	$\Sigma W_{\text{отн}}$
Авторефрижераторная установка с двигателем автомобиля и с двигателем привода компрессора на дизельном топливе, оснащенная ПКХМ	1	1	1	1	4
на дизельном топливе, оснащенная азотной системой охлаждения	1	0	0	1	2
и с двигателем привода компрессора на сжатом природном газе (КПГ), оснащенная ПКХМ	0,12	0,12	1	0	1,24
на сжиженном природном газе (СПГ в качестве топлива и хладагента)	0,12	0	0	0	0,12

го режима при открывании дверей до
30 раз при температуре окружающей
среды до 30 °C.

Экологическая эффективность ав- торефрижераторной техники на СПГ

В настоящее время использование
сжиженного природного газа одновре-
менно в качестве топлива и хладаген-
та является одним из возможных реше-
ний проблемы повышения экологичес-
кой чистоты авторефрижераторной
техники.

Энергетическая и экологическая эф-
фективность двигателей, авторефриже-
раторной техники в первую очередь
зависит от вида применяемого мотор-
ного топлива. Автомобиль, работаю-
щий на традиционном нефтяном топ-
ливе (дизельном топливе, бензине),
ежегодно поглощает из атмосферы бо-
лее 4 т кислорода, выбрасывая при этом
с отработанными газами примерно
800 кг CO₂, 40 кг окислов азота и по-
чти 200 кг различных углеводородов.
Для авторефрижераторов эти значения
выше не менее чем на 10 %, добавляе-
мых двигателем холодильного агрегата.

Результаты исследований токсично-

сти автомобилей, показыва-
ют, что при замене нефтя-
ного моторного топлива на
СПГ выброс в окружаю-
щую среду оксида углеро-
да снижается в среднем в 8
раз, углеводородов — в 3
раза, окислов азота — в 2
раза, ПАУ — в 10 раз, дым-
ность — в 9 раз.

В настоящее время для
оценки влияния холодиль-
ной техники на экологию
введен критерий TEWI —
суммарный эквивалент гло-
бального потепления. Для
любой холодильной систе-
мы TEWI учитывает как
прямой вклад в парнико-

вый эффект от утечек хладагента, так
и косвенное влияние, связанное с про-
изводством энергии, потребляемой си-
стемой.

Разработанная автором методика по-
зволяет представить TEWI для авто-
рефрижераторной техники в общем
случае в виде следующей функции:

$$TEWI = f(W_{\text{дв}}, W_{\text{дв.прив}}, W_{\text{хл}}, W_{\text{т}}, W_{\text{карт.дв}})$$

где W — количество парниковых га-
зов (приведенное к эквивалентному ко-
личеству CO₂), образующихся: при ра-
боте автомобильного двигателя ($W_{\text{дв}}$),
при работе двигателя привода компрес-
сора ($W_{\text{дв.прив}}$); от утечки хладагента
($W_{\text{хл}}$); при хранении моторного топли-
ва и заправке им рефрижератора ($W_{\text{т}}$);
в картерах двигателей рефрижератора
($W_{\text{карт.дв}}$).

В таблице приведены относительные
значения вышеуказанных составляю-
щих для четырех типов авторефриже-
раторных установок (за 1 приняты зна-
чения W для традиционной авторефри-
жераторной установки, оснащенной
холодильным агрегатом на основе
ПКХМ с двигателем автомобиля и дви-
гателем привода компрессора на ди-
зельном топливе).

Из таблицы видно, что наиболее
экологически чистой является авто-
рефрижераторная установка, исполь-
зующая сжиженный природный газ в
качестве топлива и хладагента. При-
веденные в таблице значения лишь ка-
чественно характеризуют экологичес-
кий аспект использования различных
типов авторефрижераторной техники
и не могут служить для количествен-
ного сравнения. Корректность приве-
денного в таблице сравнения опреде-
ляется тем обстоятельством, что в
TEWI косвенный фактор (выбросы
двигателей) является доминирующим
по отношению в прямому (эмиссии
хладагента). Численные значения со-
ставляющих TEWI можно определить
только для конкретного типа автореф-

рижератора с учетом мощности его двигателя, вида моторного топлива, типа хладагента и т.д.

Авторефрижераторные установки на СПГ – перспективы создания в России

В России ввиду отсутствия инфраструктуры производства сжиженного природного газа для автотранспорта авторефрижераторная техника на СПГ пока широко не применяется. Организация сети гаражных заправочных станций СПГ на основе Стирлинг-технологий, расположенных непосредственно у потенциальных потребителей (в автохозяйствах), открывает широкие перспективы для создания отечественных авторефрижераторов на СПГ без использования дорогостоящих зарубежных ПКХМ.

Авторефрижераторы с использованием СПГ в качестве топлива и хладагента относятся к «расходным» системам охлаждения наряду с системами азотного охлаждения и системами охлаждения сжиженными бутан-пропановыми смесями. Исследования, выполненные во ВНИИгазе, показывают высокую экономическую эффективность применения авторефрижераторной техники на СПГ [5]. Так, по сравнению с жидким азотом, используемым в качестве хладагента при перевозке скоропортящихся продуктов, СПГ обладает почти в 3 раза более высокой скрытой удельной теплотой испарения (200 и 520 кДж/кг соответственно при температурах кипения 78 и 111 К) и в 2 раза более высокой теплоемкостью при нормальных условиях [1,05 и 2,26 кДж/(кг·К)].

Перед поступлением в двигатель транспортного средства СПГ испаряют и нагревают до температуры окружающей среды. На эти процессы требуется около 850 кДж на 1 кг газа в интервале температур 120...270 К. При потреблении топлива автотранспортом в количестве 20...30 кг/ч ресурсы холодопроизводительности составляют 25 тыс. кДж/ч, что позволяет поддерживать заданный температурный режим в холодильных камерах объемом до 300 м³, соответствующих классам С и F по нормам Европейской экономической комиссии ООН (ЕЭК ООН). Это является основным преимуществом СПГ как хладагента перед сжи-

женными бутан-пропановыми смесями, обеспечивающими температуру внутри грузового объема только в пределах от 12 до 0 °С, соответствующих классу А (ЕЭК ООН).

В авторефрижераторах малого и среднего радиуса действия предполагается использовать комбинированные системы охлаждения, включающие аккумуляторы холода с эвтектическими растворами, применение которых обеспечивает заданный температурный режим при длительных (ночное время, погрузка-разгрузка) остановках транспортного средства.

Расчеты показывают, что применительно к авторефрижераторам грузоподъемностью 1,5–12 т приведенные затраты на систему охлаждения с помощью СПГ по сравнению с охлаждением азотом снижаются в 8–10 раз, а по сравнению с машинным охлаждением (ПКХМ) – в 5–7 раз.

Специалистами Военного инженерно-космического университета (ВИКУ) в настоящее время разработано несколько принципиальных схем транспортных холодильных систем на СПГ, защищенных патентами РФ № 2166706, 2166704, 2163706, 2156418, 2164648 и др. и учитывающих конструктивные особенности крупнотоннажных, средних и малотоннажных авторефрижераторных установок. В этих технических решениях предложены новые принципы подачи СПГ в двигатели автомобилей и термоизолированные грузовые секции, что позволяет в значительной степени повысить энергетическую эффективность и надежность работы авторефрижераторных установок [6].

Кроме значительного уменьшения негативного экологического воздействия на окружающую среду предлагаемые авторефрижераторные установки на СПГ будут иметь также ряд экономических и конструктивных преимуществ по сравнению с традиционной авторефрижераторной техникой на дизельном топливе и с ПКХМ:

- снижение стоимости авторефрижератора на 10–40 тыс. долл. США, уменьшение его массы и габаритных размеров, повышение надежности работы из-за отсутствия холодильной машины;
- уменьшение эксплуатационных расходов благодаря исключению затрат

на обслуживание и ремонт холодильного агрегата;

- снижение расхода топлива (на выработку энергии для привода холодильного компрессора и вентилятора конденсатора);

- уменьшение затрат на топливо (согласно постановлению Правительства России от 15 января 1993 г. № 31 даже в условиях свободного рынка стоимость 1 м³ природного газа для транспортных средств не будет превышать 50 % стоимости 1 л бензина А-76, эквивалентного ему по энергосодержанию);

- увеличение ресурса двигателя автомашины на 15–20 %, снижение расхода масла на 30 %.

Безусловно, авторефрижераторная техника, работающая на СПГ, имеет свои недостатки, основные из которых – зависимость холодопроизводительности от работы самого транспортного средства и возможность работы только в режиме охлаждения. Однако в условиях предполагаемой программы всеобщей газификации автомобильного транспорта, предусматривающей замену дефицитных нефтяных видов топлива альтернативными за счет увеличения выпуска автотранспортных средств, работающих на природном газе, создание авторефрижераторной техники, использующей СПГ в качестве топлива и хладагента, является наиболее перспективным и экономически выгодным направлением развития транспортных рефрижераторных установок XXI в.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беньяминович О.А. Холод и газовая индустрия // Холодильное дело 1997. № 5.
2. Кириллов Н.Г. Получение сжиженного природного газа для автомобильной техники // Вестник Международной академии холода. 2000. № 1.
3. Кириллов Н.Г. Производство СПГ для автомобильного транспорта // Газовая промышленность. 2001. № 1.
4. Кириллов Н.Г. Индивидуальные гаражные комплексы по производству сжиженного природного газа на основе КГМ Стирлинга // Нефтегазовые технологии. 2001. № 6.
5. Чириков К.Ю. Использование сжиженного природного газа на транспорте. – М., 1987.

Д-р техн. наук **С.О. ФИЛИН**,
канд. техн. наук
Б. ЗАКШЕВСКИЙ
Щецинский технический университет
(Польша)

УДК 621.565.2

АККУМУЛЯЦИЯ ХОЛОДА: СПОСОБЫ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Настоящая статья открывает цикл публикаций, посвященных аккумуляции холода в различных сферах применения холодильного оборудования.

Сферические насадки. Сферические, или шаровые, насадки, называемые также зероторами, широко используют в промышленных технологических процессах, главным образом как аккумуляторы теплоты. Не менее успешно их можно применять для аккумуляции холода в малых и средних холодильных установках различного назначения.

Шаровой зеротор представляет собой водонепроницаемую герметичную шаровую оболочку, частично заполненную теплоаккумулирующим веществом (ТАВ), температура плавления которого не превышает температуры термостатирования охлаждаемого объекта. В пищевых холодильных технологиях в качестве ТАВ обычно используют воду, реже – солевые растворы и другие антифризы. Степень заполнения водой внутреннего объема зеротора составляет 85–92%, что позволяет за счет свободного воздушного пространства компенсировать увеличение объема при замерзании. Оболочку зеротора выполняют эластичной (из пищевой пластмассы) или жесткой (из соответствующих металлов и сплавов).

При охлаждении напитков зероторами заменяют опускаемые в бокал кубики льда. Индивидуальным потребителям предлагаются комплекты из 8–12 разноцветных шариков диаметром 28...32 мм, которые предназначены для предварительного замораживания в бытовом холодильнике. Важное преимущество такого способа охлаждения напитка состоит в том, что здесь нет непосредственного контакта льда с напитком, а сам напиток не разбавляется водой при таянии льда.

При проектировании холодильного оборудования или технологического

Spherical eutectic plates as used for cold accumulation in small and medium size refrigeration installation have been described. The methods for the intensification of heat exchange during freezing of the eutectic plates in an ice maker and during cooling of the object have been shown. The designs of refrigeration accumulating packs used in heat insulated containers are presented.

процесса с аккумуляцией холода в зероторах задача распадается на несколько составляющих:

➤ *Оптимальное проектирование самого зеротора* с целью снижения энергозатрат или уменьшения продолжительности замораживания и достижения максимальной эффективности его работы.

➤ *Организация технологического процесса охлаждения объекта.* Эта задача состоит в основном в оптимальном размещении зероторов в объеме объекта, организации движения зероторов или взаимного перемещения их и объекта охлаждения с целью интенсификации теплообмена или обеспечения равномерности (или заданного профиля) температурного поля в среде объекта. Эти задачи характерны для промышленных теплообменных аппаратов с регулярными и нерегулярными насадками.

➤ *Проектирование устройства для замораживания шаровых зероторов, или иначе, льдогенераторов особого типа.* Задачу создания таких специализированных замораживающих устройств до сих пор вообще не ставили, хотя при промышленном и полупромышленном (в общественном питании) применении зероторов возможностей бытового холодильника уже явно не хватает.

Представленное деление на составляющие в значительной степени условно, и только комплексное решение всей цепочки взаимосвязанных проблем дает наилучший результат.

Теория и методы расчета промораживания шара достаточно подробно описаны в ряде работ [3, 5, 9, 12]. Динамика льдообразования в сферических зероторах иллюстрируется с помощью рис. 1. На рис. 1, а приведена по-

лученная численными методами расчетная зависимость положения фронта кристаллизации от времени в сферическом зероторе [4] в сопоставлении с экспериментальными данными, полученными автором на водонаполненных сферических зероторах наружным диаметром 29 мм.

На рис. 1 приняты следующие обозначения:

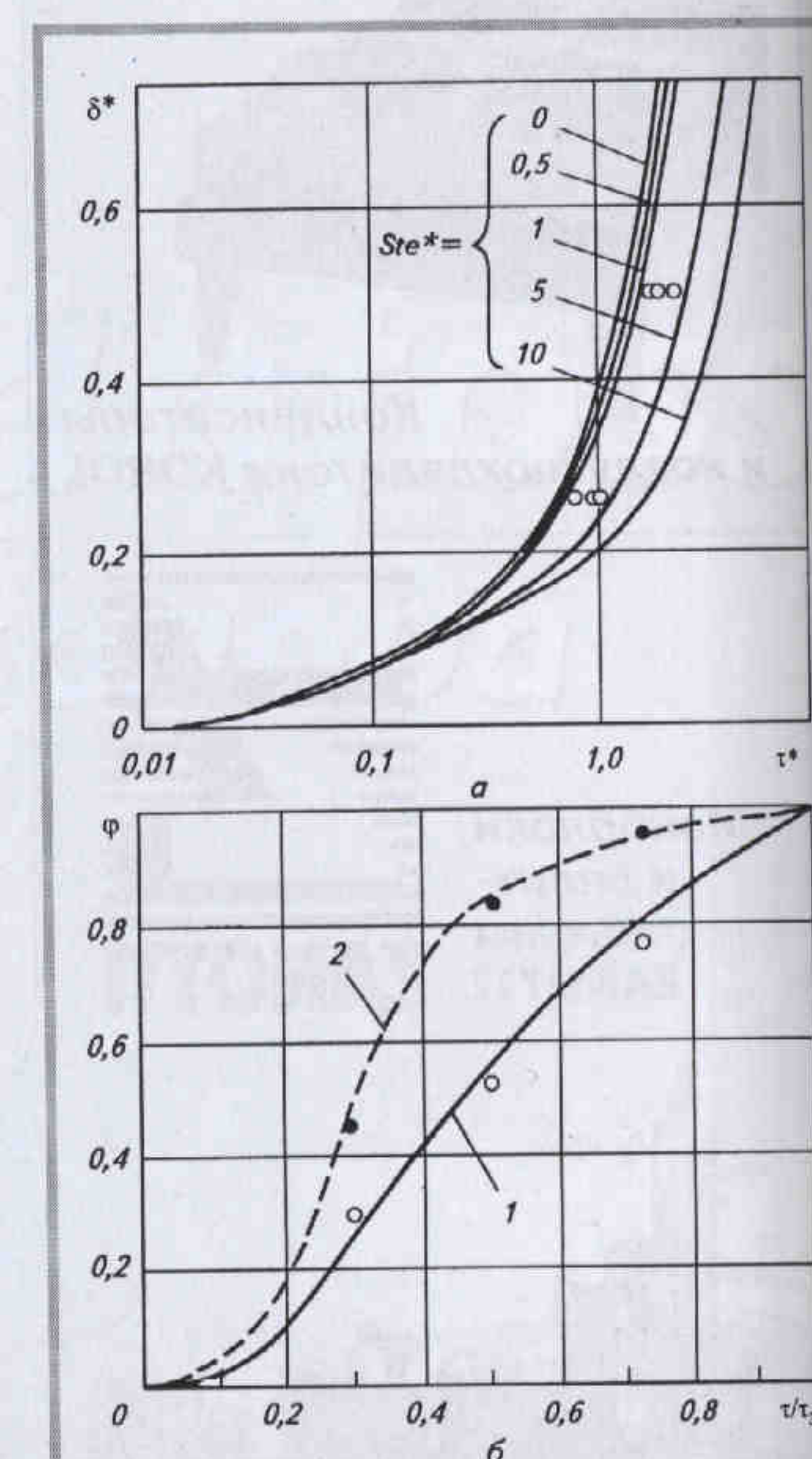


Рис. 1. Динамика льдообразования в сферических зероторах:
а – расчетная зависимость безразмерной координаты от безразмерного времени для различных модифицированных чисел Стефана, по данным [5]; б – обобщенная эмпирическая зависимость объемной доли вымороженной воды от относительного времени для зероторов: 1 – диаметром 56...80 мм, по данным [6]; 2 – диаметром 29 мм с внутренним ребрением в виде стального стержня, по данным авторов; ●○ – усредненные данные эксперимента

относительная толщина замороженного слоя

$$\delta^* = \delta/r_0; \quad (1)$$

относительное время

$$\tau^* = q\tau/(\rho Rr_0); \quad (2)$$

модифицированное число Стефана

$$Ste^* = qcr_0/\lambda R, \quad (3)$$

где δ – толщина замороженного слоя;

r_0 – радиус сферы;

q – удельный тепловой поток на единицу поверхности теплообмена;

τ – время;

ρ – плотность;

R – удельная теплота плавления ТАВ;

c – теплоемкость;

λ – теплопроводность.

Экспериментально полученные значения продолжительности замораживания ТАВ в зероторах превышают на 15–30 % расчетные, что можно объяснить неучтенным в методике расчета влиянием термического сопротивления оболочки и неполнотой заполнения объема зеротора. Удовлетворительное совпадение данных по динамике льдообразования с данными Махди [6], полученными на зероторах большего диаметра, свидетельствует, что предложенная им обобщающая зависимость в виде

$$\varphi = 1 - \exp[-3,28(\tau/\tau_z)], \quad (4)$$

где φ – объемная доля вымороженной воды;

τ_z – время замораживания,

может быть распространена и на сферы диаметром 25...50 мм, используемые в пищевых технологиях охлаждения напитков.

В то же время при исследовании процессов замораживания зероторов в льдогенераторах с целью их рационального проектирования вопрос об определении положения фронта кристаллизации в данный момент времени представляет, скорее, теоретический, а не практический интерес, так как минимизации подлежит полное время замораживания.

Время замораживания и таяния существенно зависит от наружных условий теплообмена зеротора с жидкой средой, определяемых режимом движения среды относительно зеротора, или наоборот. Так, при перемешивании трубочкой с частотой 1 об/с 2–4 шариков в стакане с водой, начальная температура которой равна 20 °С, пол-

ное время таяния, определяемое визуально, сокращалось с 19 до 12 мин. Но, поскольку не всегда можно обеспечить прямое механическое воздействие на зеротор, следует искать и другие пути интенсификации теплообмена при замораживании и таянии ТАВ в зероторах.

Во всех упомянутых выше источниках рассматривается правильная сфера, так как только эта геометрическая форма обеспечивает одновременно: технологичность изготовления зеротора; удобство его использования; соответствие гигиенической обработки требованиям санитарных норм.

Поэтому, несмотря на очевидность повышения скорости протекания теплообменных процессов, вопрос о наружном оребрении пищевых зероторов пока не стоит, так же как и вопрос об использовании других форм с большим отношением площади поверхности к объему. Следовательно, в поле нашего зрения остаются следующие средства интенсификации теплообменных процессов внутри и снаружи зеротора:

- внутреннее оребрение;
- перемешивание ТАВ внутри зеротора;
- обеспечение движения зеротора относительно окружающей его газовой или жидкой среды и на стадии замораживания, и на стадии таяния, т.е. создание условий для работы зеротора в режиме аккумулятора холода.

Внутреннее оребрение зеротора позволяет активизировать наиболее удаленную от поверхности центральную зону объема ТАВ. При соответствующей настройке таймера режима охлаждения эта зона в большинстве зероторов остается незамороженной на 5...10% объема. В случае полного замораживания зеротора его центральная зона часто не успевает растаять в процессе охлаждения напитка. Она же является основным сдерживающим фактором повышения быстродействия льдогенератора при необходимости 100%-ного замораживания объема ТАВ. В отличие от открытой ячеистой льдоформы, где возможности формирования конфигурации получаемого льда и использования вмораживаемых теплопроводных элементов ограничиваются различными факторами [13],

при решении задачи внутреннего оребрения зеротора фантазия разработчика ограничивается только технологическими возможностями производства.

Для достижения максимальной эффективности работы внутреннее ребро выполняют из материала с высоким коэффициентом теплопроводности, например из меди или алюминия. Если при этом оболочка зеротора выполнена из полимерного материала, например из полипропилена высокого давления, то выход ребер на наружную поверхность нежелателен не только из-за контакта с напитком, но и по причине необходимости герметизации места соединения ребра с оболочкой.

В известной конструкции насадки с диаметрально установленным трубчатым стержнем [7] решена первая из вышеперечисленных задач, но только для зероторов с металлической оболочкой (рис. 2, а). Здесь внешняя среда может свободно протекать по трубчатому стержню, омывая при этом центральную зону ТАВ в зероторе. Развитие этой идеи, предложенное В.А.Антоненко, предполагает наличие нескольких сквозных трубчатых полостей в насадке, расположенных по взаимно перпендикулярным осям. Такие конструкции из-за сложности их санитарной обработки не могут быть рекомендованы для непосредственного охлаждения употребляемых в пищу жидкостей. Все поставленные задачи одновременно решаются с помощью следующих вариантов конструкций, которые не накладывают ограничений на выбор материала оболочки и области применения.

На рис. 2, б изображен единичный зеротор с магнитным стержнем [15]. Стержень 5 из ферромагнитного материала жестко закреплен внутри оболочки 2, состоящей из двух сваренных между собой половинок. В процессе замораживания жидкой фазы ТАВ 3 зеротор помещают в емкость льдогенератора, заполненную антифризом 6, имеющим рабочую температуру –10...–20 °С. При включении магнитного поля стержень 5 ориентируется по силовым линиям магнитного поля, поворачивая зеротор в объеме антифриза и интенсифицируя при этом

теплообмен снаружи и внутри зеротора. При изменении полярности поля на противоположную стержень вместе с зеротором поворачивается на 180° . Воздействуя на частоту изменения поля, можно управлять интенсивностью теплообмена и соответственно скоростью замораживания. Таким образом магнитный стержень-ребро увеличивает и конвективную, и теплопроводную составляющие коэффициента теплопередачи, сокращая расчетное значение времени полного замораживания ТАВ в 2–3 раза по сравнению с неоребранным зеротором.

В конструкции зеротора, показанной на рис. 2, в [8], роль внутреннего оребрения играет цельнометаллический или полый шарик из магнитного материала, свободно перемещающийся в объеме ТАВ. Замораживание в этом зероторе имеет свои особенности. В начале процесса до включения поля шарик находится в состоянии покоя внизу зеротора. После включе-

ния поля он притягивается к одному из полюсов магнита 7, увлекая за собой зеротор. При переключении полярности шарик и зеротор стремятся подвинуться к противоположному полюсу. Колебания шарика внутри зеротора приводят к интенсивному перемешиванию жидкой фазы ТАВ. В роли ребра шарик менее эффективен, чем стержень, но значительно более эффективен в качестве перемешивателя. Частота изменения поля должна быть такой, чтобы шарик не успевал вмерзнуть в слой льда и в самом конце замораживания занял центральную зону объема, выполняя при этом и свойственную только ему формообразующую функцию, являясь аналогом вставки в ячейку льдоформы [13]. Еще одной, хотя и менее важной, функцией шарика является возможность придания зеротору нулевой плавучести, для чего массу и диаметр шарика соответствующим образом рассчитывают. Ту же функцию должен выполнять и стержень. При охлаждении напитков нулевая плавучесть интересна главным образом с эстетической точки зрения, так как потребитель может добиться произвольного размещения зероторов в объеме напитка, чего нельзя достигнуть при работе с обычным льдом.

Взаимная увязка тепловых и магнитных свойств зероторов открывает широкие возможности для саморегуляции интенсивности теплообмена. Суть предложенного технического решения [1] состоит в том, что один из элементов зеротора, например оболочка, выполнен из материала с переменными температурозависимыми магнитными свойствами, а именно температура точки Кюри этого материала лежит в интервале между температурой плавления ТАВ и температурой термостатирования объекта. Иными словами, выполняется соотношение

$$T_{\text{ст}} > T_{\text{к}} > T_{\text{пл}}$$

Такие зероторы, попадая в зазор магнитной системы, находятся в ней до тех пор, пока температура оболочки не превысит температуры точки Кюри. А это, в свою очередь, происходит только после полного расплавления ТАВ внутри зеротора. В результате оболочка теряет магнитные свойства и за счет создавшейся асимметрии тепловых и

магнитных полей зероторы выталкиваются из объема зоны теплообмена, а на их место втягиваются новые предварительно замороженные зероторы. Применение в составе зеротора материала с фиксированной точкой Кюри позволяет удерживать зероторы в зоне эффективного теплообмена до полного использования ресурса аккумулированного холода. Наиболее целесообразно применять это решение в контурах принудительной циркуляции теплоносителя с зероторной насадкой, где движущей силой служит магнитотепловой насос [1].

Задача расчета процессов теплообмена в зероторах с внутренним оребрением чрезвычайно сложна и пока не имеет примеров решения даже в простейшем виде, т.е. без учета воздействия магнитного поля, влияния вращательно-колебательных движений и конвективной составляющей в жидкой фазе ТАВ. Для приближенных расчетов таких зероторов и протекающих в них процессов можно пользоваться упрощенной методикой [2], применяя поправочные эмпирические коэффициенты [11], вводимые в формулу определения коэффициента формы.

Экспериментальные данные по замораживанию в антифризе зеротора диаметром 29 мм с установленным внутри него стальным стержнем диаметром 5 мм показаны на рис. 1, б. Полное время замораживания сокращается по сравнению с временем замораживания неоребранного зеротора в 1,6–1,9 раза. Как видно из рис. 1, б, в наибольшей степени эффект ускорения льдообразования проявляется на средней стадии процесса, когда он идет примерно в 2 раза быстрее.

Пример устройства для замораживания зероторов, не имеющего прямых аналогов в мире, показан на рис. 3 [10]. При малой производительности таких устройств, применяемых в небольших барах и кафе, в качестве источника холода целесообразно использовать термоэлектрический модуль. Представленное устройство, по традиции названное льдогенератором ЛНТ-0,6, состоит из морозильного блока и блока питания. Шарик замораживается в объеме охлажденного до темпера-

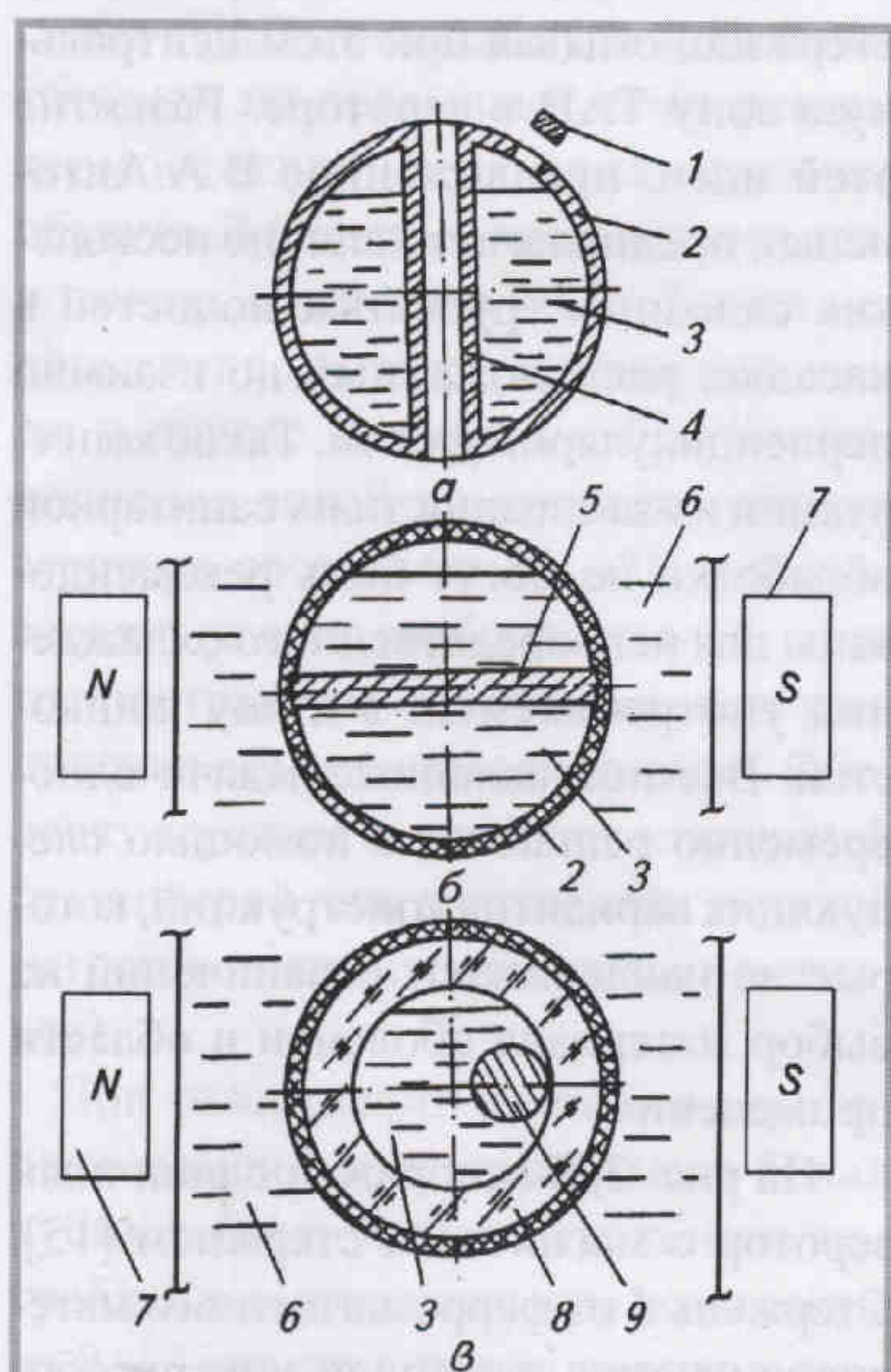


Рис. 2. Водозаполненные сферические зероторы с внутренним оребрением: а — по патенту США № 4205656; б — по патенту ГДР № 264128; в — по патенту Украины № 22422; 1 — заглушка; 2 — оболочка; 3 — жидкая фаза ТАВ; 4 — трубчатый стержень-ребро; 5 — магнитный стержень-ребро; 6 — антифриз (в льдогенераторе) или охлаждаемая среда (напиток); 7 — полюса электромагнита; 8 — твердая фаза ТАВ; 9 — незакрепленный металлический шарик

галки-
бмена,
пред-
торы.
мате-
Кюри
в зоне
полно-
лиро-
есооб-
конту-
и теп-
ой, где
отоп-
лооб-
ороб-
пока
аже в
а воз-
ияния
виже-
щей в
ижен-
и про-
ожно
дикой
спири-
води-
ффи-
по за-
отора
нным
м ди-
1, б.
окра-
ем за-
рото-
рис.
фект
явля-
есса,
а бы-
кива-
ямых
[10].
таких
ыших
ка хо-
тер-
став-
на-
-0,6,
бло-
ются
пера-

туры $-7...-10^{\circ}\text{C}$ антифриза, в качестве которого используют водный раствор спирта в пропорции 4–5 частей воды на 1 часть спирта.

Барабан 2 (рис. 3, б), установленный в камере 7, имеет расположенные со сдвигом по углу две кассеты, вмещающие по 16 шаровых зероторов. Зеротор 1 попадает в свободную ячейку кассеты по наклонному желобу из загрузочного бункера. Далее, пошагово вращаясь с барабаном 2, каждый зеротор совершает вместе с ним почти полный оборот. Время оборота, достаточное для полного замораживания зеро-

тора, составляет около 30 мин при суммарной холодопроизводительности агрегата 70 Вт. Номинальная частота выдачи зероторов составляет 1 шт./мин при норме их расхода 2 шт. на стакан напитка.

Среди преимуществ описанного устройства для замораживания зероторов отметим следующие, имеющие непосредственное отношение к эффективности аккумуляции холода.

➤ Конструкция льдогенератора позволяет применять почти все описанные выше средства интенсификации теплообмена при замораживании шаровых зероторов в жидкости.

➤ Льдогенератор не содержит специального хранилища зероторов, но сама камера с антифризом может выполнять функцию хранилища вместимостью около 0,3 кг в пересчете на чистый лед. Для перевода льдогенератора в режим хранения отключают одну секцию или переводят обе секции в режим пониженной силы тока питания; при этом режиме холодопроизводительность равна сумме теплопритоков в камеру. Схема автоматики обеспечивает автоматический перевод льдогенератора в режим хранения, когда температура антифриза становится ниже установленной.

➤ Конструкция барабана допускает большой разброс по диаметру зероторов (± 5 мм от номинального). Кроме того, при вращении барабана зероторы прокатываются по охлаждаемой стенке, что позволяет свести к минимуму термические сопротивления на участке стенка – антифриз – зеротор и благодаря вращению шарика дополнительно интенсифицировать теплообмен внутри зеротора.

➤ Отсутствие необходимости в оттайке существенно увеличивает энергетическую эффективность использования компрессионного холодильного агрегата при производительности льдогенератора (в пересчете на чистый лед) более 1 кг/ч. Замена термоэлектрического модуля компрессорным агрегатом сопровождается минимальными изменениями в

конструкции морозильного блока. В этом случае компрессорный агрегат выполняют выносным, соединяя его гибкими фреоновыми шлангами с морозильным блоком, а в морозильном блоке устанавливают капилляр (или TRV) и обвитый вокруг камеры трубчатый испаритель.

Описанная конструкция фактически служит примером двойного использования аккумуляции холода: вначале при замораживании зероторов аккумуляция происходит в объеме охлажденного антифриза, а позже при использовании зероторов – в объеме зеротора.

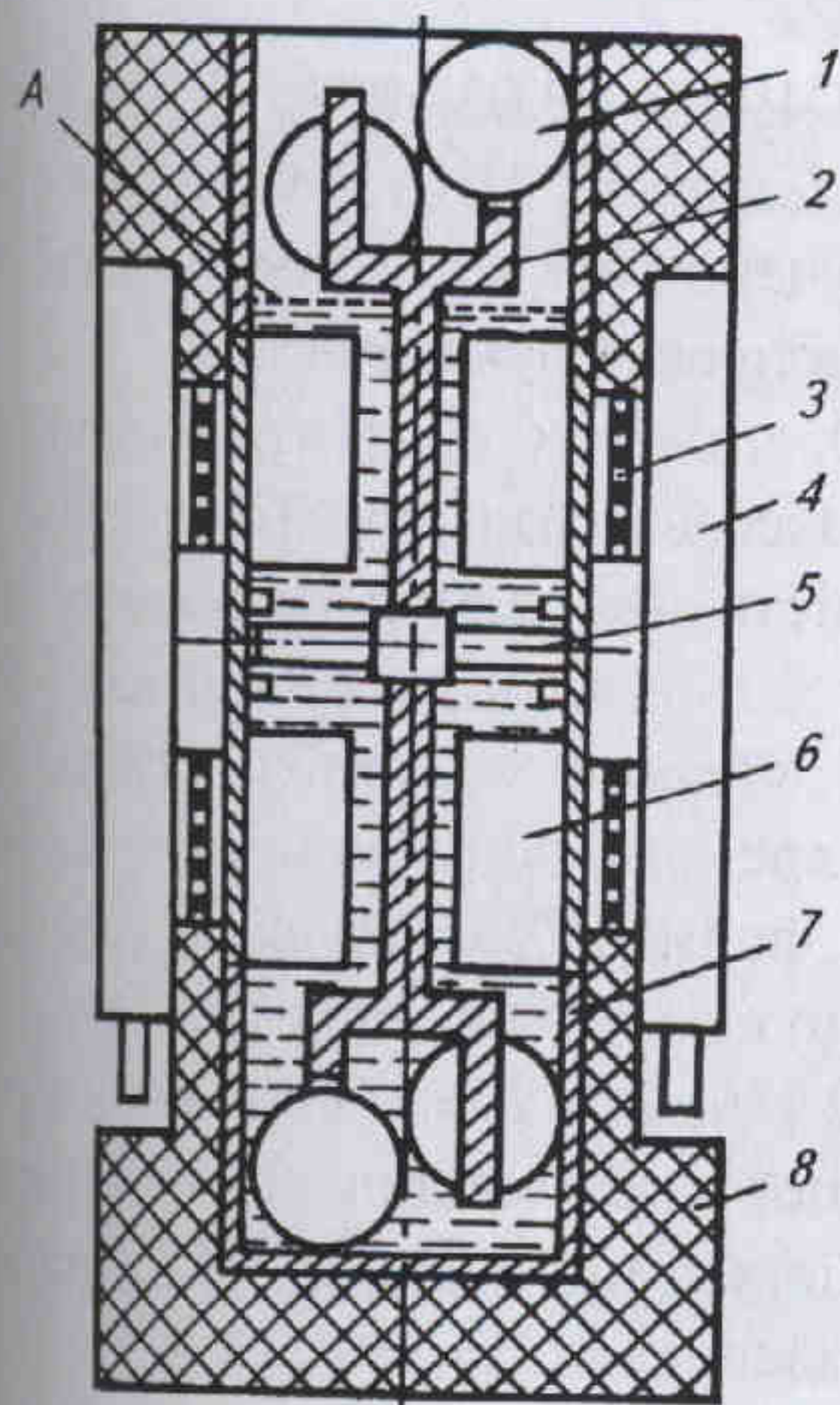
Пакеты. В переносных теплоизолированных контейнерах, например для перевозки бакпрепаратов, широко используют холодоаккумулирующие пакеты. Пакет представляет собой заполненную жидкостью емкость в виде параллелепипеда и имеет герметично закрывающуюся пробку. В качестве замерзающей жидкости используют воду, слабые водные растворы этиленгликоля или глицерина.

Пакеты выпускают несколько европейских фирм. Размеры пакетов не унифицированы: высота 160...170 мм, ширина 90...100 мм, толщина 20...40 мм. Масса 0,3...0,5 кг.

Разброс геометрических параметров пакетов и их профилированная поверхность не создают особых проблем при их замораживании в бытовых холодильниках и морозильниках, но существенно затрудняют задачу проектирования специальных морозильных устройств для



а



б

Рис. 3. Морозильный блок льдогенератора ЛНТ-0,6:
а – внешний вид; б – схема;
1 – зеротор; 2 – двоянный барабан;
3 – термоэлектрический модуль;
4 – проточный водяной теплообменник;
5 – ось; 6 – ребристый холодный теплообменник; 7 – стенка камеры;
8 – теплоизоляция; А – уровень антифриза



Рис. 4. Пакетный аккумулятор холода для переносных термоконтейнеров

ТермоКул
Группа Компаний

Послепродажное
обслуживание
компрессоров Bitzer

Диагностика

Ремонт

Техническое
консультирование

СЕРВИС

Bitzer

ЦЕНТР

Сертификат Соответствия РОСТЕСТ-МОСКВА №0000431

Москва, Лихоборская наб., 9, тел./факс: (095) 153-7098, 153-7118, e-mail: tk_liho@mail.ru, www.thermocool.ru

пакетов. Пакет следует устанавливать в камеру морозильника только вертикально, пробкой вверх, поскольку в верхней части находится воздушная зона, предусмотренная для расширения льда и компенсации роста давления при замерзании воды.

Размещение в 9-литровом термоконтейнере «Комфорт» производства Киевского АО «Полюс» двух таких пакетов позволяет сохранять в нем 20 порций мороженого в течение 6...8 ч.

Наиболее типичной конструкцией можно считать показанный на рис. 4 пакет «Iceblock» немецкой фирмы «Rubbermaid», сертифицированный российским стандартом АЯ19.

Характерно, что пакеты используют не только в качестве самостоятельного «источника холода», но и как вспомогательное средство в маломощных холодильниках, например в термоэлектрических [14], для снятия пиковых тепловых нагрузок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. СССР № 1255828. Способ работы термостатирующего устройства / С.О.Филин, Н.С.Кирпач, Б.Д.Бирук. – МКИ F25B19/04. БИ № 33, 1986.
2. Бобков В.А. Производство и применение льда. – М.: Пищевая промышленность, 1977.
3. Деревянко Г.В., Мохамед А.Амир Махди. Исследование динамики вымораживания льда в сферических элементах. – Деп. в ГКНТБ Украины, 1995.
4. Левенберг В.Д., Ткач М.Р., Гольстрем В.А. Аккумулирование тепла. – Киев: Техника, 1991.
5. Лыков А.В. Тепломассообмен. Справочник. – М.: Энергия, 1972.
6. Мохамед А.Амир Махди. Исследование аккумуляторов холода со сферическими зероторами: Автореф. дис... канд.техн.наук, 1995.
7. Патент США № 4205656, МКИ F24H7/00, 1981.
8. Патент Украины № 22422. Холодоаккумуляющий элемент льдогенератора / С.О.Філін - МКИ F25C1/10,

F28D19/00, 03.03.1998.

9. Сморгин Г.И. Теория и методы получения искусственного льда. – Новосибирск: Наука, 1988.

10. Филин С.О. Интенсификация процессов и создание эффективных устройств получения пищевого льда. Дис. ...д-ра техн.наук. – Одесса, 1996.

11. Филин С.О. Приближенный расчет времени получения льда в ячеистых формах // Холодильная техника и технология, 1994. Вып. 56.

12. Чижов Г.Б. Теплофизические процессы в холодильной технологии пищевых продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1979.

13. S.Filin. Badania eksperymentalne wpływu kształtu komórki na wydajność wytwornicy lodu. – Chłodnictwo, 2002 n.5.

14. S.Filin. Termoelektryczne urządzenie chłodnicze. – Masta. Gdańsk, 2002.

15. Wirtschaftspatent DDR № 264128 WrmSpeichereinsatz und Herstellungsverfahren / Kirpac N.S., Filin S.O. Сымарнага О.В. – F28D19/02, 25.01.89.

Абсорбционные бромисто-литиевые холодильные машины «ОКБ Теплосибмаш»

А.И.БОГДАНОВ
ООО «ОКБ Теплосибмаш»

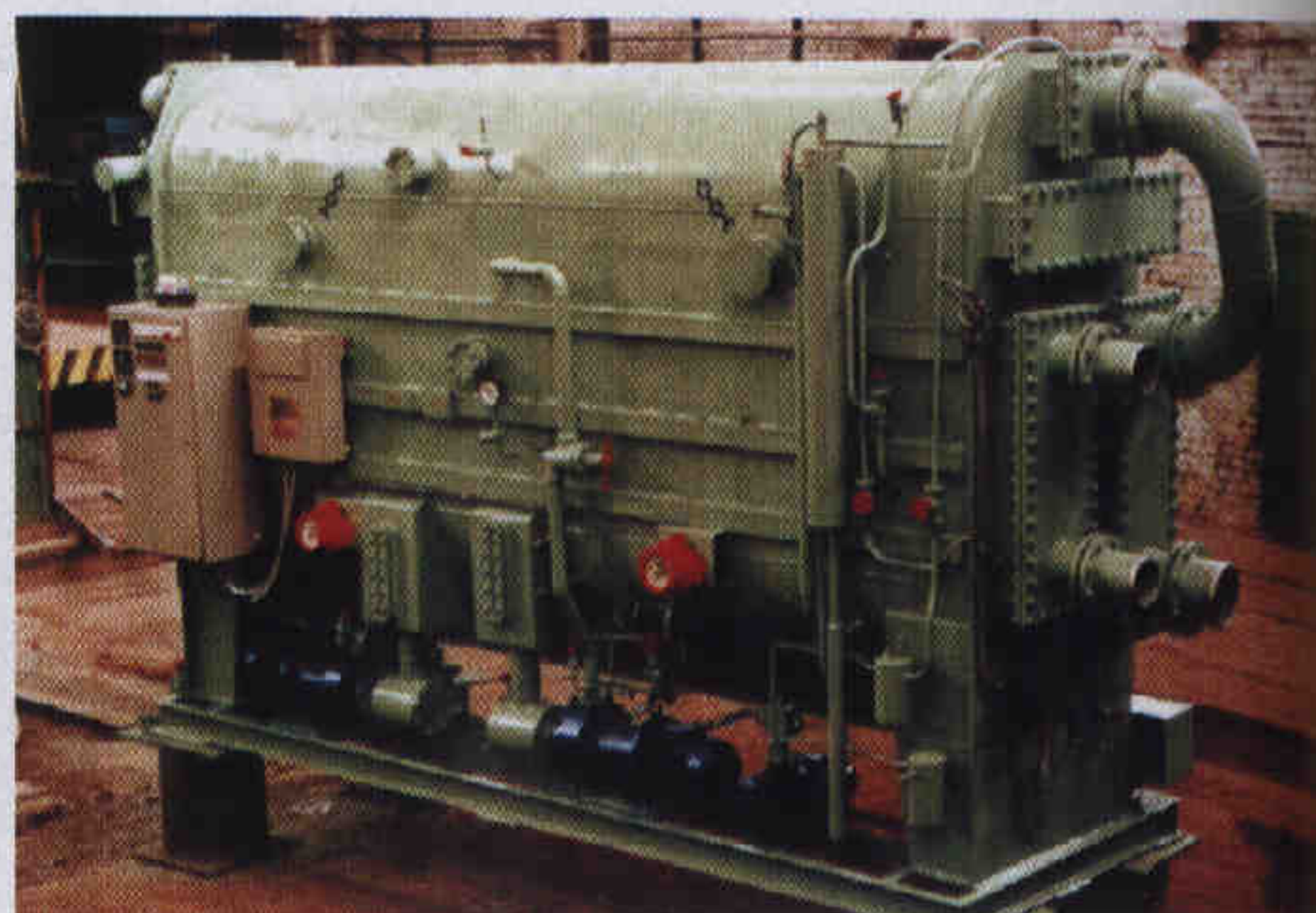
«ОКБ Теплосибмаш» создан ряд абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машин – водоохладителей производительностью 600...4260 кВт для охлаждения технологического оборудования и систем кондиционирования воздуха на промышленных предприятиях, объектах социально-культурной сферы и др., потребляющих холодную воду с температурой от 6 °С. Параметры машин приведены в таблице.

Машины используют энергию пара и горячей воды при минимальном потреблении электроэнергии. Возможно оснащение машин специальным топочным оборудованием, позволяющим работать на природном газе. При этом машины могут служить в зависимости от сезона как для нужд холодоснабжения, так и в качестве водогрейного котла для теплоснабжения.

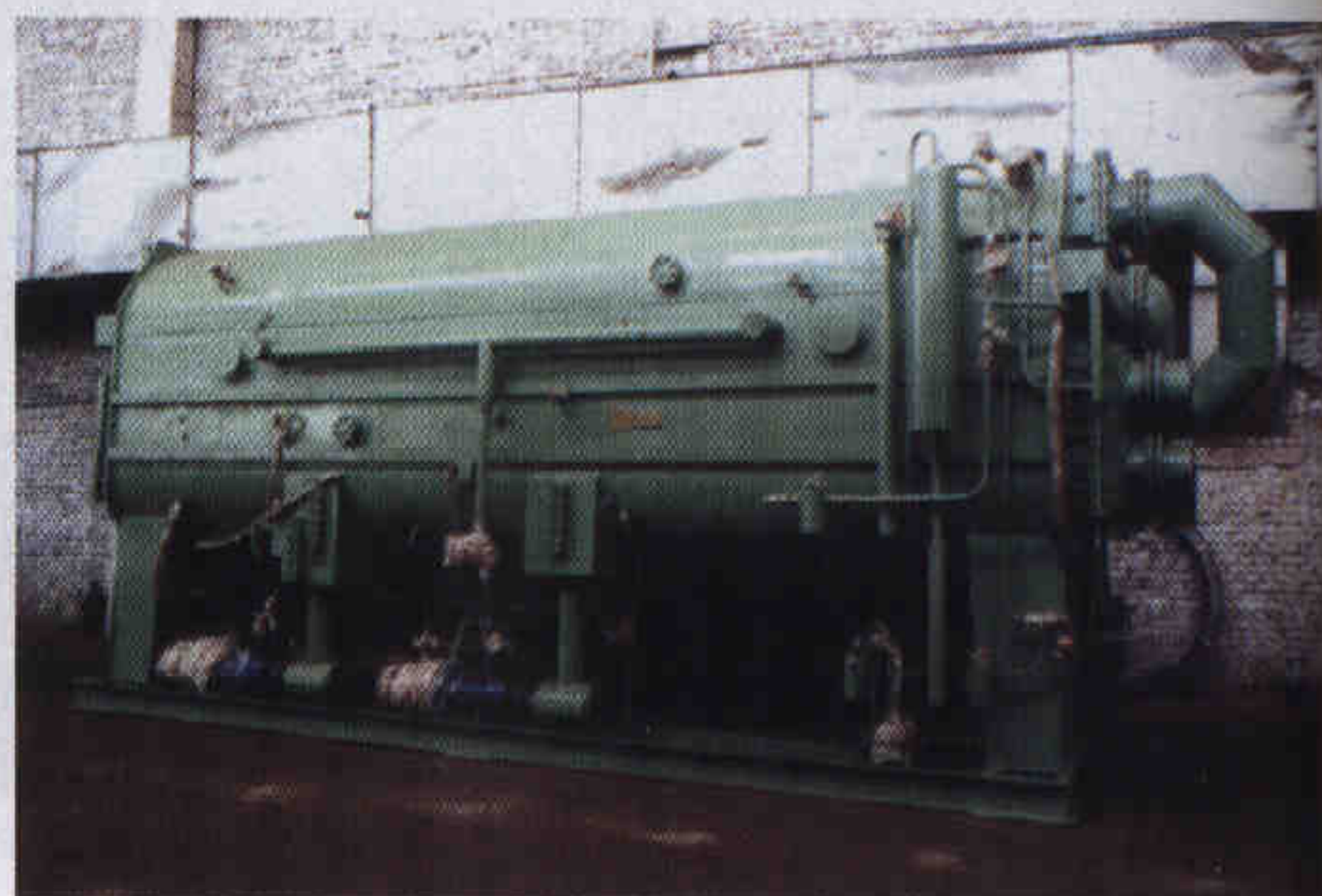
Исследовательские и опытно-конструкторские работы, проведенные «ОКБ Теплосибмаш» совместно с Институтом теплофизики СО РАН и

Санкт-Петербургским государственным университетом низкотемпературных и пищевых технологий, позволили создать холодильные машины, соответствующие мировому уровню по качеству и основным параметрам.

Автоматизация машин обеспечивает экономичный режим работы в диапазоне 30–100 % холодопроизводительности. Применение высококачественных конструкционных материалов и высокоэффективных ингибиторов коррозии гарантирует срок службы не менее 20 лет. Машины сконструированы в единый агрегат на опорной раме и поставляются заказчику в состоянии полной заводской готовности. Они бесшумны, не имеют



Одноступенчатая холодильная машина АБХМ-600П



Двухступенчатая холодильная машина АБХМ2-1500П

Параметры абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машин

Холодильные машины	Холодопроизводительность, кВт*	Расход пара, кг/ч; горячей воды, м³/ч	Расход охлаждающей воды, м³/ч	Расход электроэнергии, кВт	Габаритные размеры: длина×ширина×высота, м	Масса сухая/рабочая, т
Двухступенчатые холодильные машины с паровым обогревом						
АБХМ2-600П	660	900	140	4,5	5,1×1,9×2,8	10,5/15
АБХМ2-1000П	1260	1700	260	8	6,5×2,6×3,0	15/22
АБХМ2-1500П	1860	2500	380	12	7,5×2,9×3,2	22/32
АБХМ2-3000П	3000	4000	620	14	7,5×3,2×3,6	31/43
АБХМ2-4000П	4000	5400	850	16	9,5×3,2×3,6	40/56
Одноступенчатые холодильные машины с паровым обогревом						
АБХМ-600П	660	1550	170	4,5	5,1×1,5×2,8	8/11,5
АБХМ-1000П	1260	2900	330	8	6,5×2,0×3,0	12/16
АБХМ-1500П	1860	4300	480	12	7,5×2,3×3,2	18/25
АБХМ-3000П	3200	7400	840	14	7,5×2,7×3,6	29/39
АБХМ-4000П	4260	9900	110	16	9,5×2,7×3,6	37/50
Одноступенчатые холодильные машины с водяным обогревом						
АБХМ-600В	600	75	160	4,5	5,1×1,5×2,8	8/12
АБХМ-1000В	1100	140	280	8	6,5×2,0×3,0	12/17
АБХМ-1500В	1700	200	440	12	7,5×2,3×3,2	18/26
АБХМ-3000В	3000	370	780	14	7,5×2,8×3,6	29/40
АБХМ-4000В	4000	500	1050	16	9,5×2,8×3,6	37/51

*При температурах охлаждаемой воды на входе 12 °С, на выходе 7 °С; охлаждающей воды на входе 28 °С, на выходе 36 °С; греющей воды на входе 115 °С, на выходе 105 °С и избыточном давлении греющего пара для одноступенчатых машин 0,07 МПа; для двухступенчатых машин 0,8 МПа.

динамических нагрузок, пожаровзрывобезопасны и не производят экологически опасных отходов и выбросов.

Возможна комплектация холодильных машин градирнями и фильтрами очистки воды от механических примесей.

Производство машин уже освоено на КЕМЕРОВОХиммаше, ведется подготовка производства на ПЕНЗХиммаше.

Предоставляется весь комплекс инженерных услуг по проектированию холодильных станций, проведению монтажных и пусконаладочных работ, подготовке обслуживающего персонала и гарантийному обслуживанию поставляемого оборудования.

ООО «ОКБ Теплосибмаш»:
630090, г. Новосибирск,
пр. Акад. Лаврентьева. 1.
Тел.: (383-2) 34-25-60, 39-10-43;
факс: 33-10-97;
E-mail: tepsm@mail.ru.



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

Аммиачные холодильные машины фирмы «Грассо» для пищевой, химической промышленности и систем промышленного кондиционирования



дильное оборудование в течение максимально возможного количества часов в году. По этой причине холодильные машины серии FX P идеально подходят как для получения промышленного холода, так и для систем кондиционирования воздуха.

При необходимости чиллеры могут работать при температуре хладоносителя до -25°C , в качестве которого могут быть применены пропиленгликоль, этиленгликоль, растворы NaCl , CaCl_2 . При использовании агрессивных хладоносителей пластины испарителей изготавливают из титана, в остальных случаях – из нержавеющей стали.

Каждый чиллер поставляется полностью собранным, с надежно выполненными сварными соединениями, оснащенным низковольтным щитом управления с программируемой микропроцессорной системой управления. Варианты конструкций LP и VP также представляют собой полностью собранные холодильные машины с выносными конденсаторами: LP – с воздушным, VP – с испарительным. Использование таких конденсаторов в системе с маслоохладителем типа термосифона позволяет в зимнее время отказаться от применения воды.

Серия холодильных машин для охлаждения жидкости (чиллеры) FX P включает 18 типов. В состав каждой машины входит прекрасно зарекомендовавший себя во всем мире винтовой компрессор фирмы «Грассо». Диапазон холодопроизводительности чиллеров FX P – от 200 до 5800 кВт при температуре охлаждаемой жидкости на выходе 6°C . В качестве хладагента используется аммиак, поскольку он озонобезопасен и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым сегодня к хладагентам с точки зрения воздействия на окружающую среду. Чиллеры затопленного типа оснащены пластинчатыми теплообменниками – испарителем и конденсатором (вариант VP), смонтированными на общей раме. Благодаря специально разработанной конструкции компактного отделителя жидкости количество заправляемого хладагента очень мало. Чиллеры серии FX P характеризуются необычайно высокими значениями КПД и, как следствие этого, прекрасно подходят для случаев, когда необходимо использовать холо-

Тип холодильной машины	Тип компрессора	Холодопроизводительность, кВт, при температуре охлаждаемой воды 6°C	Холодопроизводительность, кВт, при температуре охлаждаемой воды 2°C	Холодопроизводительность, кВт, при температуре хладоносителя -6°C	Холодопроизводительность, кВт, при температуре хладоносителя -16°C	Габаритные размеры Д×Ш×В, мм
FX P 200	C	209	184	133	86	2100x1700x2200
FX P 250	D	245	218	158	102	2100x1700x2200
FX P 300	E	294	261	189	122	2100x1700x2200
FX P 350	G	348	309	224	145	2100x1700x2200
FX P 450	H	445	395	287	185	3400x2000x2300
FX P 550	L	525	465	338	218	3400x2000x2300
FX P 650	M	646	590	429	276	3700x2100x2650
FX P 800	P	795	705	517	337	4000x2100x2650
FX P 900	N	855	759	557	363	3950x2200x2650
FX P 1100	R	1027	911	668	436	4200x2200x2650
FX P 1300	S	1274	1130	828	541	4200x2200x2650
FX P 1700	V	1647	1464	1077	703	4600x2500x2900
FX P 2000	W	1958	1732	1274	832	5000x2500x3650
FX P 2400	Y	2306	2049	1508	984	5000x2500x3650
FX P 2800	Z	2761	2453	1805	1179	6500x2800x3650
FX P 3300	Alpha	3260	2901	2134	1394	6700x3000x3650
FX P 4200	Beta	4169	3703	2724	1779	6500x4000x5000
FX P 5000	Gamma	4923	4374	3217	2102	7000x4500x5000
FX P 5800	Delta	5828	5177	3809	2488	7500x4500x5000

Температура воды на входе в конденсатор 32°C ; перегрев 5°C , переохлаждение 0°C ; хладагент NH_3

На все холодильные машины фирмы «Грассо» имеются сертификаты ГОСТ Р, разрешение на применение ГОСГОРТЕХНАДЗОР РФ.

Грассо Рефрижерейшн, ООО

Grasso International GmbH/B.V. Представительство:

в Москве: 105094, Россия, Москва, ул. Семеновский вал, д.6, стр.1.

Тел.: (095) 787-20-11, 787-20-13, факс (095) 787-20-12.

в Санкт-Петербурге: 197198, Санкт-Петербург, Большой проспект П.С., д.26/2, оф. 25.

Тел. (812) 237-16-71, факс (812) 237-17-93.

e-mail: grasso@gea.ru, адрес в интернете: <http://www.grasso-global.com>

АВНА
БНА

им. О. Гмрьова



УНИВЕРСАЛЬНЫЕ КОНТЕЙНЕРЫ ФИРМЫ «ЭЙРКУЛ»

Одна из проблем, стоящих перед производителями, – аренда помещения для замораживания и хранения продукции или сырья – может быть решена путем применения универсального контейнера производства фирмы «Эйркул».

Новая разработка представляет собой мобильную многофункциональную конструкцию, которая сочетает в себе функции камеры хранения замороженной продукции и морозильной камеры. Две независимые друг от друга холодильные установки, способные работать при температуре окружающей среды в диапазоне $-35...+35^{\circ}\text{C}$, обеспечивают холодоснабжение камер. В качестве силового питания можно использовать внешнюю электросеть (380 В) или дизель-генератор.

Состав и технические характеристики

- За основу берется стандартный 40-футовый контейнер.
- Теплоизоляция стен, пола и потолка контейнера выполнена из пенополиуретана.
- Внутри контейнера установлены перегородки из теплоизоляционных панелей, отделяющих камеру хранения от морозильной камеры, а последнюю – от машинного отделения.
- Холодильная дверь с ТЭНом обогрева дверной коробки и уплотнением по всему периметру.
- Морозильная камера объемом 18 м^3 обеспечивает одновременное размещение $1000...1500\text{ кг}$ продукции, температура воздуха внутри камеры $-25...-35^{\circ}\text{C}$.
- Камера хранения объемом 35 м^3 позволяет разместить не менее 5000 кг продукции, температура воздуха внутри камеры хранения -18°C .
- В зависимости от вида замораживаемого продукта камеры могут быть укомплектованы подвесными путями, крюками или стеллажами из нержавеющей стали. Рама, стойки и ограждающие конструкции – из черного окрашенного металла.
- Машинное отделение расположено в торцевой части контейнера, в котором смонтированы две независимые холодильные установки, либо в левой части от входа в кон-

тейнер (при использовании штатной установки рефрижераторного контейнера, обслуживающей камеру хранения). Для обеспечения работоспособности и бесперебойной циркуляции воздуха в машинном отделении предусмотрены съемные щиты (створки), которые при транспортировке контейнера должны быть закрыты, а при работе – сняты (открыты).

Предлагаемое оборудование

Требуемые температурные режимы поддерживаются компрессорными агрегатами фирмы BITZER (Германия), работающими на R404A.

Применяемые воздухоохладители

непосредственного охлаждения благодаря современной конструкции и специальным низкотемпературным вентиляторам отличаются высокой степенью эффективности теплообмена. Для улучшения циркуляции воздуха между замораживаемой продукцией и предотвращения появления застойных зон воздухоохладители располагают друг под другом или устанавливают дополнительные осевые вентиляторы.

Снеговая шуба удаляется с воздухоохладителей встроенными ТЭНами, что сокращает продолжительность процесса оттайки. Периодичность оттайки определяется заказчиком самостоятельно в зависимости



ЭЙРКУЛ ХОЛОД ВСЕРЬЕЗ

ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ВЕНТИЛЯЦИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ
ТОРГОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

**ПРОИЗВОДСТВО, ПРОЕКТЫ,
ПОСТАВКИ, МОНТАЖ,
КРУГЛОСУТОЧНЫЙ СЕРВИС**

- * Холодильные агрегаты, компрессоры
- * Воздухоохладители, теплообменники
- * Холодильные склады и камеры
- * Холодильная автоматика
- * Материалы для монтажа и сервиса
- * Холодильный инструмент
- * Охладители жидкостей, льдоаккумуляторы
- * Установки центрального холодоснабжения
- * Холодильные установки линий заморозки
- * Компьютерный мониторинг объектов
- * Скороморозильные аппараты
- * Щиты управления
- * Генераторы льда
- * Производство, монтаж и сервис систем холодоснабжения

Фирма ЭЙРКУЛ
Россия, 191123, Санкт-Петербург,
ул. Шпалерная, д. 32-6Н
телефон: +7 (812) 327-3821, 279-9865
факс: +7 (812) 327-3345
e-mail: info@aircool.ru
internet: www.aircool.ru

Фирма ЭЙРКУЛ-ДОН
Россия, 344007, Ростов-на-Дону, ул. Пушкинская, 54
телефон/факс: (8632) 40-35-97, 40-27-17
e-mail: aircooldon@mail.ru internet: www.accdon.da.ru

Фирма ЭЙРКУЛ-УРАЛ
Россия, 426009, Удмуртская Республика,
г. Ижевск, ул. Ухтомского, 24
телефон: (3412) 379685 факс: (3412) 377850

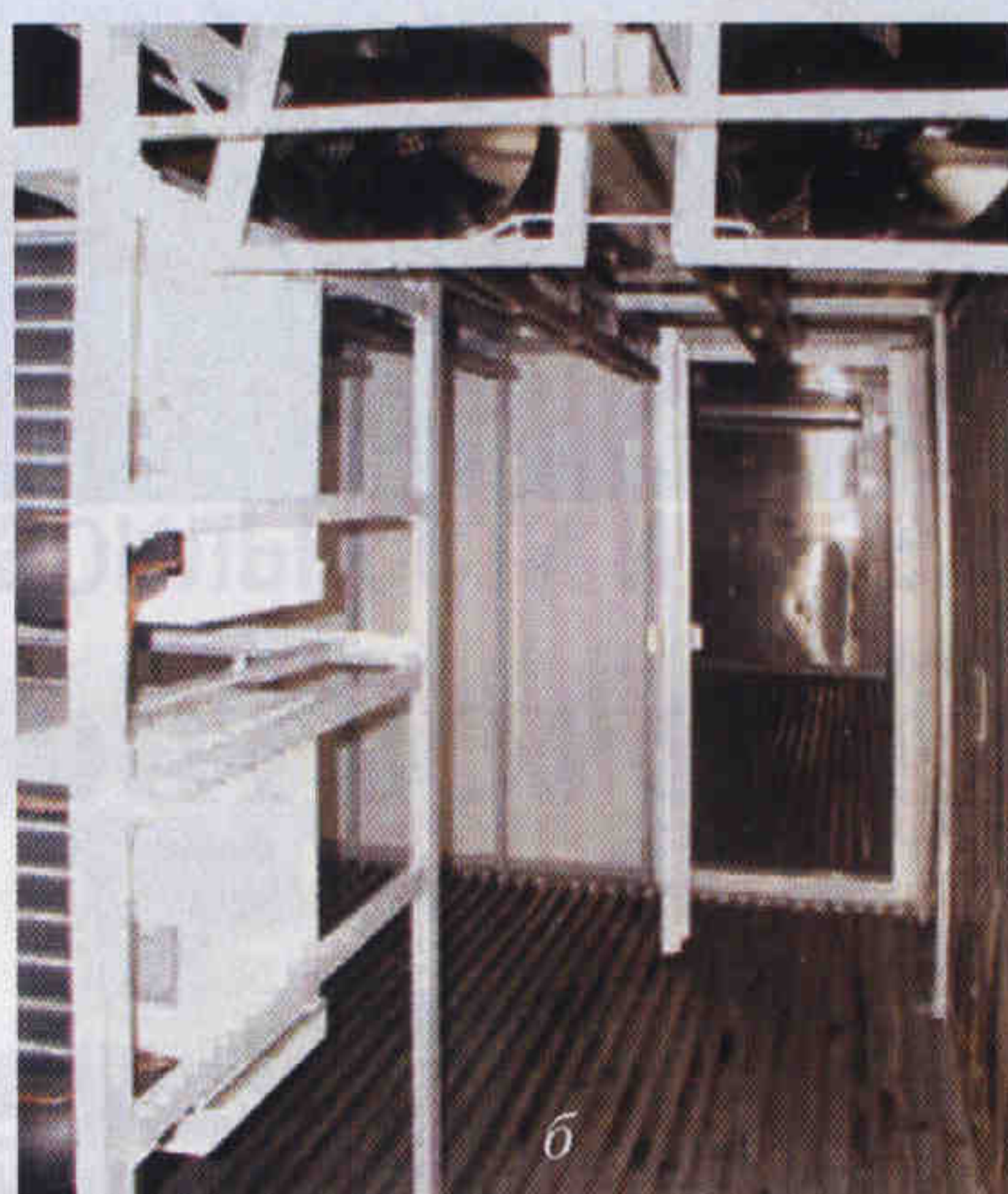
Фирма ЭЙРКУЛ-СИБИРЬ
Россия, 644046, г. Омск, ул. Маяковского 74, офис 211
телефон: (3812) 33-74-86 факс: (3812) 33-44-57
e-mail: aircoolib@omskcity.com

СЕРВИС ЦЕНТР
BITZER
Alfa Laval
РОССИЯ

ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ И ТОРГОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ



а



б

Универсальные контейнеры: а — машинное отделение; б — морозильная камера

частоты использования морозильной камеры. О необходимости ее проведения сообщает световая (звуковая — отключаемая) индикация на щите управления.

Щит управления оснащен полной визуальной индикацией всех режимов работы оборудования. В нем установлены защитные устройства от перегрева (повышения) напряжения, пропадания и "перекоса" фаз. Для

удобства и быстроты подключения к внешней сети в комплектации обеих холодильных установок предусмотрены электрокабели с разъемами.

Универсальный контейнер рекомендуется устанавливать с уклоном на фундаментные блоки, что обеспечивает воздушный зазор между днищем и поверхностью земли, слив воды после санитарной обработки обеих камер и конденсата после оттайки.

Все предлагаемое фирмой "Эйркул" оборудование соответствует европейским стандартам качества, безопасности, отличается высокой надежностью и долгим сроком службы.

Универсальные контейнеры уже хорошо зарекомендовали себя при эксплуатации в условиях Крайнего Севера в качестве автономных пунктов по заготовке оленины.

ЗАПРАВЬСЯ!



ХЛАДОНЫ

R-12	R-13	R-22	R-23	R-113	R-114B2
R-22	R-502	R-134A	R-404A	R-407C	R-410A

МАСЛА

для холодильных компрессоров



(095) 280 - 2351

(095) 280 - 8833
(3912) 56-0938

КОМПЛЕКТНОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ВАШ ХОД!

1	2	3	4
a		FRIGA-BONN (Франция)	
b	BITZER Copeland Electrolux		
c		Danfoss eliwell ABB	
d			



(095) 280-2351; 280-8833; (3912) 56-0938

129110, г. Москва, Каланчевская ул., 32/61;
e-mail: info@kriotek.ru www.kriotek.ru



Н.В.НИКИФОРОВ,
начальник управления качества
ОАО «Холодмаш»

ОАО «Холодмаш»: повышение качества компрессоров для торговых и промышленных холодильных установок – путь к стабильности и успеху

В мае 2000 г. на ОАО «Холодмаш» начато производство компрессоров для торговых и промышленных холодильных установок по лицензии фирмы Electrolux Compressors.

В соответствии с контрактом завода было поставлено самое современное комплексное высокотехнологичное оборудование с программным управлением передовых станкостроительных фирм Европы, в том числе:

- станки с программным управлением фирмы «Микроза» (Германия) для окончательной шлифовки шеек эксцентриковых валов и поршней всех типоразмеров с автоматизированной загрузкой деталей в зону обработки и с максимальной точностью обработки 0,6...0,8 мкм;
- станки фирмы «Геринг» (Германия) для алмазного развертывания отверстий под вал и поршень в корпусах любых типоразмеров с максимальной точностью обработки 0,6...1,2 мкм;
- станок фирмы «Петер Вольтер» (Германия) для одновременной доводки обеих плоскостей клапанной доски шлифовальными кругами с максимальной точностью обработки по плоскостности 6...10 мкм;
- пресс автоматической штамповки роторостаторных пластин и сборки роторов в пакеты фирмы «Растер» (Германия);

Метрологический контроль в механосборочном производстве осуществляют пневмоэлектронные приборы итальянской фирмы Marposs с разрешающей способностью 0,1 мкм. Они обеспечивают 100%-ный контроль качества внутренних и наружных рабочих поверхностей особо точных деталей компрессора: корпуса, поршня, вала, шатуна, опор, ротора.

Таким образом, благодаря использованию в производстве указанных

выше высокоточных станков и контролю качества высокоточными пневмоэлектронными приборами гарантированно достигается высокая точность зазора корпус-поршень (не менее 10 и не более 12 мкм) в каждой сопрягаемой паре, принятая в мировой практике компрессоростроения.

Для определения отклонений от цилиндричности высокоточных рабочих поверхностей этих деталей применяется статистический метод контроля по ГОСТ Р 50779–99 с составлением X-R карт. Контроль параметров цилиндричности проводится в метрологической лаборатории на приборе TALYROND - 232 английской фирмы Taylor Hobson с разрешающей способностью 0,3 мкм. Прибор дает возможность компьютерной обработки считываемых данных и вывода результатов на печать.

Отклонения от заданной шероховатости обрабатываемых поверхностей также определяются статистическими методами по ГОСТ Р 50779–99 с составлением X-R карт. Контроль производится в метрологической лаборатории на профилометре TALYSURF серии 2 фирмы Taylor Hobson. Разрешающая способность прибора 0,1 мкм. Он позволяет определять параметры шероховатости Ra, Rz, Rt и др. согласно международным стандартам, предоставляет возможность компьютерной обработки считываемых данных и вывод результатов на печать. В парах трения шероховатость поверхностей Ra составляет 0,18 мкм.

Размеры деталей при механической обработке проходят либо выборочный, либо 100%-ный контроль жестким мерительным инструментом в соответствии с утвержденными технологическими процессами. Контроль (калибровка) жесткого мерительного инструмента произво-

дится на однокоординатной измерительной машине SIP-302 М производства швейцарской фирмы «Женевское общество приборов». Разрешающая способность машины 0,1 мкм. Прибор позволяет производить калибровку СИ, концевых мер длины, образцовых колец, рабочих эталонов и др.

В сборочном производстве холодильных компрессоров и агрегатов для контроля фактических параметров и сравнения их с базовыми применяются электронные испытательные стенды итальянской фирмы MIKROLINE. Они обеспечивают выдачу фактических параметров на дисплей, сбор, обработку и распечатку статистических данных на операциях со 100%-ным контролем.

Так, по окончании внутренней сборки каждого компрессора (до заварки кожуха) контролируют следующие параметры: герметичность нагнетательной части, объемную производительность, диэлектрическую прочность и сопротивление изоляции. Проводят также запуск компрессора при пониженном напряжении сети.

После окончательной сборки компрессор в заваренном кожухе проверяют так же, как и до заварки кожуха, и дополнительно проводят его обкатку и испытание в шумоизоляционной кабине.

При сборке особо точного узла – клапанной группы – для 100%-ного контроля качества прилегания клапанов (с точностью по падению давления до 0,01 бар) используют испытательный стенд итальянской фирмы Мессаніса OCSA.

При производстве статоров электродвигателей компрессоров их 100%-ный контроль осуществляется на электронном испытательном стенде австрийской фирмы SCHLEIN с выводом на дисплей и

распечаткой следующих параметров: активное сопротивление главной и пусковой обмоток, диэлектрическая прочность изоляции обмоток; контролируется также направление вращения и испытывается импульсным напряжением межвитковая изоляция.

Роторы к электродвигателям холодильных компрессоров проверяются на испытательном стенде фирмы DELTATRONIC с выдачей фактических данных на дисплей и возможностью сбора статистических данных, их обработки и распечатки по параметрам: активное и реактивное сопротивление ротора; угол наклона стержней; амплитуда волн магнитодинамического датчика; качество магнитодинамического измерения.

Момент затяжки всех крепежных болтов проходит статистический контроль по ГОСТ Р 50779-99 с составлением X-R карт. Для контроля применяются динамометрические ключи фирмы TORQOMETER (Италия).

Чтобы иметь возможность постоянно контролировать качество выпускаемых компрессоров, их образцы после проведения приемосдаточных испытаний регулярно направляют в лабораторию завода для исследования и тестирования.

Исследование включает определение термодинамических свойств герметичных компрессоров посредством калориметра, измерение минимального напряжения, при котором возможен пуск компрессора и звуковой мощности.

Затем компрессоры подвергают испытаниям на долговечность, включающим:

- тест на износостойкость, заключающийся в проверке работы компрессора за относительно короткий промежуток времени (от 500 до 1000 ч). По окончании испытания определяют износ и состояние поверхностей деталей компрессора. Обращают внимание также на то, чтобы при работе компрессора не оставалось никаких следов на узлах его электродвигателя;

- тест на высокие температуры в течение 2000 ч, при проведении которого определяется изменение

свойств материалов компрессора и электродвигателя под воздействием фреона, масла, остаточных паров воды, механических примесей и посторонних газов при высокой температуре (например, температура обмоток электродвигателя при испытании на R134A равна 150 °C, температура окружающей среды 30 °C, температуры кипения и конденсации соответственно -10 и +55 °C);

- тест на механическую прочность соединительных элементов, цель которого — получить ускоренным способом (300 000 рабочих циклов по 15 с) данные по усталостной прочности соединительных элементов между компрессором и его кожухом (пружины подвески, соединительные патрубки, линия подвода электроэнергии с кабелями и соединителями).

После тестирования на долговечность компрессоры вновь подвергаются испытаниям на калориметре.

Все описанные элементы оснащения производства и его организационной структуры обеспечивают стабильность качества выпускаемых заводом изделий.

В свою очередь, стабильность производства характеризуется величиной дисперсии основных показателей выпускаемой продукции (холодопроизводительности, удельной холодопроизводительности, температуры обмоток встроенных электродвигателей, скорректированного уровня звуковой мощности, возможности запуска агрегата при пониженном напряжении).

По данным экспертизы, проведенной на заводе в октябре 2001 г. комиссией Московского независимого центра экспертизы и сертификации «Мосэкспертиза» в рамках программы «Московское качество», была зафиксирована дисперсия значений основных показателей качества 0,4 %, что является хорошим результатом.

На заводе постоянно проводится работа по дальнейшему совершенствованию конструкции и технологии производства лицензионных компрессоров. Так, для компрессоров, работающих на R22 и R404A, внедрена металлизированная прокладка головки блока цилиндров, а

в испытательном центре ТХО ОАО «Холодмаш» было введено еще одно испытание для тестирования компрессоров при отключенной защите на жестких температурных режимах: температура окружающей среды 43 °C, всасывания 25 °C, кипения 0 °C, конденсации 76 °C.

Систематическое проведение этого испытания показало, что компрессоры, выпускаемые ОАО «Холодмаш», его успешно проходят: потери герметичности на стороне нагнетания компрессора и разрыв прокладки не наблюдаются. Причина же выхода из строя компрессоров в большинстве случаев заключается в том, что потребители зачастую имеют квалификацию недостаточную для сервисного обслуживания и замены компрессоров в действующих холодильных установках.

Примером квалифицированного применения герметичных лицензионных компрессоров ОАО «Холодмаш» служит красноярский завод «Бирюса», на котором организовано высокотехнологичное производство холодильных витрин и ларей на современном французском оборудовании. В результате отказ компрессоров у потребителей в 2002 г. не превышает 0,3 %, что не уступает показателям качества компрессоров данного класса ведущих зарубежных производителей.

Поэтому в последние 2 года ОАО «Холодмаш» систематически организует обучение специалистов предприятий-потребителей, в том числе проводит и выездные семинары по регионам России и странам СНГ. Результат этого не замедлил сказаться. В настоящее время на каждые 1000 проданных компрессоров для коммерческого холода выходят из строя при эксплуатации 4 компрессора, а для бытового холода — 1 компрессор, что свидетельствует о повышении квалификации обслуживающего персонала.

В 2001 г. компрессоры и холодильные агрегаты, выпускаемые ОАО «Холодмаш», удостоены почетного знака «Московское качество», а холодильный агрегат BC 800 с лицензионным компрессором RP12TN был дипломантом конкурса «100 лучших товаров России».

Оборудование Tempstar для воздушного отопления и кондиционирования в коттеджах

Представляем оборудование Tempstar, объединяющее в себе функции охлаждения и нагрева (кондиционер совмещен с газовым нагревателем). Подобные установки являются наиболее оптимальным и экономичным решением задачи создания комфортного климата в современных коттеджах.

ГАЗОВЫЙ НАГРЕВАТЕЛЬНЫЙ БЛОК NTC6

Отметим ряд конструктивных особенностей блока:

> **Теплообменник**, выполненный из высокопрочной алитированной стали, обеспечивает повышенную коррозионную стойкость.

Теплообменник газового нагревателя NTC6 рассчитан на многолетнюю работу. Он представляет собой S-образный бесшовный змеевик, две половины которого соединены между собой запатентованным, так называемым «обжимным», способом под высоким давлением, что обеспечивает прочность шва и увеличивает срок службы нагревателя.

> **Электронный центр** позволяет регулировать расход воздуха для достижения максимального комфорта и эффективности. Предусмотрено также управление электронными воздухоочистителями и увлажнителями.

> **Изолированный стальной корпус** предотвращает утечку газа и уменьша-

ет шум работающей горелки благодаря надежной звуко- и теплоизоляции.

> **Газовый клапан и запальник** гарантируют надежный запал, плавный горячепереходный и энергоэкономный промежуточный розжиг.

Отличительные особенности:

- **Низкий уровень шума.** В результате всесторонних испытаний нагревателей NTC6 разработана специальная закрытая камера, которая значительно заглушает шум горения топлива в газовом нагревателе. Дополнительное снижение шума достигается креплением вентилятора к специальным виброгасящим опорам.

- **Высокий КПД (80%).**

- **Простота конструкции**, облегчающая монтаж.

- **Надежность.** Выбирая оборудование марки Tempstar®, вы приобретаете намного больше, чем просто известную марку. Вы получаете оборудование, изготовленное «Интернэшнл Комфорт Продактс, США» – одним из ведущих в мире изготовителей оборудования для отопления и охлаждения. Столетняя традиция производства и квалификация инженеров служат залогом надежности оборудования.

- **Гарантия наивысшего качества.** Находящиеся в г. Левисбурге (штат Теннесси) производственные мощности «Интернэшнл Комфорт Продактс, США» отмечены сертификатом ISO 9001 – наиболее строгим в промышленности стандартом качества. Он является гарантией того, что оборудование проектируется и выпускается на предприятиях мирового класса с использованием высоких технологий.

КОМПРЕССОРНО-КОНДЕНСАТОРНЫЙ БЛОК NAC включает:

> **Высокоэффективный бесшумный компрессор.** Во всех кондиционерах мощностью 10 кВт и выше используется спиральный компрессор.

> **Прочный и устойчивый к коррозии конденсатор** из медных труб с алюминиевым оребрением.

> **Коррозионностойкий и водонеп-**



Компрессорно-конденсаторный блок NAC

ронцаемый корпус из гальванизированной стали, защищенный методом трехслойной окраски. Выброс воздуха вверх способствует снижению уровня шума. Прочное ограждение теплообменника надежно защищает его от случайных повреждений, снижает риск возможной поломки компрессора.

ИСПАРИТЕЛЬ EPM из медных труб с алюминиевым оребрением предназначен как для вертикальной, так и для горизонтальной подачи воздуха. Испаритель снабжен комплектом пластиковых сливных поддонов.



Испаритель EPM

КОНДИЦИОНЕР оснащен устанавливаемой на заводе капиллярной трубкой. Габариты кондиционера и нагревателя точно подходят друг другу.

Проектирование с помощью компьютера обеспечивает точное соответствие компонентов системы, что повышает ее КПД.



Газовый нагреватель NTC6

Поставщик оборудования TEMPSTAR: «Air Conditioning and Heating International FZE»
P.O. Box 7972, BC-4, SAIF Zone, Sharjah, UAE. Phone +971 6 5572707. Fax +971 6 5572278
Телефон представительства в Москве 937-4241
e-mail: ahi@ahi-carrier.com

Канд. техн. наук **В.Н.БОНДАРЕВ**
Научно-промышленная ассоциация
производителей холодильного оборудования
«Холодпром»,
М.Ф.ОНУЧИН
ЗАО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа»

Выбор предпочтительной единицы давления

Многолетняя практика использования Международной системы единиц СИ (SI) согласно ГОСТ 8.417-81 «Единицы физических величин» показала, что применение предлагаемых в ней единиц давления приводит при расчетах к произвольным и непроизвольным ошибкам. Рассмотрим причины возникающих недоразумений и возможность избежать их.

Метрическая система МКГСС. Единица силы, силы тяжести $F = (\text{единица массы}) \cdot (\text{величина ускорения, равная стандартному ускорению свободного падения}) = 1(\text{кг-масса}) \times 9,806\,65 \text{ м/с}^2 = 9,806\,65 (\text{кг-масса}) \cdot \text{м/с}^2$. Для удобства и упрощения расчетов эта дробная единица силы условно обозначена как 1 (килограмм-сила) = 1 кгс.

Единица давления $p = F/S = 1 \text{ кгс/м}^2$ (0,073 556 1 мм рт. ст.).

По своему значению данная основная единица давления далека от получившей всеобщее мировое признание величины нормального давления, которая точно соответствует величине физической атмосферы 1 атм, равной среднему барометрическому давлению 760 мм рт. ст., измеряемому ртутным барометром на уровне моря при температуре столба ртути 0 °С. Наиболее близкой к величине 1 атм оказалась десятичная кратная единица давления с размерностью кгс/см², названная технической атмосферой: $1 \text{ ат} = 1 \cdot 10^4 \text{ кгс/м}^2 = 1 \text{ кгс/см}^2$ (735,561 мм рт. ст.).

Техническая атмосфера не соответствует ряду стандартизированных десятичных кратных единиц физических величин. Тем не менее она получила широкое распространение в большинстве стран мира благодаря своей близости к наиболее естественной для человека величине атмосферного давления.

Отношение $1 \text{ атм}/1 \text{ ат} = 1,033\,22$ характеризует степень близости величины технической атмосферы к величине физической атмосферы. Любые значения абсолютного или избыточного давления, выраженные в технических атмосферах, легко осмысляются, так как являются практически кратными или дольными единицами от величины атмосферного давления, которая играет существенную роль при создании компрессорного и другого оборудования в различных областях техники.

Международная система единиц СИ.

Единица силы, силы тяжести $F = 1 (\text{кг-масса}) \cdot 1 \text{ м/с}^2 = 1 \text{ ньютон} = 1 \text{ Н}$.

Единицей давления и напряжения согласно принятой в 1960 г. Международной системе СИ является 1 паскаль: $p = F/S = 1 \text{ кг/(м} \cdot \text{с}^2) = 1 \text{ Н/м}^2 = 1 \text{ паскаль} = 1 \text{ Па}$ (7,500 64 · 10⁻³ мм рт. ст.).

Для устранения неудобств применения основных и производных единиц системой СИ допускается использование десятичных дольных и кратных единиц, которые образуются умножением исходных единиц на один из множителей M , получаемых из уравнения $M = 10^n$, где n — целое отрицательное или положительное число в диапазоне от -6 до +6. В результате применения данного уравнения для образования

десятичных кратных единиц образуется следующий ряд: $1 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^6 - 1 \cdot 10^9 - 1 \cdot 10^{12} - 1 \cdot 10^{15} - 1 \cdot 10^{18}$, т.е. кило-, мега-, гига-, тера-, пета- и экса-. Впоследствии этот ряд был дополнен внесистемными числами $1 \cdot 10^1$ и $1 \cdot 10^2$, т.е. дека- и гекто-.

Установленные в системе СИ десятичные кратные паскалю единицы давления:

- 1 декапаскаль = 1 даПа = $1 \cdot 10^1 \text{ Па}$;
- 1 гектопаскаль = 1 гПа = $1 \cdot 10^2 \text{ Па}$;
- 1 килопаскаль = 1 кПа = $1 \cdot 10^3 \text{ Па}$ (7,500 64 мм рт. ст.);
- 1 мегапаскаль = 1 МПа = $1 \cdot 10^6 \text{ Па}$ (7 500,64 мм рт. ст.);
- 1 гигапаскаль = 1 ГПа = $1 \cdot 10^9 \text{ Па}$ и т.д.

Заметим, что все стандартизированные в системе СИ десятичные кратные паскалю единицы давления далеки по своей величине от нормального давления (760 мм рт. ст.).

Степень близости величин 1 МПа и 1 кПа к величине нормального давления составляет соответственно 0,1013 и 101,3.

Отношения между единицами давления в системах единиц МКГСС и СИ.

$1 \text{ ат} = 98\,066,5 \text{ Па} = 9\,806,65 \text{ даПа} = 98,066 \text{ кПа} = 0,098\,0665 \text{ МПа} = 0,980\,665 \cdot 10^{-4} \text{ ГПа}$;

$1 \text{ атм} = 101\,325 \text{ Па} = 10\,132,5 \text{ даПа} = 101,325 \text{ кПа} = 0,101\,325 \text{ МПа} = 0,101\,325 \cdot 10^{-3} \text{ ГПа}$.

Заметим, что пересчет целых числовых значений давления с размерностью кгс/см² в числовые значения давления с размерностью $1 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ (1 МПа) не приводит к целым числам.

Последствия перехода на новую единицу величины давления. В процессе осмысления числовых значений давления человеку наиболее естественно сопоставлять эти значения с обычной для него величиной атмосферного давления точно так же, как осмысляются космические расстояния с помощью единицы длины световой год, равной $9,46 \cdot 10^{15} \text{ км}$. В компрессоростроении имеют дело чаще всего с давлениями, равными атмосферному давлению на суше и выше него. Однако в соответствии с ГОСТ 8.417-81 эти величины давления приходится измерять смежными с физической атмосферой и довольно далекими от величины барометрического давления десятичными кратными паскалю единицами:

1 МПа (7500,64 мм рт. ст.) или 1 кПа (7,500 64 мм рт. ст.).

Действительно, в процессе осмысления заявленных значений давления, выраженных в мегапаскалях или килопаскалях, возникает интуитивная потребность в сопоставлении этих значений с атмосферным давлением путем пересчета с использованием равенств

$1 \text{ кПа} = 0,010\,197\,16 \text{ ат}$ или $1 \text{ МПа} = 10,197\,16 \text{ ат}$.

При этом возникают крупные непроизвольные ошибки в тех случаях, когда необходимый для осмысления пересчет чисел машинально забывают произвести. Кроме того, для упрощения пересчета обычно применяют приблизительные равенства $0,1 \text{ МПа} \approx 1 \text{ ат}$ и $100 \text{ кПа} \approx 1 \text{ ат}$, что приводит к произвольной ошибке, равной 1,97 %.

Основная причина показанных неудобств и возможных ошибок кроется в том, что имеющаяся в наличии кратная паскалю единица давления 1 бар, равная $1 \cdot 10^5$ Па (точно) и по своей величине близкая к нормальному давлению, объявлена в системе СИ внесистемной единицей и допускается к практическому применению временно из-за несоответствия ряду формально стандартизированных десятичных кратных паскалю единиц давления. В связи с этим в бывшем СССР было принято неосмотрительное решение: не рекомендовать к практическому применению единицу давления 1 бар, что и было зафиксировано в ГОСТ 8.417-81 со всеми вытекающими отсюда последствиями.

В 1968 г. было принято международное соглашение установить внесистемную единицу $2 \cdot 10^5$ Па в качестве исходного уровня звукового давления. Более того, под давлением общности было принято решение допускать временно (без указания срока) использование других единиц, в том числе единицы измерения частоты вращения с размерностями об/с и об/мин, а также давления с размерностью бар. С целью достижения единообразия в результатах измерения механического напряжения принята единица 1 Н/мм^2 .

Кратная единица давления, временно допускаемая в системе СИ. Единица давления 1 бар = $1 \cdot 10^5 \text{ кг/(м} \cdot \text{с}^2) = 1 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2 = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ точно. Отношения единицы 1 бар с единицами давления в системе МКГСС: 1 бар = 1,019 716 ат = 0,986 926 атм; 1 ат = 0,980 665 бар. Степень близости величины 1 бар к величине нормального давления составляет: 1 атм/1 бар = 1,013 25.

Единица давления 1 бар не соответствует нормализованному ряду десятичных кратных единиц (1 бар = $1 \cdot 10^5$ Па точно), но она кратна паскалю и практически совпадает с наиболее естественной для человека среднегодовой величиной атмосферного давления (1 бар = 750,064 мм рт. ст.), с получившей мировое признание величиной нормального давления 760 мм рт. ст., а также с технической (1 бар = 1,019 716 ат) и физической (1 бар = 0,986 926 атм) атмосферой. Заметим, что величина 1 бар находится между величинами 1 ат и 1 атм, а также почти совпадает со средней величиной обычно наблюдаемого барометрического давления на суше в равнинной местности. Допущение равенства 1 ат = 1 бар хотя и приводит к произвольной ошибке в 1,36 % при пересчетах, но эта ошибка на 31 % меньше произвольной ошибки, возникающей при допущении равенства 1 ат = 0,1 МПа.

Единица измерения 1 бар удобна в применении практически во всем диапазоне наиболее часто встречающихся в технике контролируемых величин избыточного и абсолютного давлений, а именно:

от 1 миллибар = 1 мбар = 0,001 бар до 10 килобар = 10 000 бар.

Следовательно, стандарти-

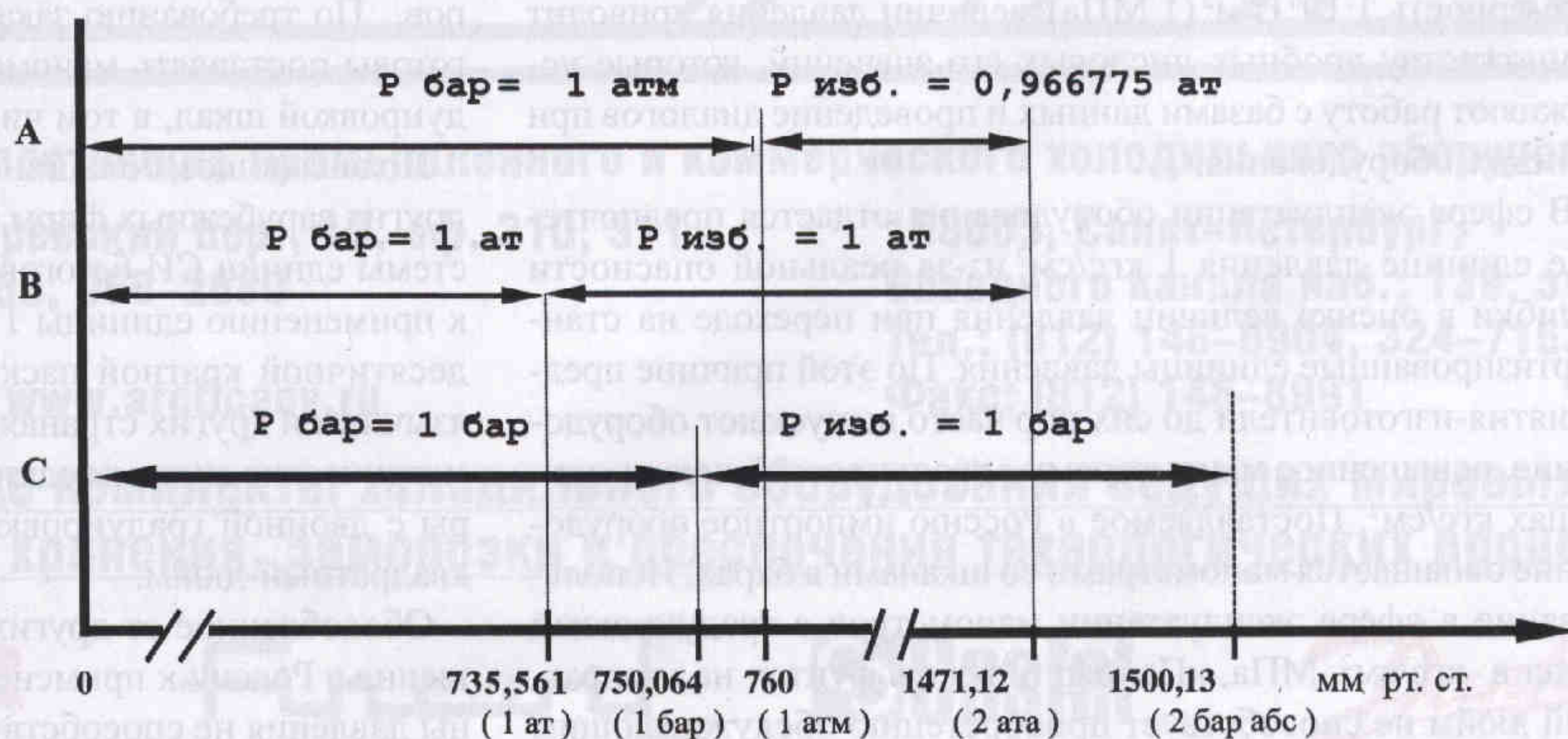
зированные десятичные кратные паскалю единицы давления, предназначенные для давлений в диапазоне от 1 гПа = $1 \cdot 10^2$ Па до 1 ГПа = $1 \cdot 10^9$ Па оказалось возможным заменить близкой к нормальному давлению и временно (без указания срока) допускаемой к практическому применению системой СИ одной единицей 1 бар.

Абсолютное значение давления, выраженное через бар, можно условно обозначить как $p_{\text{абс. бар}}$, а избыточное давление — $p_{\text{изб. бар}}$. Поскольку 1 бар практически совпадает со средней величиной изменяющегося барометрического давления на суше в равнинной местности, в обычных инженерных расчетах компрессорного и другого оборудования с достаточной степенью точности можно допустить равенство $p_{\text{изб. бар}} = p_{\text{абс. бар}} - 1 \text{ бар}$. Следовательно, при целых числах задаваемого в барах абсолютного давления можно получать целые числовые значения в барах и для избыточного манометрического давления (см. рисунок). Рассчитанное с учетом равенства $p_{\text{изб. бар}} = p_{\text{абс. бар}} - 1 \text{ бар}$ компрессорное и другое оборудование будет эксплуатироваться в более близких к расчетным условиям, нежели оборудование, рассчитываемое в настоящее время с учетом равенства $p_{\text{изб. МПа}} = p_{\text{абс. МПа}} - 0,0981 \text{ МПа}$.

Практически все зарубежные компрессоростроительные и другие фирмы при переходе на Международную систему единиц СИ безоговорочно приняли решение применять временно допускаемую десятичную кратную паскалю единицу 1 бар в качестве предпочтительной кратной единицы давления. Такое решение объясняется необходимостью, которая подобна необходимости постоянно допускать к практическому применению внесистемные единицы год, месяц, сутки, час, мин, астрономическая единица, световой год и т.д.

В текстах стандартов, разработанных Международной организацией по стандартизации, используется размерность бар наравне с размерностями Па, даПа, гПа, кПа, МПа и др.

В отличие от российских известные зарубежные издательства научно-технической литературы проводят демократическую политику в отношении используемых авторами ста-



Численный пример влияния выбираемого значения барометрического давления на значение избыточного давления при заданном для расчета оборудования абсолютном значении давления:

A — выбор барометрического давления 1 атм = 760 мм рт. ст. при заданном абсолютном давлении 2 ата.

B — выбор барометрического давления 1 ат = 735,561 мм рт. ст. при заданном абс. давлении 2 ата.

C — выбор барометрического давления 1 бар = 750,064 мм рт. ст. при заданном абс. давлении 2 бар абс.

Примечание. Среднегодовое значение барометрического давления в Москве составляет 750 мм рт. ст.

тей единиц давления. К опубликованию принимаются материалы, в которых величины давлений выражены в прежних или в новых единицах. В подавляющем большинстве публикаций за последние годы численные значения давлений выражены через размерность бар.

Известно, что любое временно допускаемое в каком-либо законе положение вызвано необходимостью, которая через определенный период времени предположительно должна потерять свою актуальность. В тех случаях, когда необходимость продолжает сохранять востребованность, временно допускаемое положение остается постоянно действующим. Нечто подобное произошло с единицей 1 бар, востребованность которой остается и после более чем 40-летнего освоения системы единиц СИ. Международную рекомендацию допускать временно к практическому применению внесистемные единицы бар, об/с, об/мин, морская миля, карат и некоторые другие единицы следует рассматривать как предложение выяснить со временем (без указания срока) необходимость их применения постоянно, а не как закон, требующий срочно исключить эти единицы из обращения.

Попытка силовым государственным решением в бывшем СССР всемерно избегать применения единиц давления мм рт. ст., мм вод. ст., кгс/см² и бар не привела к желаемым результатам. В физических исследованиях и испытаниях оборудования по-прежнему применяются единицы давления мм рт. ст. и мм вод. ст. Техдокументация на оборудование разрабатывается с расточительным параллельным использованием МПа (или кПа) и кгс/см² не без возможных при пересчетах произвольных и произвольных ошибок.

Много ошибок возникает в пересчетах величин давления при многочисленных поисках необходимого заказчикам оборудования с помощью ранее созданных в ЦИНТИхимнефтемаше на основе единицы давления 1 ат баз данных АФИПС (автоматизированных фактографических информационно-поисковых систем) по компрессорному, холодильному и другому оборудованию. Актуализация и перевод баз данных на размерность $1 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ (1 МПа) величин давления приводит к множеству дробных числовых его значений, которые усложняют работу с базами данных и проведение диалогов при поисках оборудования.

В сфере эксплуатации оборудования отдается предпочтение единице давления 1 кгс/см² из-за реальной опасности ошибки в оценке величин давления при переходе на стандартизированные единицы давления. По этой причине предприятия-изготовители до сих пор часто выпускают оборудование, оснащенное манометрами с градуировкой шкал в единицах кгс/см². Поставляемое в Россию импортное оборудование оснащается манометрами со шкалами в барах. Использование в сфере эксплуатации манометров с градуировкой шкал в кгс/см², МПа, кПа, бар и даже в фунтах на квадратный дюйм не способствует приобретению обслуживающим персоналом необходимых четких навыков в оценке величин давления.

Все перечисленные и, возможно, упущенные недостатки можно исключить применением единицы давления 1 бар.

Выводы. Популярность той или иной единицы измерения зависит в первую очередь от равенства ее значения

какой-либо из естественных для человека величин. Проверка временем показала, что формальный подход при стандартизации десятичных кратных паскалю единиц без учета указанного фактора не приводит к желаемым результатам. Популярность единиц кгс/см², мм рт.ст. и мм вод.ст. остается по-прежнему высокой точно так же, как популярность полученных ранее на основе естественных для человека исходных величин многих внесистемных единиц, в том числе карат, морская миля, астрономическая единица, световой год, сутки, месяц, год, об/мин, об/ч и т.д., в связи с удобством их восприятия по сравнению с подобными единицами, регламентированными Международной системой единиц СИ.

Представляется необходимым дополнить ряд стандартизированных в ГОСТ 8.417–81 десятичных кратных паскалю единиц давления весьма важной для компрессоростроения и других областей техники единицей давления в барах в следующем порядке: 1 кПа ($1 \cdot 10^3 \text{ Па}$), 1 бар ($1 \cdot 10^5 \text{ Па}$), 1 МПа ($1 \cdot 10^6 \text{ Па}$) и далее без изменения.

Ряд выраженных в технических атмосферах предпочтительных чисел по ГОСТ 12445–80, в соответствии с требованиями которого выбирают номинальные значения давлений для разрабатываемого оборудования, может быть адаптирован к кратной единице давления 1 бар без каких-либо технических и других затруднений.

В базах данных АФИПС по компрессорному и другому оборудованию вполне допустимо сохранить для решения информационных задач ранее введенное большое множество цифровых значений давления в технических атмосферах без пересчета (путем простой замены размерности кгс/см² на размерность бар, так как 1 ат = 0,981 бар).

Использование единицы 1 бар позволяет сохранить и применять в дальнейшем привычный вид марок компрессорного и другого оборудования, в унифицированные обозначения которых входят для информативности числовые значения давления.

Применение размерности бар не сдерживается отечественной промышленностью контрольно-измерительных приборов. По требованию заказчиков предприятия-изготовители готовы поставлять манометры и вакуумметры с любой градуировкой шкал, в том числе с двойной.

Подавляющее большинство компрессоростроительных и других зарубежных фирм при освоении Международной системы единиц СИ безоговорочно приняли решение перейти к применению единицы 1 бар в качестве предпочтительной десятичной кратной паскалю единицы давления. В англоязычных и других странах, в которых ранее применялись неметрические системы единиц, сейчас используются манометры с двойной градуировкой шкалы: в барах и в фунтах на квадратный дюйм.

Обособленное от других стран мира отрицательное отношение в России к применению бар для обозначения величины давления не способствует процессу мировой интеграции в преподавании, а также в исследовании, производстве и эксплуатации оборудования, работающего под давлением и вакуумом.

Таким образом, в настоящее время нет причин отказа от обозначения величины бар для давления и нет оснований прогнозировать отказ от нее в обозримом будущем.

В.С.КАЛЮНОВ, Ю.В.ОСИПОВ,
А.Я.ЭГЛИТ

Санкт-Петербургский государственный
университет низкотемпературных
и пищевых технологий

УДК 621.64

Подбор импортных отделителей жидкости

Quality of liquid separator's work in variable refrigerating schemes is analyzed. It is proved, that they don't guarantee for compressor's defense in all cases. Suggestions of liquid separations select is done.

Опасность влажного хода фреоновых компрессоров может возникать при эксплуатации холодильных систем двух типов. К первому относятся системы, которые содержат объекты, характеризующиеся наличием ударных тепловых нагрузок, ко второму — системы с автоматическим оттаиванием инея с поверхности охлаждающих устройств паром «на проход». Основное отличие заключается в последовательности выброса объемов жидкого хладагента.

При ударных тепловых нагрузках вначале возникает снарядный режим течения, при котором наблюдается наибольший объем выброса жидкости, после чего она поступает в поток пара в виде капель различного диаметра.

При автоматическом оттаивании инея сперва в потоке появляются капли жидкости, а в конце процесса может наступить снарядный режим течения.

Таким образом, отделитель жидкости должен иметь определенный объем для приема жидкости из охлаждающих устройств и обеспечивать эффективное отделение жидкости в виде капель из потока пара.

В инженерной практике принято вести расчеты аппаратов по одномерной модели, что применительно к отделителям жидкости весьма условно. В центре потока локальная скорость выше и создается возможность уноса относительно крупных капель. В случае приближения средней скорости потока к скорости естественной циркуляции пара, а также при наличии в ряде конструкций аппаратов сеток выравнивания скорости потока возникают более сложные эпюры локальных скоростей. Наибольшая скорость потока имеет место около стенок сосудов, где движутся капли жидкости.

В отечественной практике проек-

тирования холодильных установок отделители жидкости подбирают по диаметру обечайки на основе уравнения неразрывности потока с учетом максимально допустимой скорости движения пара.

При проектировании импортных холодильных установок приходится пользоваться информацией фирм — изготовителей оборудования, зачастую крайне скудной и спорной. Так, фирма SHULTZE (Германия) рекомендует подбирать отделители жидкости по теоретической объемной производительности компрессора (здесь и далее речь пойдет о фреоновых отделителях жидкости).

О неполноте такой методики свидетельствуют два обстоятельства.

Во-первых, компрессор может использоваться в значительном диапазоне температур кипения, а следовательно, степеней сжатия. Коэффициенты подачи компрессора при этом могут различаться в 2 раза, чему соответствуют и значения реального объемного расхода пара, проходящего через отделитель жидкости.

Во-вторых, размерный ряд отделителей жидкости SHULTZE построен в основном на удвоении теоретической объемной производительности компрессора, в то время как размерный ряд самих компрессоров, например BITZER, имеет шаг размерного ряда 15...20 %.

Зависимость скорости витания w_v капель жидкости в потоке пара приближенно описывается формулой

$$w_v = [4gd_{ж}\rho_{ж}/(3C\rho_{п})]^{0,5},$$

где g — ускорение свободного падения;

$d_{ж}$ — диаметр капли жидкости;

$\rho_{ж}$, $\rho_{п}$ — соответственно плотнос-

ти жидкости и пара;

C — эмпирический коэффициент.

Эта зависимость позволяет установить, что при локальной скорости 2 м/с поток пара может переносить капли диаметром 1 мм. К сожалению, даже при средней скорости потока менее 0,5 м/с, как показывают исследования с применением высокоскоростной съемки, в нем возникают относительно высокие локальные скорости.

Рассмотрим проблему подбора отделителей жидкости на примере установок фирмы HENRY EUROPE LIMITED (Шотландия).

Максимальная холодопроизводительность при $t_0 = -7^\circ\text{C}$ для больших по диаметру обечайки отделителей жидкости (6") обеспечивается компрессорами BITZER марки 2FL-2.2 (объемная производительность $V_k = 9,46 \text{ м}^3/\text{ч}$), 2U-3.2 ($V_k = 18,6 \text{ м}^3/\text{ч}$) и 2N-5.2 ($V_k = 28,04 \text{ м}^3/\text{ч}$). При коэффициенте подачи $\lambda = 0,8$ с учетом наличия встречных потоков и загромождения сечения аппарата трубами средняя скорость одномерного потока составляет 0,1...0,3 м/с. При коэффициенте подачи $\lambda = 0,4$ значения скорости в два раза ниже. В соответствии с отечественной методикой проектирования скорость потока при $t_0 = -7^\circ\text{C}$ не должна превышать 0,4 м/с. С понижением температуры кипения и соответственно коэффициента подачи реальная скорость потока в отделителе жидкости уменьшается.

Эти же отделители жидкости при одинаковом диаметре обечайки различаются по диаметру патрубков. Скорость движения пара во всасывающих трубопроводах, кото-

рые расположены выше корпуса, не более 6 м/с, что ниже рекомендуемой (8...15 м/с на вертикальных участках) в практике отечественного проектирования.

В случае использования отделителей жидкости при более низких температурах кипения скорость пара во всасывающем трубопроводе еще меньше. В результате ухудшается возврат масла в компрессор.

Диаметры патрубков малых отделителей жидкости, имеющих равный объем, увеличиваются всего на 25 % при росте максимальной рекомендуемой холодопроизводительности вдвое. Нецелесообразно использовать один и тот же отделитель жидкости, если максимальная и минимальная холодопроизводительность различаются в 5 раз при одинаковых температурах кипения.

Между тем отделители жидкости фирмы HENRY EUROPE LIMITED, имеющие практически одинаковый геометрический объем, рекомендуются

для применения в диапазоне холодопроизводительности от 0,2 до 8 кВт при разных температурах кипения.

В малых и средних фреоновых холодильных установках отделитель жидкости одновременно выполняет функцию и защитного ресивера при оттаивании.

Объем вертикального защитного ресивера можно определить по известным методикам с помощью коэффициентов $K_1...K_6$:

- среднее заполнение воздухоохладителей при верхней подаче характеризуется коэффициентом $K_1 = 0,5$;
- количество стекающего из охлаждающих приборов хладагента $K_2 = 1$;
- вместимость коллекторов и трубопроводов $K_3 = 1,1$;
- остаточное заполнение ресивера $K_4 = 1,2$;
- допустимое заполнение ресивера $K_5 = 1,45$;
- запас $K_6 = 1,2$.

Например, отделитель жидкости S-7045 вместимостью примерно

1,7 л может обслуживать испарительную систему с воздухоохладителем, внутренний объем которого не превышает 1,5 л. По данным ASHRAE, это соответствует холодопроизводительности воздухоохладителя 1200 Вт.

Обобщая все изложенное выше, можно утверждать, что подбор отделителей жидкости по теоретической объемной производительности компрессора гарантирует защиту от влажного хода, но в случае использования отделителя жидкости в качестве вертикального защитного ресивера не предотвращает переполнения его хладагентом.

Необходимо гарантировать возврат масла в компрессор из отделителя жидкости, обеспечивая для этого достаточные скорости движения пара во всасывающем трубопроводе.

Следовательно, при подборе импортных отделителей жидкости нужно проверять их на соответствие отечественным требованиям по безопасности устройству охлаждающих систем.

ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

- Скороморозильные аппараты и туннели для заморозки пельменей, мясных полуфабрикатов, сосисок, филе рыбы, пиццы, птицы и овощных смесей
- Водоохлаждающие установки
- Холодильные склады и камеры
- Закалка мороженого



YELLOW JACKET (USA)
HV AC&R Service Tools

NEW!

Профессиональный инструмент для монтажа и обслуживания холодильной техники



КРИОТЕК

(095) 280-1446, 280-2351,
280-8833; (3912) 56-0938

129110, г. Москва, Каланчевская ул., 32/61;
Email: info@kriotek.ru www.kriotek.ru

Приглашаем региональных дилеров

СТЕП
группа компаний

**ЦЕНТРАЛЬНЫЕ
КОМПРЕССОРНЫЕ
СТАНЦИИ**

СПЛИТ-СИСТЕМЫ

Охладители жидкостей

Оборудование для быстрого замораживания
для быстрого охлаждения

**Холодильные и
морозильные
камеры**

проекты
"под ключ"

тел./факс: (095) 232-09-53, 232-21-53, 956-25-76
e-mail: stepgrp@online.ru; интернет-адрес: www.stepgroup.ru



Продукция, прошедшая сертификацию в НП «СЦ НАСТХОЛ» (рег. номер РОСС RU.0001.11.АЯ45) в августе–сентябре 2002 г.

Страна	Предприятие-изготовитель	Наименование продукции
Латвия	ОАО «Компрессорный завод», г. Краснодар	Установки компрессорные переносные
	ЗАО «Катайский насосный завод», г. Катайск	Агрегаты электронасосные центробежные секционные
	ОАО «Арматурно-фланцевый завод», пос. Горячий Ключ Омской обл.	Фланцы стальные. Задвижки клиновые с выдвижным шпинделем
Украина	ОАО «Сумское машиностроительное научно-производственное объединение им. М.В.Фрунзе, г. Сумы	Оборудование газоперекачивающее
Молдова	АО «Hidropompa», г. Кишинев	Электронасосы центробежные погружные
Польша	Leszezynska Fabryka Pomp Sp. z.o.o.	Насосы центробежные, вихревые
Словения	Danfoss Trata d.o.o.	Клапаны регулирующие

Н.В.ФАДЕКОВ

директор по проблемам сертификации

НОВЫЕ КНИГИ

СПРАВОЧНИК

«Оборудование, приборы и технические средства для сервисного обслуживания холодильных установок и систем кондиционирования воздуха».

Авторы: Б.С.Бабакин, В.А.Выгодин, В.Н.Кулагин

(Издательство «Узорочье», объем 267 с., тираж 2500 экз.)

Справочник содержит подробную информацию о принципах устройства и функционирования оборудования, приборов и технических средств (вакуумно-зарядных станций и цилиндров, вакуумных насосов, зарядных шлангов, манометрических коллекторов, вентилей, течеискателей всех типов, установок для сбора и рекуперации хладагента, измерительных приборов) для сервисного обслуживания холодильных установок и систем кондиционирования воздуха.

Приведены технические характеристики оборудования и приборов, правила обслуживания, возможные неисправности и порядок их устранения.

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

«Диагностика работы дросселирующих устройств малых холодильных установок»

Авторы: Б.С.Бабакин, В.А.Выгодин, В.Н.Кулагин и др.

(Издательство «Узорочье», объем 124 с., тираж 1500 экз.)

Рассмотрен принцип работы терморегулирующих вентилей, распределителей жидкости и капиллярных трубок. Приведены технические характеристики, методика подбора и расчета дросселирующих устройств, способы заправки термобаллонов и их монтажа. Даны подробный анализ неисправностей дросселирующих устройств и методы их устранения.

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

«Диагностика работы малых холодильных компрессоров»

Авторы: Б.С.Бабакин, В.А.Выгодин, В.Н.Кулагин

(Издательство «Узорочье», объем 201 с., тираж 1500 экз.)

Приведены классификация и характеристики малых холодильных компрессоров, методы регулирования их холодопроизводительности, особенности пуска, способы устранения влажного хода, влияние давления и дозы заправки хладагента на режим работы.

Рассмотрены причины снижения холодопроизводительности и мощности компрессоров, особенности эксплуатации системы смазки, износ и дефекты компрессоров. Приведен анализ неисправностей и даны практические рекомендации по их устранению.

В приложения включены технические характеристики компрессоров зарубежных фирм TECUMSEH EUROPE, MANEUROP, BITZER, COPELAND и др.

СПРАВОЧНИК

«Бытовые холодильники и морозильники»

Авторы: Б.С.Бабакин, В.А.Выгодин

(Издательство «Колос». Второе дополненное издание, объем 50 печ.л.)

• Изложены физические основы получения искусственного холода. Рассмотрены отечественные и зарубежные озонобезопасные хладагенты,

их эколого-энергетические показатели, холодильные масла, теплоизоляционные материалы, применяемые и предлагаемые к использованию в бытовой холодильной технике.

• Приведены технические характеристики компрессионных, абсорбционных и термоэлектрических бытовых холодильников и морозильников (более 250 типов), их классификация и параметрический ряд.

• Рассмотрены основные (компрессоры, испарители, конденсаторы, капиллярные трубки) и вспомогательные элементы холодильников и морозильников.

• Значительное место уделено зарубежной бытовой холодильной технике, показано ее положение на мировом и отечественном рынках.

• Рассмотрены техническая эксплуатация, дефектация, демонтаж, монтаж и ремонт современной бытовой холодильной техники.

• Описаны оборудование, приборы и средства для диагностики и ремонта бытовой холодильной техники.

Справочник предназначен для специалистов по обслуживанию и ремонту бытовой холодильной техники. Рекомендуется в качестве учебного пособия для студентов вузов соответствующих специальностей и может служить практическим пособием для широкого круга читателей.

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

«Спиральные компрессоры в холодильных системах».

Авторы Б.С.Бабакин, В.А.Выгодин, С.А.Плешанов

(Объем 15 п.л.)

В учебном пособии рассмотрено новое направление в компрессоростроении – спиральные компрессоры для малых и промышленных холодильных систем, применяемых в агропромышленном комплексе, торговом холодильном оборудовании, в системах кондиционирования воздуха и т.д.

Детально описаны конструктивные особенности спиральных компрессоров ведущих зарубежных (Copeland, Danfoss-Maneurop, Trane) и отечественных фирм-производителей.

Приведены основные возможные неисправности этих компрессоров (с иллюстрациями) и способы их обнаружения, изложены методы подбора и конструктивного расчета спиральных компрессоров.

Рассмотрены альтернативные хладагенты и холодильные масла для спиральных компрессоров.

Описаны технические средства, оборудование и приборы для монтажа и сервисного обслуживания холодильных установок со спиральным компрессором.

Учебное пособие предназначено для специалистов, занимающихся проектированием, монтажом и сервисным обслуживанием современных холодильных установок со спиральными компрессорами, а также для студентов вузов и техникумов, обучающихся по соответствующим специальностям.

По вопросам приобретения справочника обращаться по телефону (095) 207-35-72, 207-77-67, 277-03-43

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СИСТЕМ ХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ

Д-р **Х.П. ВЕСС**
Изоланте Сервис, Германия

ТОЛЩИНА ИЗОЛЯЦИИ

На практике часто наблюдается образование конденсата или наледи на коммуникациях низкотемпературных установок, но не всегда это происходит из-за плохого качества изоляционного материала. Основное назначение изоляционного материала — исключение теплопритоков и конденсации влаги на изолируемой поверхности. При этом необходимо, чтобы температура поверхности изоляции всегда была равна или выше температуры точки росы окружающего воздуха.

Для определения требуемой точной толщины изоляции следует знать следующие параметры:

- теплопроводность изоляционного материала при среднем значении температуры (половина суммы температур хладоносителя и окружающей среды);
- условия окружающей среды (максимальные температура и влажность воздуха во время работы системы);
- температуру хладоносителя;
- коэффициент теплоотдачи изоляции.

Однако одной из важнейших характеристик для расчета толщины изоляции является ее теплопроводность.

ДИФфуЗИЯ ВОДЯНОГО ПАРА

Другим важным фактором, который должен учитываться при выборе изоляционного материала для холодильных установок, является диффузия в него водяного пара. Влага, конденсирующаяся в порах изоляции, существенно увеличивает ее теплопроводность, так как теплопроводность воды в 25 раз, а льда в

100 раз выше, чем воздуха. Таким образом, «мокрая» изоляция перестает выполнять необходимые изоляционные функции.

Кроме того, следует опасаться коррозии металла изолируемых коммуникаций из-за проникновения в систему различных химических элементов, содержащихся в воздухе.

Для предотвращения этих негативных явлений существует два основных способа:

- устанавливать защитные непроницаемые кожухи на любой тип изоляции с открытыми порами. Однако при использовании таких кожухов нельзя быть уверенным в их полной герметичности;
- применять эластомерные изоляционные материалы с закрытой поровой структурой и μ -фактором, равным, как минимум, 3000 (μ -фактор представляет собой отношение влагонепроницаемости воздуха к влагонепроницаемости рассматриваемого материала).

Диффузию влаги можно свести к минимуму, только используя изоляционные материалы с высокой устойчивостью к ней. В этом случае отпадает необходимость в применении как дополнительного барьера для проникновения пара, так и дополнительных слоев изоляции.

Материалы с различными значениями μ -фактора сравнивают по так называемой «толщине эквивалентного слоя» S_d , т.е. толщине стационарного слоя воздуха, паропроницаемость которого равна паропроницаемости изоляционного материала заданной толщины при той же температуре. Только материалы с

равным значением S_d одинаково эффективны в качестве барьера для влаги.

Величину S_d определяют умножением фактора μ на толщину материала d :

$$S_d = \mu d.$$

Пример. Изоляционный материал А с μ -фактором, равным 8000, и толщиной 19 мм имеет толщину эквивалентного слоя $S_d = 8000 \cdot 0,019 = 152$ м. Изоляционный материал В с μ -фактором 3000 и такой же толщиной имеет $S_d = 3000 \cdot 0,019 = 57$ м.

Таким образом, материал В будет так же эффективен, как материал А, если для пара будет создан дополнительный барьер с эквивалентной толщиной 95 м. Этого можно достичь либо добавлением слоев изоляции, либо пароизоляционного слоя.

μ -Факторы для различных изоляционных материалов

Материал	μ -Фактор
Воздух	1
Полистирол	20 — 250
Полиуретан	30 — 100
Фенольные пенопласты	10 — 50
Вспененные полиэтилены	1000 — 7000
Вспененные эластомеры	1000 — 15000
Пеностекло	Практически бесконечно

Исследования показали, что коэффициент диффузии влаги не является постоянной величиной и снижается с понижением температуры. Иными словами, чем ниже температура, тем выше μ -фактор. Это означает, что внутри материала с пони-

нием температуры при приближении к изолируемому трубопроводу с холодной средой μ -фактор, а с ним и защита от влагонепроницаемости высококачественной изоляции будут увеличиваться.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДБОРУ ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Возникает вопрос: какой же изоляционный материал следует применять для холодильной установки? Это должны быть материалы, которые полностью исключают не только теплопритоки, но и конденсацию влаги на изолируемой поверхности.

В ряде случаев (в основном для специальных промышленных объектов) могут использоваться такие материалы, как полистирол или полиуретан, с применением дополнительных кожухов, защищающих от проникновения влаги из воздуха. При этом требуется

Рекомендации по выбору изоляционных материалов

Области применения

Криогенная техника (-196°C)

Холодильная техника и кондиционирование воздуха $-40 \dots 0^{\circ}\text{C}$

Холодная вода $\sim 12^{\circ}\text{C}$

Отопление

Изоляционный материал

Стекловолоконный подготовительный слой + вспененные эластомеры

Вспененные эластомеры

Вспененные эластомеры, полиэтилен, полиуретан с кожухом

Вспененные эластомеры, полиуретан, минерало- и стекловолоконные материалы

тщательный контроль за герметичностью кожухов.

Минерало- и стекловолоконные материалы могут применяться только в высокотемпературных системах, поскольку в этом случае они не впитывают влаги.

Однако лучше всего защищают от проникновения влаги вспененные эластомеры с закрытой поровой структурой.

В заключение необходим еще один комментарий. Выбор изоля-

ционных материалов определяется не только их физическими свойствами. Существуют также такие критерии, как, например, экологические и гигиенические требования, простота монтажа и пр. Если провести сравнение по всем параметрам, то наилучшими из изоляционных материалов окажутся именно вспененные эластомеры.

Woess H.P. Water vapour diffusion and cold line insulation – Principals and application practiced. VIB magazine Isolatie, NL, 9/1994


IZBAGROUP
 изоляционные материалы

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ K-FLEX
 для инженерных коммуникаций

- ❑ Компетентная техническая поддержка
- ❑ Теплотехнические расчеты
- ❑ Консультации проектным организациям
- ❑ Квалифицированная подготовка монтажников



ПОМОГАЕМ
 СОЗДАВАТЬ
СОВЕРШЕННЫЕ СИСТЕМЫ

тел. 105 7722
www.izbagroup.ru



Из Бюллетеня МИХ

КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА В БОЛЬШОМ СТАРИННОМ ЗДАНИИ СРЕДИЗЕМНОМОРСКОГО ГОРОДА

Создание системы кондиционирования воздуха в старинном здании требует большого воображения от проектировщиков, которые должны учитывать ограничения, налагаемые архитектурой. Авторы статьи рассматривают особенности Teatro Massimo в г. Палермо, критерии конструирования и причины, по которым они выбрали систему кондиционирования с использованием тепловых насосов с реверсивным циклом и аккумуляцией тепла.

L.Cassitto, TOFFOL C.De.//*Cond.Aria*, IT, 1999, 11 vol. 43, n.11; 1044–1050.
БМИХ, 2000, № 6, с. 49.

МАЛЫЕ ХОЛОДИЛЬНЫЕ АГРЕГАТЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ НА ХОЛОДИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

Холодильные агрегаты с приводом от шкива автомобиля используют для авто-рефрижераторов емкостью от 2 до 40 м³. Перспективы рынка таких автомобилей представляются заманчивыми.

В статье приведены технические характеристики агрегатов с приводом от шкива двигателя автомобиля.

A.Stumpf//*Rev. Prat.Froid Cond. Air*, FR., 1999, 12, n.876, 56–58.
БМИХ, 2000, № 6, с.54.

АММИАК КАК ХЛАДАГЕНТ

Эта книга — перевод на испанский язык издания МИХ «Аммиак как хладагент», 2-е издание, 1999 г. (См. Бюлл. МИХ, 1999, № 3275).

Выдержки из содержания:

- Общие положения (исторический экскурс, основы охлаждения, экономические аспекты, производство и использование аммиака, экологические аспекты).

- Аммиак как хладагент: сравнение с R22, R134a, R404A (критерии, определяющие выбор хладагента; основные свойства, поведение в цикле, особые условия: использование аммиака в тепловых насосах; другие практические аспекты).

- Воздействие аммиака (утечки и пожароопасность, влияние на пищевые продукты, патология, медицинские аспекты воздействия).

- Создание аммиачных установок (общая планировка; материалы и конструкция; обучение персонала; условия и режимы работы; масла, устройство установки и температурные уровни; системы охлаждения промежуточным хладоносителем).

- Стандарты и меры безопасности (необходимость мер безопасности, предохранительные клапаны, системы защиты, индивидуальная защита, стандарты и нормативные документы).

- Перспективы (новые установки, энергетическая эффективность существующих установок).

Книга включает также энтальпийную диаграмму (формат 64×45 см).

M.Lamua, F.J.Cuesta//A.Madrid Vicente Ediciones, ES, 2000, 169 pp.
БМИХ, 2000, № 6, с. 57.

ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ, ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РАЗВИТИЯ ХОЛОДИЛЬНОЙ ЦЕПИ

Труды серии «Холодильная наука и технология» содержат 94 доклада (5 из которых на французском языке) конференции МИХ, проведенной в Софии (Болгария) 23–26 сентября 1998 г. Тематика докладов:

Альтернативные хладагенты, системы охлаждения и тепловые насосы.

Природные рабочие вещества, эффективность и оптимизация.

Теплопередача при охлаждении пищевых продуктов.

Новые системы для холодильной обработки пищевых продуктов.

Новые и усовершенствованные методы обработки и хранения.

Срок годности пищевых продуктов, безопасность и качество.

Холодильная цепь: анализ, оборудование и контроль.

IIR, 177, boulevard Malesherbes, 75017 Paris, FR, 2000/1998.09.23–26, 1998–6, 701 p.

БМИХ, 2000, № 6, с. 58.

ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО КОМПРЕССОРОСТРОЕНИЮ В г. ПАРДЬЮ (США) В 2000 г.

Труды содержат 138 докладов 15-й конференции, проведенной МИХ и Национальным комитетом США в университете в г.Пардью 25–28 июля 2000 г. Включены также два дополнительных доклада, сделанных на конференции в 1998 г.

Основные темы:

Поршневые компрессоры.

Центробежные и другие турбокомпрессоры.

Компрессоры с катящимся поршнем и ротационные пластинчатые компрессоры.

Смазка, подшипники, уплотнения, новые хладагенты.

Клапаны.

Компрессоры для автомобильных кондиционеров и другие компрессоры.

Оптимизация и моделирование.

Борьба с шумом, вибрацией, пульсацией газа.

Спиральные компрессоры.

Другие типы компрессоров, области применения.

Винтовые компрессоры.

W.Soodel. Ray W.Herrick Laboratories, School of Mechanical Engineering, Purdue University, West Lafayette, IN 47907–1077, US., 2000.07.25–28, vol.; 1072 pp.

БМИХ, 2000, № 6, с. 59.

ХОЛОДИЛЬНЫЕ КАМЕРЫ И ТУННЕЛЬНЫЕ СКОРОМОРОЗИЛЬНЫЕ АППАРАТЫ

(Книга на испанском языке)

В книге приведена практическая информация, касающаяся всех способов холодильной обработки пищевых продуктов в холодильных камерах и туннельных скороморозильных аппаратах.

Выдержки из содержания:

теплоизоляция: виды и характеристики изоляционных материалов;

теплопередача: способы теплопередачи и расчет коэффициента теплопередачи;

расчет изоляции холодильных установок;

нормативные документы и стандарты изоляции;

сооружение холодильных камер.

MORENO P. Melgarejo. A. Madrid Vicente Ediciones, Madrid, ES. URL: ES., 2000, 516 pp.

БМИХ, 2000, № 6, с. 61–62.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХОЛОДИЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ЗАМЕНИТЕЛЕМ R12

Анализируется влияние заменителей R12 на энергетическую эффективность систем и на глобальное потепление, выражаемые значениями холодильного коэффициента и полного эквивалента глобального потепления (TEWI). Экспериментальные исследования проводили с хладагентами R134a, R401A, R409A, R22 и смесью R134a/R12. Сравнение с R12 показало, что использование R134a, R401A и R409A позволяет повысить холодильный коэффициент и значительно снизить парниковый эффект по сравнению с R12.

V. Havelsky//Appl. therm. Eng., GB., 2002.02, vol. 20, № 2, 133–140.

БМИХ, 2001, № 1, с. 67–68.

ТЕПЛООТДАЧА ПРИ КИПЕНИИ ХЛАДАГЕНТОВ В ЗАТОПЛЕННЫХ ИСПАРИТЕЛЯХ

Дан обзор характеристик теплоотдачи при кипении на трубах в кожухотрубных затопленных испарителях. Рассмотрено более 80 работ. Особое внимание уделено теоретическому прогнозированию коэффициентов теплоотдачи при кипении на единичных трубах и пучках труб. Показаны преимущества и недостатки таких методов. Исторически затопленные испарители проектировали, исходя из данных по пленочному кипению на единичных трубах, что неточно из-за существенного влияния поднимающихся пузырьков пара в рядах труб. Применение моделей кипения

с принудительной конвекцией требует дальнейшего исследования.

M. W. Browne, P. K. Bansal//Appl. therm. Eng., GB, 1999.06, vol. 19, № 6, 565–594.

БМИХ, 2001, № 1, с. 70.

РАСШИРЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АММИАКА

Аммиак всегда занимал ведущее положение как хладагент для больших холодильных систем, используемых в пищевой и других отраслях промышленности. После временной утраты позиций аммиака сейчас можно наблюдать его уверенное возвращение в связи с тем, что возникла необходимость прекратить использование R22. Некоторые ведущие пищевые компании предпочитают использовать только аммиак в своих новых холодильных установках и для осуществления ретрофита действующих.

P. de Larminat//ASHRAE J., US, 2000.03, vol. 42, № 3, 45–30.

БМИХ, 2001, № 1, с. 68.

ТЕПЛООТДАЧА ПРИ КОНДЕНСАЦИИ ХЛАДАГЕНТОВ НА ПУЧКАХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ТРУБ

Приведен обзор данных по теплоотдаче в кожухотрубных конденсаторах, в частности при конденсации стекающего вниз пара на пучке труб. Определено влияние геометрии поверхности и ее покрытия конденсатором и др. В литературе имеются математические модели для определения коэффициентов теплоотдачи при конденсации на единичных трубах. Однако необходимо разработать также модели для различных вариантов поверхностей трубы и работы их в пучке.

M. W. Browne, P. K. Bansal//Appl. therm. Eng., GB., 1999.06, vol. 19, № 6, 565–594.

БМИХ, 2001, № 1, с. 70.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИПЕНИЯ ХЛАДАГЕНТОВ, АЛЬТЕРНАТИВНЫХ R22, В КОЖУХОТРУБНЫХ ИСПАРИТЕЛЯХ

Для замены R22 рекомендуются смеси R404A, R407C, R410A и R507, а также чистые хладагенты — R134a, аммиак, пропан и пропилен.

В статье приведены результаты расчетов теплопередачи при кипении этих хладагентов в широком диапазоне температур в затопленных испарителях и испарителях непосредственного охлаждения. Для определения лучшего заменителя R22 дано сравнение эффективности теплоотдачи для обоих типов испарителей.

S. Bonekamp//KI Luft Kältetechnik, DE, 2000.05, № 5, 218–221.

БМИХ, 2001, № 1, с. 69.

ИСПЫТАНИЯ КАПИЛЛЯРНЫХ ТРУБОК

Описан экспериментальный стенд, на котором изучали влияние длины и диаметра капиллярной трубки, перепада давления и типа хладагента, а также давления конденсации на массовый поток через трубки.

Эксперименты проводили на хладагентах R12, R134a и R600a. Испытывали 8 различных капиллярных трубок. Получены аналитические расчетные зависимости для определения массовых расходов различных хладагентов, хорошо совпадающие с данными опытов.

C. Melo, R. T. S. Ferreira, NETO C. Boabaid et al.//Appl. therm. Eng., GB., 1999.06,

vol. 19, № 6, 669–684.

БМИХ, 2001, № 1, с. 71.

КАМЕРЬ ШОКОВОЙ ЗАМОРОЗКИ

мороженого
пельменей
полуфабрикатов

РЕМХОЛОД

т. (3822) 658395 ф. 658404
http://www.remholid.comsk.ru
e-mail: rus@rustsk.ru

СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА, ВЕНТИЛЯЦИИ И ОТОПЛЕНИЯ

ТЕРМОИНЖЕНИРИНГ

Учебный центр

ООО «Группа компаний «Термоинженеринг»

Лицензия Московского Комитета образования № 010196

Предлагает программы краткосрочного обучения и повышения квалификации специалистов в области проектирования, монтажа, сервиса систем кондиционирования воздуха, вентиляции и отопления. Стоимость обучения – 320 у.е. за один курс. Гибкая система скидок!

Заявки на обучение принимаются по тел. (095) 956-07-48, факсу (095) 777-69-76, e-mail: office@thermo.ru

Применение систем холодоснабжения с льдоаккумуляторами

Во всем мире, в том числе и в России, в последние годы резко обострилась конкурентная борьба на рынке сбыта продукции. Поэтому необходимо быть в курсе всех наиболее интересных инженерных решений, способствующих как повышению качества продукта, так и снижению его себестоимости, и по возможности использовать их в своем бизнесе.

Богатая традициями пивоварня в немецком городе Циттау не так давно была оснащена новой холодильной установкой с использованием самых современных льдоаккумуляторов. Для того чтобы показать все преимущества таких установок и заинтересовать аналогичными схемами российских специалистов, работающих в этой отрасли, редакция журнала решила рассказать о них своим читателям более подробно.

На пивоварне небольшого немецкого городка Циттау, издавна славящейся высококачественным пивом, начали готовить пиво по новой, стремительно распространяющейся по всем европейским странам технологии быстрого созревания. По этой технологии небольшие пивоваренные установки должны располагаться рядом с крупными потребителями пива – пивными залами, ресторанами, поскольку сваренное в них пиво должно быстро доходить до конечного потребителя. Одним из самых главных требований этой прогрессивной технологии является охлаждение свежего пива ниже 0°C , что и обеспечивает высокое качество продукта. Это особенно важно для г. Циттау, поскольку рядом находится Чешская Республика, традиционно экспортирующая свое пиво по всей Германии.

Этим пивоваренным предприятием был объявлен тендер, в ходе которого рассмат-

ривались разные схемы и варианты комплектации холодильных установок, в том числе и с применением льдоаккумуляторов различных фирм. В результате обсуждения было принято решение использовать водоохлаждающую установку с панельными льдоаккумуляторами.

Конструктивно такой льдоаккумулятор представляет собой теплоизолированный бак прямоугольной формы из нержавеющей стали, в котором располагается панельный теплообменник, также выполненный из нержавеющей стали. Набирая необходимое количество панелей, получают требуемую производительность льдоаккумулятора. В качестве теплоизоляции для металлических баков обычно используют вспененный пенополиуретан толщиной 80...100 мм. В пластиковых баках американских льдоаккумуляторов толщина пенополиуретановой теплоизоляции составляет обычно 50 мм.

Расчеты показали, что для пивоварни в г. Циттау требуется изготовить льдоаккумулятор из 11 панелей размером 2,5 м x 1,5 м, которые затем собирают в единый блок с площадью поверхности теплообмена 85 м². Полная емкость льдоаккумулятора

составляет около 650 кВт·ч. Необходимая для работы пивоварни аккумулирующая емкость должна быть не менее 500 кВт·ч, остальная часть емкости является резервом для непредвиденных обстоятельств, например, для обеспечения пивоварни холодом во время кратковременного ремонта холодильной установки.

Аммиачная холодильная установка для приготовления льда в льдоаккумуляторе была изготовлена на базе поршневого шестицилиндрового открытого компрессора Bitzer холодопроизводительностью примерно 55 кВт (при температуре кипения -10°C).

Относительно новым в системе холодоснабжения этой пивоварни является не только использование льдоаккумулятора затопленного типа с минимальным объемом хладагента в панелях, из которого выходит хладагент с температурой $-5...-6^{\circ}\text{C}$, но и применение аммиака в качестве хладагента в холодильной установке пивоварни, расположенной в жилом квартале. Наличие отделителя жидкости во всасывающей магистрали компрессора позволило полностью исключить попадание жидкого аммиака в компрессор. Более того, популярный в городе пивной зал, принадлежащий этому предприятию, находится в одном здании с технологическим и холодильным оборудованием.

Для уменьшения потерь холода резервуары с пивом располагают обычно рядом с льдоаккумуляторами.

На рис. 1 показано бродильное отделение



Рис. 1. Бродильное отделение пивоварни в г. Циттау с льдоаккумуляторами

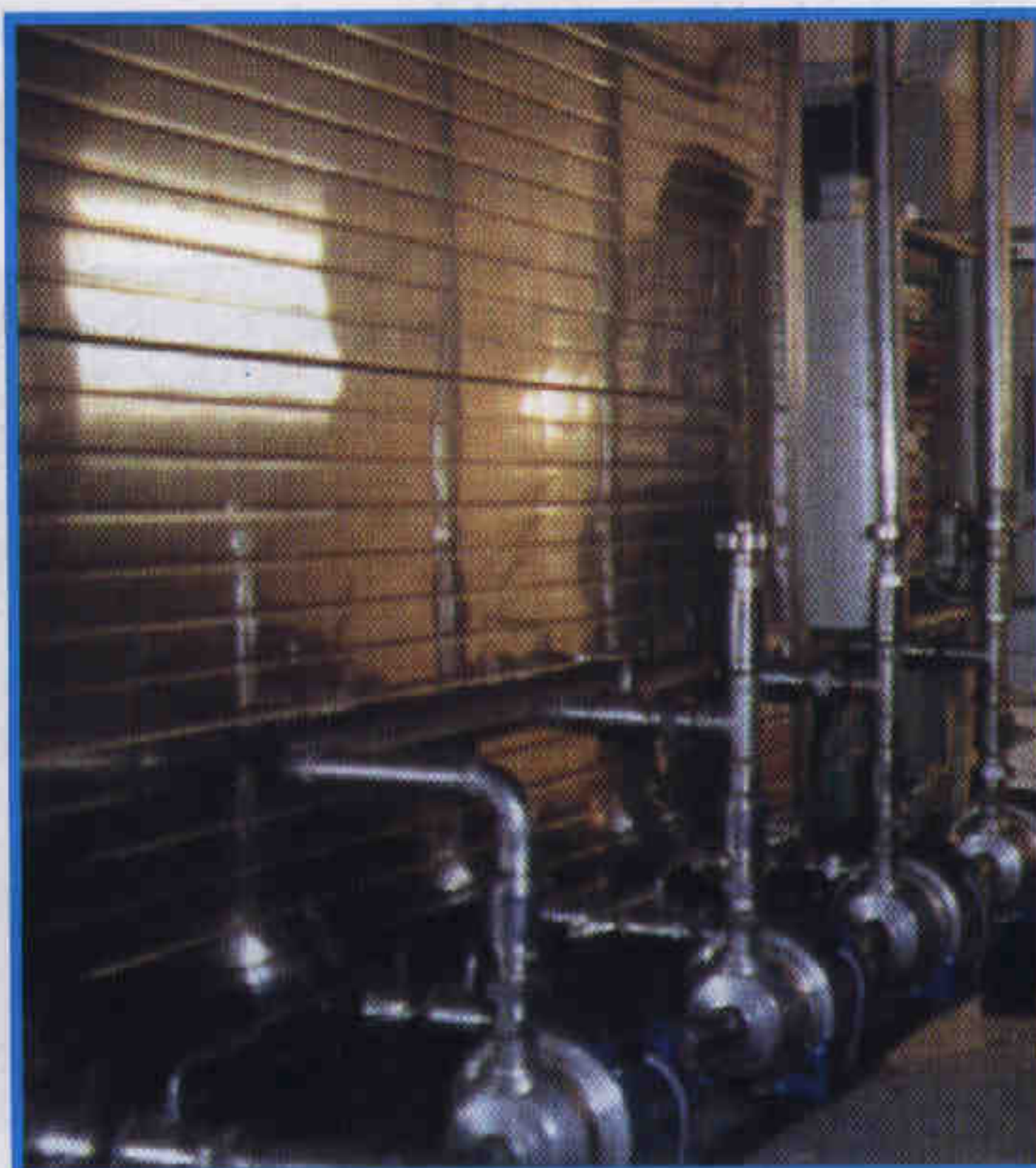


Рис. 2. Распределительная насосная станция

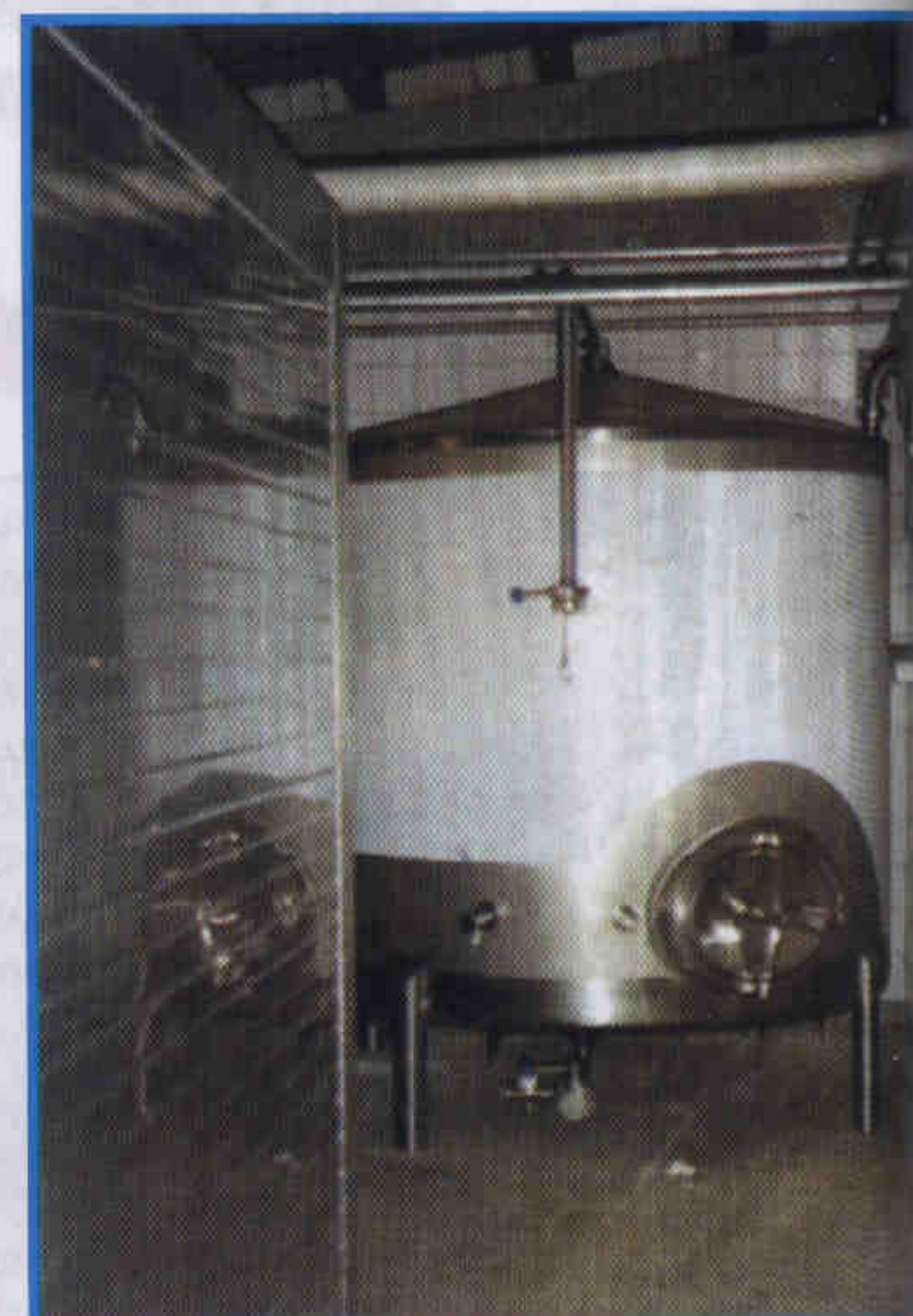


Рис. 3. Резервуар фирмы Whirlpool для охлаждения пива

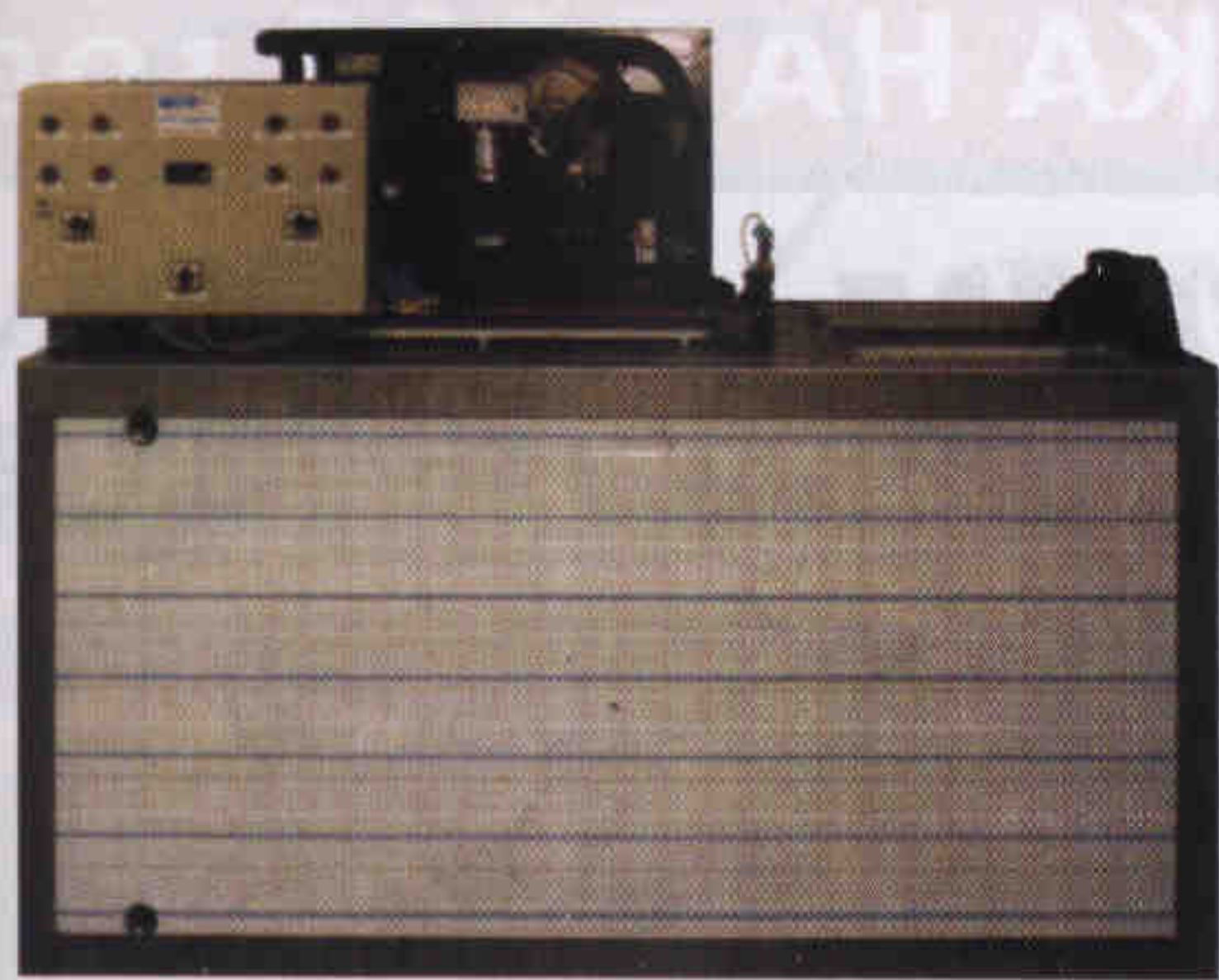


Рис. 4. Льдоаккумулятор типа 60-ICE-O-MATIK пивоваренных установок малой производительности с трубчатым испарительным теплообменником

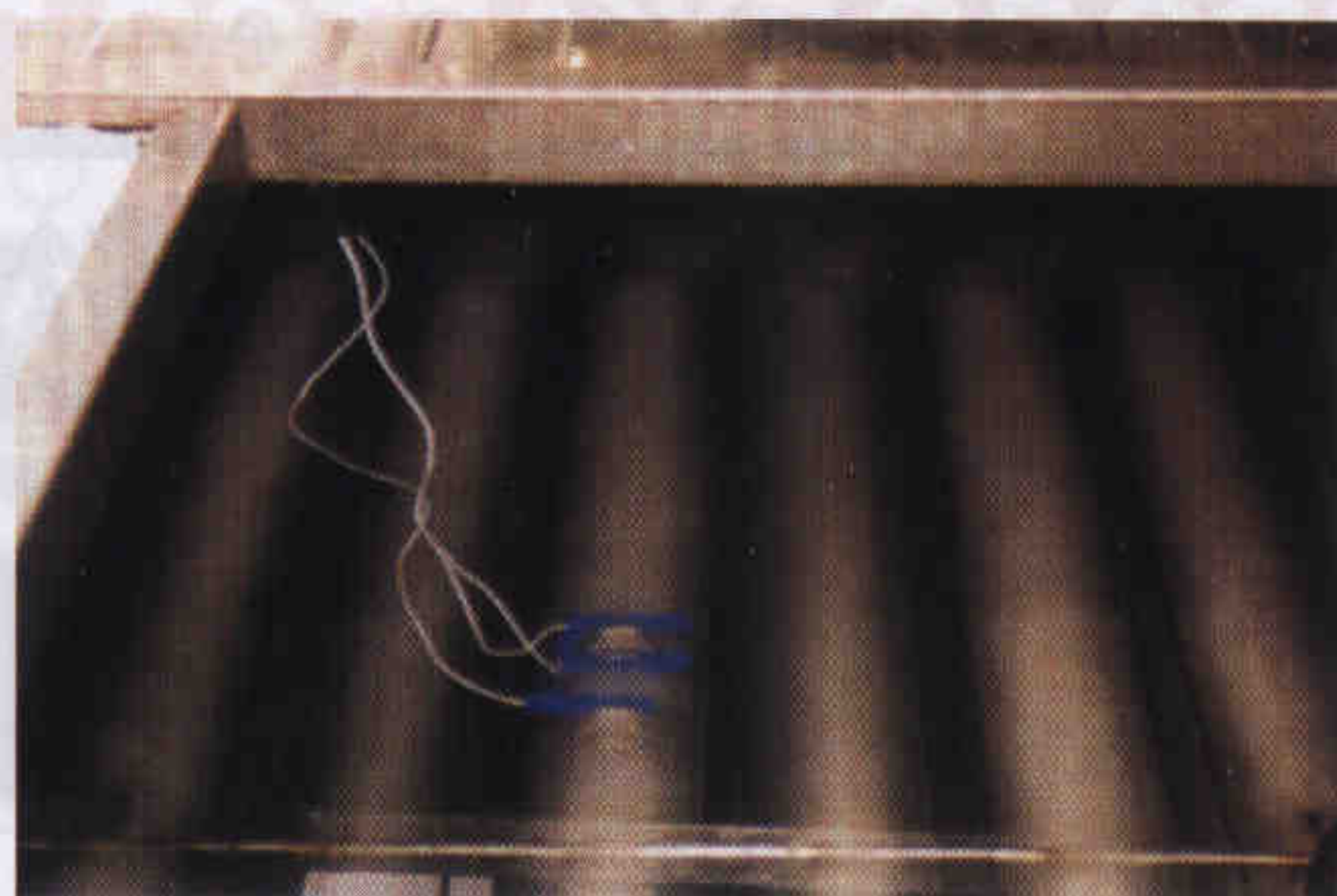


Рис. 5. Трубчатый испарительный теплообменник после намораживания льда

Основные технические характеристики импортных льдоаккумуляторов с теплообменной поверхностью в виде трубок (на примере фирмы VRITHERM)

Аккумулирующая емкость, кВт·ч	Количество намораживаемого льда, кг	Габаритные размеры, м (ширина×длина×высота)	Масса, т	
			нетто	брутто
105	1125	0,8х2,2х2,16	0,9	3,4
280	3000	1,5х2,2х2,5	1,6	7,5
465	5000	2,5х2,2х2,5	2,4	12,4
744	8000	3,8х2,2х2,5	3,5	19,0
1116	12000	5,7х2,2х2,55	5,2	28,8
1500	16000	7,5х2,2х2,55	6,7	37,7
2230	24000	11,2х2,2х2,65	10,1	56,5

Основные технические характеристики импортных льдоаккумуляторов с теплообменной поверхностью в виде пластин

Аккумулирующая емкость, кВт·ч	Количество намораживаемого льда, кг	Габаритные размеры, м (ширина×длина×высота)	Масса, т	
			нетто	брутто
110	1185	0,9х2,0х1,6	1,2	4,8
260	2795	1,9х2,0х1,6	1,8	8,0
300	3225	2,3х2,0х1,6	2,0	9,5
400	4300	2,9х2,0х1,6	2,5	13,8
500	5340	3,7х2,0х1,6	2,8	15,0
600	6450	4,4х2,0х1,6	3,2	18,5
700	7525	4,8х2,0х1,6	4,0	23,5

механических мешалок с электрическим приводом мощностью 1...2 кВт или пропусканием через воду воздушных пузырей, образующихся при подаче снизу в бак сжатого воздуха от компрессора через перфорированный трубопровод, уложенный по дну льдоаккумулятора.

Одно из ноу-хау фирмы – конструкция пластинчатых аккумуляторов, выполненных из пластин, в которых геометрия каналов для хладагента (или гликоля) выполняется, исходя из требуемых заказчиком условий. Такой подход позволяет всегда гарантировать оптимальное с точки зрения энергетической эффективности значение коэффициентов теплоотдачи, а также минимизировать объем хладагента в льдоаккумуляторе.

На рис. 4 показан внешний вид льдоаккумулятора типа 60-ICE-O-MATIK, предназначенного в основном для пивоваренных установок при пивных залах и ресторанах.

Такой аккумулятор обладает емкостью 60 кВт·ч, в нем можно заморозить 650 кг

льда. Размеры аккумулятора составляют 2000 х 1000 х 1500 мм, отгрузочная масса – около 800 кг, а после заправки водой – 2100 кг.

На рис. 5. изображен испарительный теплообменник после намораживания заданного количества льда.

Наглядное представление о зарубежных аккумуляторах холода дают табл. 1 и 2, где приведены основные технические характеристики двух типов льдоаккумуляторов – с трубчатой теплообменной поверхностью и пластинчатых. Эти данные необходимы как для сравнения зарубежного оборудования с отечественными аналогами, так и для того, чтобы правильно оценить все плюсы и минусы этой энергосберегающей техники.

В стандартном исполнении баки льдоаккумуляторов выполняют из нержавеющей стали и изолируют пенополиуретановой теплоизоляцией толщиной около 80 мм.

Канд. техн. наук **К.А. КОПТЕЛОВ**

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА «МОТОР ШОУ - 2002»



С 21 по 25 августа 2002 г. в выставочном комплексе ЗАО «Экспоцентр» на Красной Пресне проходила 7-я Московская международная автомобильная выставка «MIMS-2002» при поддержке Министерства промышленности, науки и технологии РФ, Правительства Москвы и содействии ЗАО «Экспоцентр». Организаторы выставки – ОАО «Автосельхозмаш-холдинг» и ITE Group PLC (Лондон).

В выставке принимали участие предприятия автомобильной промышленности и коммерческие фирмы из РФ, стран ближнего и дальнего зарубежья. Экспонентами были свыше 750 участников, в том числе 280 иностранных фирм из 25 стран мира. По масштабам это вторая из наиболее крупных в России автомобильных выставок. Более представительные Российские автосалоны по полной тематике (легковые плюс коммерческие автомобили) проводятся раз в 2 года. Поскольку доля продаж новых иномарок на российском рынке не превышает 3%, для зарубежных фирм ежегодное участие в автомобильных выставках становится экономически нецелесообразным. Поэтому продукцию ведущих мировых производителей автомобилей на «МОТОР ШОУ» демонстрировали в основном российские дилеры.

На выставке были представлены легковые и грузовые автомобили, автобусы и фургоны, комплектующие изделия и принадлежности (в том числе для автомобильных кондиционеров воздуха), запчасти, аксессуары, масла и сервисное оборудование, необходимые для нормального функционирования автомобильного рынка. Холодильная техника присутствовала в составе автобусов, легковых и грузовых автомобилей.

Кондиционеры воздуха становятся желательными компонентами на легковых автомобилях и обязательной принадлежностью на туристических и междугородных автобусах. На мини-автобусах и в среднем классе (ЗИЛ-3250-12, ПАЗ-4230-01К, HYUNDAI) используют компактные надкрышные кондиционеры. Такие агрегаты предлагала немецкая фирма WEBASTO. На больших междугородных европейских моделях автобусов (MERCEDES, KAROSA, SCANIA, SETRA) для достижения максимального комфорта предусмотрено индивидуальное регулирование подачи воздуха для каждого пассажира. Поворотные сопла по типу самолетных установлены в спинках стоящих впереди кресел. Компрессор кондиционера приводится от силового двигателя или автономного дизель-генератора.

Туристические автобусы оборудуют и автомобильными холодильниками различных конструкций и разной вместимости. При объемах до 30 л чаще используют термоэлектрические холодильники с режимами охлаждения и подогрева. На автобусе SCANIA холодильник имеет вид ларя (наилучшие условия для сохранения холода) с двумя крышками, имеющими прозрачные окна, через которые хорошо просматривается содержимое холодильника.

Российские автобусы при наличии предварительного заказа могут оснащаться зарубежными кондиционерами. При ограниченных объемах производства заводам выгоднее закупать импортное оборудование, чем изготавливать собственное.

Специальный сервисный центр «АЛЬКОР» предлагал разработку и профессиональную установку кондиционеров на все модели легковых автомобилей российского производства. При установке кондиционера на стандартную «Волгу» необходимо заменить сложную панель управления и произвести значительные конструктивные переделки, поскольку это не было предусмотрено при проектировании автомобиля. Установить кондиционер на автобус и обеспечить современные требования по комфорту можно, если только в конструкции кузова будут предусмотрены соответствующие решения.

Компания «Вектор АВТО-РУС», представляющая интересы турецкой фирмы, предлагала разработку, изготовление и монтаж кондиционеров на все виды автомобильной техники.

Необходимость кондиционирования воздуха в российском городском автобусе оспаривали около половины экспонентов. У кондиционера для легкового автомобиля сторонников значительно больше. Отсутствие отечественных автомобильных кондиционеров является следствием низкой платежеспособности российского покупателя. Большинство организаций городского транспорта остаются убыточными и в состоянии покупать только самые дешевые автобусы с минимальным оснащением.

Завод автомобильных прицепов и кузовов «МАЗ-Купава» предлагал термокузова с холодильно-обогревательным обо-



Рис. 1. Автобус ПАЗ-4230-01К «Аврора» для междугородних и туристических маршрутов с надкрышным кондиционером



Рис. 2. Рефрижератор ЗИЛ-Купава



Рис. 3. Автомагазин Купава КТ-310-60



Рис. 4. Торговый прицеп Купава-813370

дованием фирмы Thermo King, автомагазины и торговые прицепы с холодильными установками из комплектующих отечественного производства, в том числе компрессоров бытовых холодильников.

В.В. ПИСКУНОВ