

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-
ИНФОРМАЦИОННЫЙ

Издается с января 1912

Выходил под названиями:

1912 – 1917 – "ХОЛОДИЛЫ"

1923 – 1924 – "Холодильно"

1925 – 1936 – "ХОЛОДИЛЬ"

1937 – 1940 – "Холодильна"

с 1941 – "ХОЛОДИЛЬ"

Учредитель –

Издательство «Холодиль

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ

Минпромнауки России
Международной академии холода

Главный редактор
Л.Д.Акимов

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

Ответственный секретарь

Е.В.Плуталова

Дизайн и компьютерная верстка

Т.А.Миансарова

Компьютерный набор Н.В.Гераскина

Корректор Т.Т.Талдыкина

Ответственность за достоверность
рекламы несут рекламодатели.
Рукописи не возвращаются.

Адрес редакции:

107996, ГСП-6, Москва,

ул. Садовая-Спаская, д. 18

Телефоны: (095) 207-5314, 207-2396

Тел./факс: (095) 975-3638

E-mail: holodteh@ropnet.ru

http://www.holodteh.ru

Подписано в печать 23.01.2003.

Формат 60x88¹/₈. Офсетная печать.

Усл. печ. л. 6,0.

Отпечатано в ООО «РЭМОКС»



© Холодильная техника, 2003

Холодильная Техника

Kholodilnaya Tekhnika

IN ISSUE:

Концепция долгосрочного развития в области искусственного охлаждения	2	A concept of sustainable development in the field of artificial refrigeration	✓
ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ Кокорин О. Я., Левин И. Е. Энергетические и экономические преимущества объединения автономных источников теплоснабжения зданий с источниками холодоснабжения систем кондиционирования воздуха	6	PROBLEMS OF ENERGY SAVING Kokorin O.Ya., Levin I.E. Energy and economic advantages of combination of self-contained sources of heat supply of buildings with the sources of refrigeration supply of air conditioning systems	
НАУКА И ТЕХНИКА Живица В. И. Устройства для ввода жидкого аммиака в охладители с термопрессором	10	SCIENCE AND TECHNIQUE Zhivitsa V.I. Device for introduction of liquid ammonia into coolers with a thermopressor	
Баранник В.П., Маринюк Б.Т., Овчаренко В.С., Афонский В. П. Хладоносители нового поколения	14	Barannik V.P., Marinyuk B.T., Ovcharenko V.S., Afonsky V.P. Cooling media of new generation	
Лаптев Ю.А., Цветков О.Б. Теплопроводность хладагента R401B. Эксперимент и обобщение	16	Laptev Yu. A., Tsvetkov O.B. Heat conductivity of the refrigerant R401B. Experiment and generalization	
ГЕА ГРАССО Новая разработка «Грассо» – система экономайзера для двухступенчатого сжатия	19	GEA GRASSO New development of Grasso – a system of economizer for two-stage compression	
Грязнов Б.Т., Зинкин А.Н., Мамонова М.В., Прудников В.В., Стасенко В.П. Перспективные технологические методы повышения ресурса машин микрокриогенной техники	20	Gryaznov B.T., Zinkin A.N., Mamonova M.V., Prudnikov V.V., Stasenko V.P. Promising technological methods for increasing the overhaul period of machines of microcryogenic equipment	
Фикийн К.А., Фикийн А.Г. Быстрое замораживание пищевых продуктов посредством гидрофлюидизации и перекачиваемых ледяных суспензий	22	Fikiin K.A., Fikiin A.G. Quick freezing of foods by hydrofluidization method and pumpable ice suspension	
КОМПАНИЯ «ИЗБА» Ухов Б.С. Теплоизоляция для холодильных систем и систем кондиционирования воздуха	26	IZBA COMPANY Uhov B.S. Thermoinsulation for refrigerating and air conditioning systems	
АЛЬФА ЛАВАЛЬ Григорьев С.К. Новое техническое пособие от компании Альфа Лаваль	28	ALFALAVAL Grigoryev S.K. New technical handbook from AlfaLaval	
СЕРТИФИКАЦИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ Сапожников В.Б. Технический комитет по стандартизации № 271 «Установки холодильные» при Госстандарте России	30	CERTIFICATION AND STANDARDIZATION Sapozhnikov V.B. Technical committee on standardization № 271 "Refrigerating installations" within the Gosstandard of Russia	
Продукция, прошедшая сертификацию в НП «СЦ Настхол» в декабре 2002 г. – январе 2003 г. и получившая разрешение Госгортехнадзора России на право применения во взрывопожароопасных производствах	31	Products having passed certification at NP "STs Nasthol" in December 2002 – January 2003 and having obtained the permit of Gosgortekhnadzor of Russia for the right to be used in explosion-fire-hazard production processes	
ДЛЯ ПРАКТИКОВ Шишов В.В., Фурсов Е. В. Многокомпрессорные холодильные агрегаты. Проблемы распределения масла	32	ASSISTANCE TO PRACTICAL WORKER Shishov V.V., Fursov E.V. Multi-compressor refrigerating units. Problems of oil distribution	
ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ! Николаю Валентиновичу Романовскому 70 лет	35	CONGRATULATIONS ON JUBILEE! Nicolay Valentinovich Romanovsky is 70 years old	
ПРЕЗЕНТАЦИЯ Знакомьтесь: новая Ассоциация «Зимний спорт»	35	PRESENTATION Be acquainted: new Association "Zimny sport"	
В МЕЖДУНАРОДНОЙ АКАДЕМИИ ХОЛОДА Конкурсный прием в члены Международной академии холода	36	AT INTERNATIONAL ACADEMY OF REFRIGERATION Enrollment into the membership of International Academy of refrigeration on a competition basis	
ЗАРУБЕЖНЫЕ НОВОСТИ Коптелов К.А. Холодильные установки супермаркетов на природных хладагентах	37	FOREIGN NEWS Koptelov K.A. Refrigerating installations on natural refrigerants in supermarkets	
В МЕЖДУНАРОДНОМ ИНСТИТУТЕ ХОЛОДА Из Бюллетеня МИХ	40	AT INTERNATIONAL INSTITUTE OF REFRIGERATION From Bulletin of IIR	
Владимир Константинович Лемешко	41	Vladimir Constantinovich Lemeschko	

НАУКОВА БИБЛИОТЕКА
И. О. Гмирьова

Концепция долгосрочного искусственного



Мировое сообщество под эгидой Организации Объединенных Наций (ООН) проводит в жизнь Концепцию долгосрочного развития, определяемого как "развитие, отвечающее потребностям настоящего, без нанесения ущерба удовлетворению нужд последующих поколений".

Всемирный саммит по проблемам долгосрочного развития прошел в Йоханнесбурге с 26 августа по 4 сентября 2002 г. Это было событие поистине глобального масштаба – самая большая из когда-либо организованных ООН конференций, собравшая более 70 000 участников. На саммите присутствовали главы почти 100 государств.

Международный институт холода (МИХ) по заказу Программы ООН по охране окружающей среды (United Nations Environment Programme – UNEP) специально для этой конференции составил доклад о холодильной отрасли в свете Концепции долгосрочного развития. Такие доклады были представлены еще по 21 направлению деятельности человека, включая металлургию, химию, нефтегазовый сектор, пищевую промышленность и др., а также транспорт, строительство, энергетику, информационные технологии и т.п.

Доклад МИХ на 80 страницах содержит анализ достижений и проблем в холодильной отрасли в перспективе долговременного развития. Он подготовлен 32 экспертами из 15 стран пяти континентов, представляющими такие организации, как МИХ, AREA, ASHRAE, UNEP, IEA/HPC. Координацию работ осуществляли представители МИХ Y.L. Dupont, S. Phalippou и F. Billard.

Доклад делится на 3 части.

В первой части рассмотрена роль искусственного холода в современном мире с точки зрения социальных, экономических и экологических аспектов.

Во второй части отражены принятые в последние годы усилия, направленные на осуществление Концепции долгосрочного развития в области искусственного охлаждения, в том числе на борьбу с разрушением озонового слоя и глобальным потеплением.

В третьей части представлены проблемы и задачи, которые необходимо решить в ближайшем будущем в холодильном секторе, в пер-

вую очередь это сокращение разрыва между индустриально развитыми и развивающимися странами.

Роль искусственного холода в современном мире

В социальной сфере индустриально развитых стран можно выделить следующие аспекты:

- создание рабочих мест в промышленности, торговле, сервисных службах;
- улучшение здоровья людей благодаря улучшению качества продуктов (холод препятствует их порче), а также криомедицины;
- создание комфортных условий жизни и трудовой деятельности благодаря системам кондиционирования воздуха;

для развивающихся стран особенно важны:

- уменьшение смертности и заболеваемости в результате вакцинации населения с помощью криоконсервированных вакцин. Так, в 2000 г. число случаев заболевания полиомиелитом снизилось на 99 % по сравнению с 1988 г. (3500 и 350000 случаев соответственно);
- снабжение качественными про-

дуктами питания, активизация международной торговли;

- предупреждение пищевых отравлений, вызываемых патогенными микроорганизмами.

В экономической сфере значимость холодильного сектора демонстрируют следующие цифры: сегодня в мире насчитывается от 700 млн до 1 млрд бытовых холодильников и 240 млн кондиционеров. Объем холодильных складов составляет 300 млн м³. Общий объем годовых продаж холодильного оборудования равен 200 млрд долл. США (2000 г.), что составляет около 1/3 объема продаж в автомобильной промышленности.

Однако в этой сфере разрыв между индустриально развитыми и развивающимися странами особенно очевиден. Так, только 33 % произведенных в 1995 г. бытовых холодильников были проданы в развивающихся странах, где сосредоточено 80 % населения планеты.

С точки зрения **экологии** негативное влияние холодильной техники на окружающую среду состоит в выбросах озоноразрушающих хладагентов и влиянии холодильных установок на глобальное потепление.

Последнее в основном (на 80 %) определяется не прямой эмиссией CO₂, выделяющегося при производстве (и потреблении) энергии, необходимой для работы холодильной техники. Кроме того, на глобальное потепление влияют эмиссия SO₂, оксиды азота и других веществ, выделяющихся при производстве компонентов холодильных установок и при разложении хладагентов, масел и самого оборудования.

Концепция долгосрочного развития в области искусственного охлаждения

Наиболее значимым достижением в этом русле стала реализация требований Монреальского протокола по озоноразрушающим веществам.

развития в области охлаждения

К концу 90-х годов полностью завершен переход на озонобезопасные хладагенты нового холодильного оборудования.

В индустриально развитых странах ведутся работы по уменьшению потребления энергии на всех стадиях жизненного цикла оборудования. Основой этого процесса стали отработка процедур контроля на базе стандартов и обучение персонала с соответствующей аттестацией.

Другое важное направление – снижение эмиссии озоноразрушающих и парниковых газов – также опирается на контроль на протяжении всего жизненного цикла оборудования. Результатом стало уменьшение доли этих хладагентов в общей эмиссии парниковых газов.

Значительным прорывом в решении экологических проблем стали переход на новые хладагенты (HFC) и природные вещества (NH_3 , CO_2 , углеводороды), а также альтернативные парокомпрессионному способы получения холода, так называемые NIK (not-in-kind) технологии. Среди них абсорбционные холодильные машины, солнцеексплуатирующие холодильные установки, воздушные холодильные машины, машины на базе цикла Стирлинга, термоэлектрические холодильные установки и др.

В области использования холода в пищевой промышленности все большее значение придается созданию регулируемых сред для хранения продуктов, контролю и управлению при их прохождении от производителя к потребителю, мерам, предотвращающим загрязнение продуктов.

В кондиционировании воздуха преимущественное внимание уделяется качеству воздуха в помещении и его влиянию на здоровье и работоспособность людей, управлению температурно-влажностными режимами. Энергоэффективность

выходит на первый план в инженерном оборудовании зданий, вызывая появление таких разработок, как «низкотемпературное отопление» и «высокотемпературное охлаждение».

В развивающихся странах за последние 10 лет были предприняты позитивные шаги к решению проблемы разрушения озонового слоя. Финансовые и технические ресурсы, полученные через многосторонний Фонд Монреальского протокола, были использованы на внедрение в развивающихся странах озонобезопасных технологий. Из 1,3 млрд долл. США, выделенных Фондом на сегодняшний день, около 60 % вложены в холодильный сектор.

Во многих странах были приняты планы холодильного менеджмента, включающие диагностическую часть и образовательные программы для технического персонала и потребителей хладагентов. Эта работа велась совместно со всемирной сетью МИХ и представителями Озоновой программы UNEP. Однако в современных условиях расширение использования холода в развивающихся странах сдерживается следующими факторами:

- недоступностью обучения технического персонала для всех;
- неудовлетворительным обслуживанием установок, вызывающим значительные утечки хладагента и поломки оборудования;
- малочисленностью и разбросанностью установок регенерации и уничтожения хладагентов.

Проблемы и задачи

В последующие годы в рамках Концепции долгосрочного развития в холодильном секторе необходимо будет решить ряд проблем.

Для индустриально развитых стран специалисты прогнозируют доминирующие позиции парокомпрессионных холодильных машин на следующие 20 лет. Проблема состо-

ит в том, чтобы сделать их энергоэффективными, экологичными, надежными, экономичными и безопасными для потребления. Исходя из этого, конкретные задачи на грядущие 20 лет (начиная с 2000 г.) можно сформулировать следующим образом:

- снижение потребления энергии на 30–50 %;
- уменьшение в два раза утечек хладагентов;
- улучшение на 30–50 % показателя LCCP (характеризующего влияние оборудования на окружающую среду в течение всего его жизненного цикла);
- сокращение количества заправляемого хладагента на 30–50 %.

Однако ставить количественные задачи имеет смысл, только если определены и выверены исходные данные, от которых ведется отсчет. При этом необходимо учесть, например, что по прогнозу к 2010 г. эмиссия хладагентов от автомобильных кондиционеров в Европе составит 50 % общей эмиссии хладагентов. Чтобы снизить эмиссию CO_2 , необходимо серьезно задуматься над способами уменьшения потребления горючего, связанного с кондиционерами. Это будет одной из самых больших проблем в будущем.

Тепловые насосы служат действенным средством снижения эмиссии CO_2 . Их использование может приблизительно на 6 % уменьшить общую эмиссию CO_2 , составляющую сейчас 22000 Мт/год. С учетом совершенствования технологий теплоснабжения в будущем это снижение эмиссии диоксида углерода может достигнуть 16 %.

В докладе рассмотрены также другие способы охлаждения, кроме парокомпрессионного, которые без сомнения призваны сыграть серьезную роль в Концепции долгосрочного развития.

► Системы абсорбционного и адсорбционного охлаждения, работающие на разных видах топлива, способные обеспечить холодом как промышленные, так и торговые объекты без нагрузки на электросеть, еще недостаточно мощную для развивающихся стран и без вложения больших средств, которыми они не располагают. Кондиционирование воздуха на базе крупных чиллеров сегодня самая распространенная область применения абсорбционных машин.

► Холодильные установки на солнечной энергии, которые могут стать приоритетным направлением в снабжении холодом развивающихся стран.

► Технология охлаждения осушителями, содержащая широкий спектр систем охлаждения, осушения и вентиляции, позволяющих контролировать качество среды внутри помещений торгового и промышленного секторов. Здесь необходимо решить множество технических и производственных проблем.

► Одновременное производство электричества, тепла и холода (trigeneration), обуславливающее огромные преимущества в энергетическом плане, что дает возможность полностью или частично использовать для нужд охлаждения теплоту, образующуюся при получении электроэнергии. Применение усовершенствованных абсорбционных систем с улучшенными характеристиками значительно повысит эффективность этого способа.

► Криогеника, позволяющая получать температуры ниже 120 K ($-150\text{ }^{\circ}\text{C}$) вплоть до 4,2 K, которая открывает путь к решению широкого круга проблем, вписывающихся в Концепцию долгосрочного развития. Сверхпроводимость – одна из наиболее обещающих областей применения криогеники. Криомедицина и входящая в нее криохирurgia вносят и будут вносить значительный вклад в Концепцию долгосрочного развития.

► Многие другие технологии, например воздушные холодильные циклы и цикл Стирлинга, как и термоэлектрическое охлаждение, также имеющие перспективное будущее.

Для развивающихся стран опре-

делены следующие приоритетные области деятельности:

- снижение потерь после сбора урожая: скоропортящиеся пищевые продукты составляют 31 % общего объема пищевых продуктов, потребляемых в развивающихся странах. В этих регионах мира с жарким климатом только 1/5 скоропортящихся продуктов подвергается охлаждению, что ведет к значительным потерям после сбора урожая, убоя скота, дойки, затем при транспортировке и, наконец, в процессе продажи. Охлаждение – один из наиболее эффективных способов уменьшения этих потерь, но при этом необходимо решить экономические проблемы;

- развитие единой холодильной цепи: обеспечить качество и безопасность пищевых продуктов для 5 млрд жителей развивающихся стран путем внедрения эффективной холодильной цепи – одна из главных задач, которую необходимо решить в будущем;

- предоставление развивающимся странам технологий, «ноу-хау» и информации, включая стандарты и программы сертификации, которыми располагают индустриально развитые страны;

- усиление организационной структуры: важно определить министерство, которое будет вырабатывать политику в области холода на национальном уровне. Профессиональные организации и ассоциации играют незаменимую роль в объединении заинтересованных участников. С другой стороны, необходимы нейтральные организации на национальном уровне, которые будут авторитетны среди специалистов и признаны правительством. Межведомственная и межпрофессиональная организация, такая, как Национальный совет по холоду, может сыграть основную роль в составлении планов учета существующего оборудования и программы долгосрочного развития для холодильного сектора страны;

- сбор данных: точно оценить нужды развивающихся стран – главный предварительный этап, позволяющий облегчить составление программ и сфокусировать действия в различных областях, относящихся к структуре, технологии и обучению.

В индустриально развитых странах, как и в развивающихся, обуче-

ние является базой прогресса на всех стадиях использования холодильной техники: конструирование, монтаж, эксплуатация и обслуживание.

В заключение основные проблемы, которые необходимо разрешить в области производства и использования искусственного холода, можно кратко суммировать следующим образом.

Индустриально развитые страны

- оценить влияние холодильных систем на окружающую среду с помощью LCCP, стандартизовав его подсчет, и внедрять это понятие на холодильниках;

- разрабатывать оборудование, имеющее минимально возможную холодопроизводительность, уделяя особое внимание изоляции, которая должна быть эффективной;

- помнить, что первейшая задача холодильной техники – сделать возможным потребление пищевых продуктов высокого качества или обеспечить улучшение качества воздуха в помещении;

- уделять особое внимание хорошему обслуживанию, что позволит снизить утечки и улучшить энергетическую эффективность;

- собирать, регенерировать, повторно применять или уничтожать в соответствии со стандартизованными процедурами хладагенты, масла и другие составляющие, используемые в холодильных установках;

- постоянно повышать энергетическую эффективность;

- шире использовать возможности теплонасосных технологий с применением возобновляемых источников энергии или бросового тепла для снижения энергопотребления.

Развивающиеся страны

- сделать искусственный холод доступным для развивающихся стран, особенно наименее развитых, для хранения пищевых продуктов и кондиционирования воздуха;

- учитывать, что развивающиеся страны имеют те же права на холодильные технологии, что и развитые страны;

- используя достижения современных технологий, перейти на экологичное, технологическое и эффективное оборудование;

- не продавать по низкой цене в развивающиеся страны устаревшие, энергоемкие технологии, загрязняющие окружающую среду.

Энергетические и экономические преимущества объединения автономных источников теплоснабжения зданий с источниками холодоснабжения систем кондиционирования воздуха

Доктор техн. наук, проф. **О.Я. КОКОРИН**,
МГСУ

И.Е. ЛЕВИН,
фирма «ТрейнТехнолоджиз»

The energy and economic advantages of uniting the self-contained sources of heat supply of buildings with the sources of refrigeration supply of air-conditioning systems (SKV) are shown in the article. The example of calculation of annual expenditures for refrigeration supply of SKV from vapour-compression refrigerating machine and from absorption lithium bromide machine, working on waste heat has been considered.

За последние годы расширилось применение децентрализованных источников теплоснабжения как отдельных зданий, так и группы зданий различного назначения [1, 5]. Для нагрева воды в местных и групповых источниках теплоснабжения используют эффективные котлы на газовом топливе. Высокая степень автоматизации работы газовых котлов позволяет обеспечить их безопасность и минимизировать участие людей в эксплуатации, в том числе при необходимости изменения режимов [1].

Характерный пример современного автономного источника теплоснабжения – показанная на фото газовая крышная котельная мощностью 10 МВт, сооруженная в первом высотном здании комплекса «Москва-Сити» [1]. На нужды отопления, вентиляции и функционирования систем кондиционирования воздуха (СКВ) в холодный период года в этом здании в расчетном режиме по параметрам Б [4] затрачивается 8 МВт теплоты. На нужды горячего водоснабжения в течение года расходуется только 2 МВт теплоты. Поэтому в теплый период года часть мощности крышной котельной, составляющая 8 МВт, не используется.

Как показывают натурные наблюдения и расчеты, в жаркие дни июня – июля в Москве температура наружного воздуха превосходит расчетные параметры Б [4] и достигает $t_n = 32...34$ °С. В помещениях современных административно-общественных зданий находится достаточно много служебного оборудования,



Высотное административно-общественное здание в комплексе «Москва-Сити» с газовой крышной котельной на техническом этаже.

потребляющего электроэнергию, которая переходит в теплоту. Значительные внутренние тепловыделения и высокая температура наружного воздуха создают условия для формирования в помещениях дискомфортных для людей параметров микроклимата.

Характерно, что в административно-общественных зданиях, проекты которых не предусматривали применения СКВ, для охлаждения помещений широко применяют автономные кондиционеры оконного типа или монтируемые по раздельной схеме (сплит-системы). Пример массовой установки оконных кондиционеров в построенном здании – институт «Гидропроект», расположенный на развилке Ленинградского и Волоколамского шоссе в Москве. В новых жилых зданиях повышенной этажности постройки последних лет массовым явлением становится последующая установка жильцами автономных кондиционеров по раздельной схеме. Смонтированные на наружных стенах компрессорно-конденсаторные блоки искажают архитектурный облик здания, а из-за возможности падения они представляют собой источник потенциальной опасности для людей.

Обязательным условием энергосбережения и снижения оплачиваемой стоимости теплоты на нужды отопления и вентиляции всех видов зданий становится применение организованной приточно-вытяжной вентиляции с утилизацией теплоты вытяжного воздуха на нагрев санитарной нормы приточного наружного воздуха [4]. Вместо стихийного применения дорогих и энергоемких средств охлаждения воздуха в уже построенных зданиях энергетически, экономически и эстетически рационально предусматривать средства охлаждения помещений в проектах зданий. Системы кондиционирования воздуха выполняют все функции круглогодичного обеспечения комфортных для людей параметров воздуха в помещениях. Одной из дорогих и энергозатратных составляющих СКВ (по капитальным и эксплуатационным затратам) является источник получения холода для охлаждения приточного воздуха и служебного оборудования.

Наиболее распространены СКВ с источниками получения холода на базе парокомпрессионных холодильных машин. Энергетический показатель систем холодоснабжения с помощью таких машин СКВ имеет среднее значение $\eta_{х.ком.СКВ}$, равное 2,4 кВт холода на 1 кВт электроэнергии.

Наметившаяся тенденция к расширению применения автономного теплоснабжения зданий создает возможности для более энергетически и экономически целесообразного решения вопроса об обеспечении холодом СКВ в зданиях различного назначения путем использования теплоты от местных автономных источников.

В первом высотном здании комплекса «Москва-Сити» с мощной газовой крышной котельной для обеспечения холодом СКВ сооружена холодильная станция на базе парокомпрессионных холодильных машин. Более рационально было бы для получения холода использовать часть вырабатываемой крышной котельной теплоты в количестве 8000 кВт, которая не расходуется в теплое время года. Это можно сделать с помощью абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машин.

Фирма «Трейн» является одним из мировых лидеров в создании энергетически эффективных и надежных в работе абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машин. Долголетний опыт конструирования, исследования и эксплуатационного обслуживания позволил фирме создать современные энергоэкономичные и надежные в работе такие машины номинальной холодопроизводительностью от 390 до 6000 кВт [3].

По результатам работы бромисто-литиевых холодильных машин типа ABSC фирмы «Трейн» на горячей воде (110/80 °С) в торговом центре «Три Кита» в Московской области [2, 3] энергетический показатель холодоснабжения СКВ $\eta_{х.абс.СКВ} = 7,6$ кВт/кВт.

Располагая летом свободной тепловой мощностью 8000 кВт от газовой крышной котельной высотного здания «Москва-Сити», можно получить в абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машинах фирмы «Трейн», 5000 кВт·ч холода. При этом расход электроэнергии составит $5000/7,6 = 658$ кВт·ч.

Известно, что при сжигании в современных котлах 1 м³ газа вырабатывается 7 кВт теплоты. При стоимости 1 м³ газа 0,7 руб. стоимость теплоты составит $0,7/7 = 0,1$ руб/кВт. Электроэнергия в дневные часы, когда требуется холод для СКВ в административных зданиях, стоит 1,45 руб/(кВт·ч). Тогда для выработки 5000 кВт·ч холода в абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машинах фирмы «Трейн» стоимость электроэнергии

$$C_{х.абс.СКВ} = 8000 \cdot 0,1 + 658 \cdot 1,45 = 1754 \text{ руб/ч.}$$

В традиционной схеме холодоснабжения на базе парокомпрессионных холодильных машин, принятой в высотном здании, для выработки 5000 кВт·ч холода потребуется электроэнергия в количестве $5000/2,4 = 2083$ кВт·ч. В этом случае стоимость затраченной электроэнергии составит

$$2083 \cdot 1,45 = 3020 \text{ руб}$$

В климате Москвы холодильные машины в составе СКВ работают около 1600 ч/год при среднем потреблении холода, равном 0,65 их номинальной холодопроизводительности.

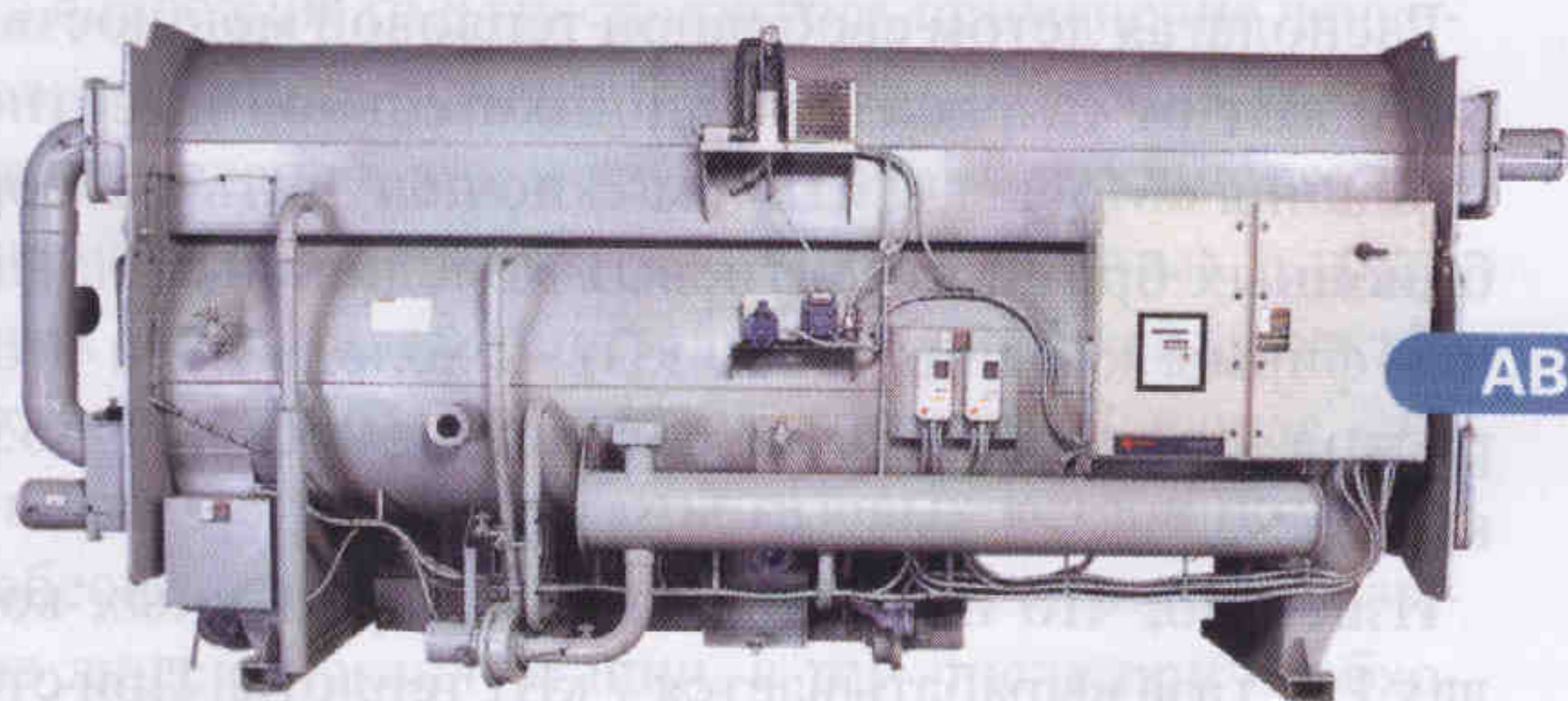
Вычислим годовые затраты на холодоснабжение



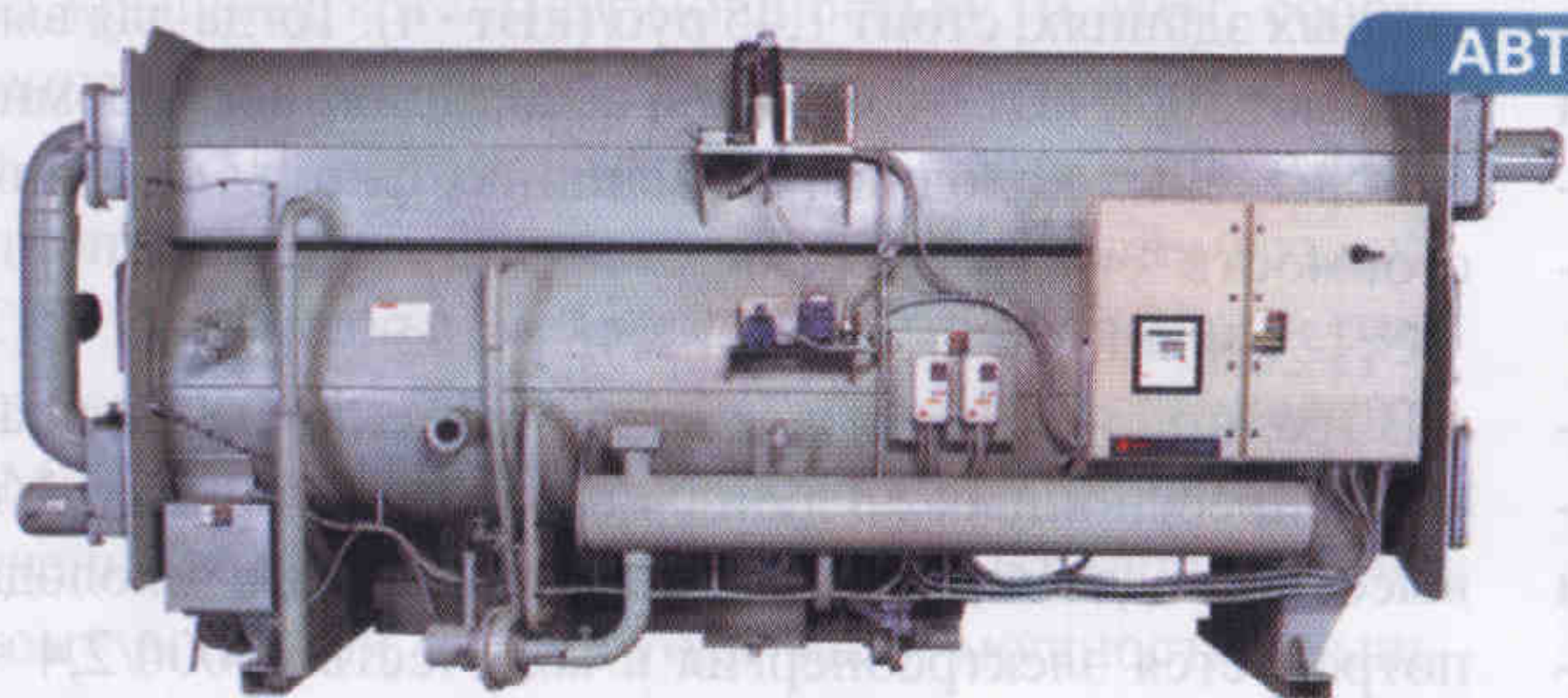
TRANE®



Абсорбционная одноступенчатая холодильная машина (400...1630 кВт)



Абсорбционная одноступенчатая холодильная машина (2000...4800 кВт)
Система Horizon™



Абсорбционная двухступенчатая холодильная машина (1300...6000 кВт)
Система Horizon™

Россия, 105821, Москва, Окружной проезд, 15
Тел.: (095) 742-00-09, 913-87-36, 365-06-41, 365-20-63
Факс: (095) 365-44-69
e-mail: yak@trane.fr www.trane.ru

СКВ от абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машин фирмы «Трейн»:

расход теплоты

$$\sum Q_{\text{т.абс}} = 8000 \cdot 1600 \cdot 0,65 = 8320000 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год};$$

стоимость теплоты

$$\sum C_{\text{абс.}} = 8320000 \cdot 0,1 = 832000 \text{ руб/год};$$

расход электроэнергии

$$\sum N_{\text{абс.СКВ}} = 658 \cdot 1600 \cdot 0,65 = 684320 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год};$$

стоимость электроэнергии

$$\sum C_{N_{\text{абс.СКВ}}} = 684320 \cdot 1,45 = 992264 \text{ руб/год};$$

суммарная годовая стоимость энергии, затраченной на выработку холода для СКВ:

$$\sum \sum C_{\text{х.абс.СКВ}} = \sum C_{\text{т.абс.}} + \sum C_{N_{\text{абс.СКВ}}} = 832000 + 992264 = 1824264 \text{ руб/год}.$$

В традиционной СКВ с холодоснабжением от парокомпрессионных холодильных машин годовые затраты составляют:

расход электроэнергии

$$\sum N_{\text{х.ком.СКВ}} = 2083 \cdot 1600 \cdot 0,65 = 2166320 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год};$$

стоимость затраченной электроэнергии

$$\sum C_{N_{\text{х.ком.СКВ}}} = 2166320 \cdot 1,45 = 3141164 \text{ руб/год}.$$

Годовая экономия оплаты за энергию при использовании теплоты газовой крышной котельной для работы абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машин фирмы «Трейн» по сравнению с традиционным холодоснабжением от парокомпрессионных холодильных машин

$$\Delta \sum C_{\text{х.СКВ}} = \sum C_{N_{\text{х.ком.СКВ}}} - \sum \sum C_{\text{х.абс.СКВ}} = 3141164 - 1824264 = 1316900 \text{ руб/год}.$$

Большое значение для сооружения системы электроснабжения здания имеет снижение подводимой к нему электрической мощности от центральных систем электроснабжения. Для СКВ с холодоснабжением от абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машин фирмы «Трейн» снижение расхода электроэнергии по сравнению с традиционным решением (применение парокомпрессионных холодильных машин) составляет

$$\Delta N_{\text{х.СКВ}} = N_{\text{х.ком.СКВ}} - N_{\text{х.абс.СКВ}} = 2083 - 658 = 1425 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Такое снижение подводимой электрической мощности позволит значительно сократить затраты на электрические кабели, трансформаторную подстанцию и другое оборудование. Сокращение затрат на энергооборудование будет сопос-

тавимо с повышением стоимости абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машин по сравнению с парокомпрессионными холодильными машинами одинаковой номинальной холодопроизводительности.

Применение абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машин фирмы «Трейн» обеспечивает по сравнению с парокомпрессионными холодильными машинами следующие дополнительные преимущества.

► Максимально упрощаются эксплуатационное обслуживание и визуальный контроль [2]. Не требуется масла для смазки движущихся частей. Вакуум-насосы и насосы для циркуляции рабочего раствора смазываются и охлаждаются дистиллированной водой. Летучим компонентом рабочего вещества является вода, которая при нарушении герметичности системы и испарении не может нанести вреда окружающей среде.

► Отсутствуют дорогостоящие механизмы, содержащие пары трения, что снижает стоимость монтажа и обслуживания, увеличивает срок службы оборудования, который превышает 50 лет.

Система автоматического контроля абсорбционных холодильных машин фирмы «Трейн» предусматривает:

- контроль температуры охлажденной воды, что позволяет изменять холодопроизводительность холодильных машин в соответствии с потребностями СКВ в холоде;
- предотвращение замерзания охлаждаемой воды в испарителе холодильной машины и предохранение абсорбера от кристаллизации бромистого лития, обеспечивающие безопасность и надежность работы;
- применение насосов с электронным регулированием частоты вращения рабочих колес, что сокращает до 60 % годовой расход электроэнергии в режимах суточного и годового изменения потребности воздухоохладителей в СКВ в холоде.

В России имеется опыт успешного использования абсорбционных холодильных машин фирмы «Трейн» в СКВ крупных зданий. Так, например, в Московской области в торговом комплексе «Три Кита» осуществлено строительство автономной теплоэлектростанции (АТЭС) на газовом топливе [3]. От сгорания газа в двигателях внутреннего сгорания обеспечивается вращение генератора, вырабатывающего электроэнергию в количестве 5800 кВт, необходимом для функционирования торгового комплекса. Система жидкостного охлаждения двигателей внутреннего сгорания, циркулирующего масла и отходящих дымовых газов позволяет получать теплоту в количестве 5900 кВт в виде горячей воды (110 °С), которая зимой используется на нужды отопления и горячего водоснабжения. Тради-

ционно в летние дни горячая вода системы охлаждения двигателя сбрасывается в атмосферу через градирню. Так как торговый комплекс нуждается в летнем охлаждении помещений, то для повышения энергетической эффективности работы АТЭС было принято решение применить две абсорбционные холодильные машины, работающие на сбросной теплоте от системы охлаждения двигателя и дымовых газов [2]. В результате затраты электроэнергии на выработку 1 кВт·ч холода составили 0,1315 кВт·ч. Энергетический показатель холодоснабжения СКВ от работы абсорбционных холодильных машин на сбросной теплоте возрастает до $\eta_{х. абс СКВ} = 1/0,1315 = 7,6$ кВт холода на 1 кВт электроэнергии.

В зарубежной практике в административно-общественных зданиях значительных размеров широко применяют АТЭС на газовом топливе в сочетании с абсорбционными холодильными машинами. При этом оборудование АТЭС располагается на крыше. Абсорбционные холодильные машины могут быть размещены на нижних этажах и присоединены к трубопроводам, по которым зимой горячая вода поступает в системы отопления и вентиляции здания.

Строительство высотных зданий в комплексе «Москва-Сити» и других районах Москвы, а также в других регионах страны продолжается. Поэтому излагаемые в статье энергоэффективные и экономичные решения по комплексному энерго-, тепло- и холодоснабжению зданий могут оказаться полезными инвесторам и проектантам. Авторы готовы оказать необходимую консультативную помощь в реализации предлагаемых энергоэффективных методов функционирования зданий различного назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большаков М.Г. Крышные и подвальные котельные // АВОК. 2000. № 2.
2. Кокорин О.Я., Кронфельд Я.Г., Левин И.Е. Применение абсорбционных холодильных машин в системах кондиционирования воздуха // Холодильная техника. 2001. № 7.
3. Системы кондиционирования воздуха, отопления и вентиляции с энергоснабжением от собственного источника / О.Я. Кокорин, В.В. Комиссаров, Я.Г. Кронфельд, С.Р. Безуматов // Холодильная техника. 2001. № 8.
4. СНиП 2.04.05—91*. Отопление, вентиляция и кондиционирование. ТУП ЦПП, 1998.
5. Шарипов А.Я. Энергоэффективные и энергосберегающие технологии в системе теплоснабжения жилого района Куркино г. Москвы // Энергосбережение. 2001. № 5.

Устройства для ввода жидкого аммиака в охладители с термопрессором

Канд. техн. наук **В.И. ЖИВИЦА**
Одесская государственная академия
холода

В зависимости от назначения охладителя с термопрессором в холодильной установке к устройству для впрыска жидкого аммиака предъявляются следующие требования:

- обеспечение подачи необходимого количества жидкого аммиака для полного промежуточного или конечного охлаждения либо для неполного охлаждения нагнетаемой масляно-аммиачной смеси после винтового компрессора. При фиксированной геометрии устройства это требование должно выполняться для всех условий эксплуатации, в том числе для минимального перепада давлений;
- получение достаточно однородного мелкого распыла с целью интенсификации процесса испарения образовавшихся капель;
- максимальное снижение энергетических потерь при смешении охлаждающего и охлаждаемого потоков;
- достижение управляемости, высокой надежности, простоты конструкции и низкой стоимости устройства.

Эффективность всех контактных охладителей определяется динамикой процесса испарения охлаждающей жидкости. Особенно важна быстрота испарения для промежуточных охладителей с термопрессором в аммиачных холодильных установках, так как из-за опасности влажного хода или гидравлического удара совершенно недопустимо попадание жидкого хладагента во всасывающую линию и в полость сжатия компрессора.

Опыт эксплуатации подобных аппаратов в теплоэнергетике позволяет выделить два взаимосвязанных существенных требования, выполнение которых обеспечивает высокоинтенсивное испарение впрыскиваемых капель: достижение капельно-взвешенного режима течения потока в трубопроводе и качественного распыла испаряющейся охлаждающей жидкости,

при котором образуются капли минимального диаметра.

Для диспергирования жидкостей применяют устройства различных типов [1,3,4,10]. Поскольку при подаче (дресселировании) жидкого аммиака высокого давления в канал с меньшим давлением реализуется фазовый переход (адиабатное вскипание жидкого аммиака), представляется целесообразным использовать имеющиеся данные по расчету распыливающих устройств, разработанных для подобных условий [3,6,10].

В работах [5,6,8] даны теория, результаты экспериментальных исследований и примеры практической реализации принципа дискретно-импульсного ввода и трансформации энергии в теплотехнологиях. Подход, методы и результаты исследования адиабатно вскипающих потоков, приведенные в этих работах, с успехом могут быть применены и в холодильной технике. Анализ показывает, что в аммиачных холодильных установках выполняются необходимые и достаточные условия для реализации названного принципа при охлаждении потоков пара.

Для организации истечения вскипающих потоков воды в теплоэнергетике широко используются сопла Лаваля [1,4,5], струйные и центробежные форсунки [10]. Опыт эксплуатации термопрессоров в качестве промежуточных охладителей аммиачных холодильных установок [7,9] свидетельствует о возможности применения аналогичных устройств для подачи и распыла жидкого аммиака. При

этом необходимо выполнить некоторые дополнительные условия:

- подавать жидкость с возможно большей относительной скоростью;
- свести к минимуму количество образующегося балластного пара.

Выполнение первого условия позволяет наиболее эффективно осуществить тепломассообменные процессы, а второго — рационально использовать жидкий аммиак высокого давления.

Применение для распыла жидкого аммиака сопел Лаваля способствует в значительной мере выполнению названных условий, поскольку процессы расширения в них протекают наиболее близко к адиабатным. Для определения геометрических характеристик впрыскивающего устройства можно применить известную формулу для бескризисных течений

$$G = \mu \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{2\rho \cdot \Delta p}, \quad (1)$$

где G — массовый расход жидкости; μ — гидравлический коэффициент расхода;

D — диаметр впрыскивающего устройства;

ρ — плотность жидкости;

Δp — разность давлений до и после устройства.

При этом следует учесть, как изменяются необходимый расход жидкого аммиака, его плотность и перепад давлений в зависимости от режима работы установки. Значения коэффициента μ должны отражать характер поведения адиабатно вскипающего потока, в том числе с учетом явления заклинивания канала.

Искомой величиной является диаметр впрыскивающего устройства D , который даже для наихудших условий работы установки должен обеспечивать необходимый расход жидкого аммиака. Изменение этого расхода при изменении температурного режима установки достигается регулятором, например соответствующим по производительности аммиачным терморегулирующим вентилем без калиброванного отверстия (дросселирующей дюзы) на выходе. Регулятор устанавливается после фильтра до впрыскивающего устройства. Падение давления в регуляторе в этом случае незначительно — не выше 10 % от давления до него. Как показывают расчеты по балансным соотношениям, изменение расхода мало зависит от изменения температур кипения и конденсации, что дает основание рекомендовать применение ручного регулирующего вентиля с незначительной сезонной (зима — лето) подстройкой расхода.

Методики определения коэффициента μ при истечении вскипающего жидкого аммиака через сужающе-расширяющиеся сопла в технической литературе не обнаружено. Значения коэффициента μ для сопел Лавала зависят от их геометрических характеристик и параметров расширяющейся жидкости. Экспериментально этот коэффициент принято определять в ходе гидравлических испытаний при истечении холодной воды через сопло выбранной геометрии. Для сопел, использующихся в теплоэнергетике, значение коэффициента μ лежит в широких пределах — от 0,57... 0,86 [1,2,6] до 0,92 [5,10]. По-видимому, для рассматриваемых условий расширения жидкого аммиака, используя аналогичный подход и экспериментальные результаты для устройств ввода адиабатно вскипающей воды в теплоэнергетике [1], можно предположить, что значения μ должны находиться в диапазоне 0,5...0,7.

Теоретическому определению расходных характеристик различных каналов при вынужденном течении адиабатно вскипающих жидкостей посвящены весьма немногочисленные работы, например [5,6],

где предложена методика расчета производительности центров парообразования в канале заданной геометрии. Исследования потоков испаряющейся жидкости в соплах Лавала показали, что процесс парообразования развивается в основном непосредственно за минимальным сечением. Паровая фаза первоначально образуется в пограничном слое и распространяется по оси сопла. На некотором расстоянии от минимального сечения жидкое ядро исчезает, а пузырьковая переходная структура преобразуется в парокapельную. По мере увеличения температуры жидкости перед соплом сокращается длина жидкостного ядра и возрастает равномерность распределения степени сухости по сечению сопла. Длина участка сопла, в котором происходит переход от жидкой структуры к парокapельной, мало зависит от его геометрических параметров (критического сечения и угла раскрытия) и определяется в основном недогревом жидкости. За этим участком структура потока полностью парокapельная (с неравномерным распределением паросодержания и размеров капель).

Количественный анализ структуры потоков вскипающей воды дан в работе [3], посвященной изучению дисперсного состава капель воды, расширяющейся в сопле Лавала с углом раскрытия 4° (так как уже при угле раскрытия больше 6° резко возростали потери энергии, связанные с отрывом потока от стенок сопла). Опыты выполняли при давлении воды перед соплом 0,2...0,9 МПа и начальной температуре воды 100...165 °С. Согласно полученным данным независимо от исходных параметров воды стабилизация дисперсного состава ее расширенного потока наступает на расстоянии, равном приблизительно 10 диаметрам сопла. Как было установлено, основным критерием, определяющим дисперсный состав при истечении перегретой воды, служит ее начальная температура, увеличение которой приводит к интенсификации процесса диспергирования.

Данные о дисперсном составе

вскипающей в соплах Лавала воды противоречивы. Так, в работе [4] указывается, что при тех же условиях, что и в [3], максимальный диаметр капель вскипающей воды достигал 200 мкм, а расчет фракционного состава капель, выполненный на основе теории прямооточных форсунок, дал результаты, близкие к экспериментальным данным. Если же оценить максимальный диаметр капель воды по зависимостям [3], то он не превысит 10 мкм. При диспергировании аммиака, расширяющегося от давления конденсации до промежуточного давления, значение максимального диаметра капель по [3] не превышает 20 мкм.

Для аммиачных холодильных установок предпочтительнее использовать сопла Лавала, поскольку при истечении перегретой жидкости из форсунок других конструкций образуется большее количество балластного пара из-за более высокого гидродинамического сопротивления этих устройств по сравнению с соплами Лавала.

К настоящему времени процессы во впрыскивающих охладителях для аммиачных холодильных установок изучены недостаточно, а имеющиеся модели построены со значительными упрощениями (не учтены наличие масла, обмен количеством движения между паром и испаряющимися каплями; охлаждаемые потоки трактуются как идеальные газовые). Несмотря на это, накоплен определенный опыт использования таких аппаратов. По данным автора, в эксплуатации находится около 60 различных аммиачных холодильных установок, оснащенных охладителями с термопрессором.

Для более точного описания процессов во впрыскивающих устройствах применительно к существующим условиям в аммиачных холодильных установках дополнительно необходимо учитывать:

- реальность паровых потоков, поскольку их состояние близко к насыщению;
- двухфазность и двухкомпонентность потоков (в нагнетаемом потоке содержится масло, количество и

D , мм	D_y , мм	d , мм	d_y , мм	d_ϕ , мм
76 x 3,5	70	38 x 2	32	1
89 x 3,5	80	45 x 2,5	40	1,5
108 x 4	100	57 x 3,5	50	2
133 x 4	125	76 x 3,5	70	2,2
159 x 4,5	150	89 x 3,5	80	2,5
219 x 7	200	108 x 4	100	3
273 x 7	250	133 x 4	125	3,5
325 x 9	300	159 x 4,5	150	4

дисперсный состав которого зависят от типа компрессора);

- наличие трения о стенки канала охладителя и обмен количеством движения между фазами;
- влияние параметров потока на динамику испарения капель жидкого аммиака и охлаждения капель масла;
- специфичность условий работы холодильной установки (влияние изменения температур кипения и конденсации на холодопроизводительность компрессора и, следовательно, на его массовую подачу).

Скорость истечения охлаждающего потока из сопла можно определить как

$$w_2 = \mu \sqrt{2(h_1 - h_2 + w_1^2)}, \quad (2)$$

где h_1, h_2 – энтальпии потока до и после сопла;

w_1, w_2 – скорость потока до и после сопла.

Скорость охлаждаемого потока определяется условиями эффекта тепловой компрессии [4,7].

В ходе экспериментов [7,9] были испытаны различные впрыскивающие устройства для двух разных диаметров проточной части аммиачного контактного охладителя. Распределение температур по длине аппарата измерялось с помощью термометров сопротивления, установленных на нижней и верхней образующих трубопровода на расстоянии 50, 200, 400 и 1000 мм от плоскости впрыска жидкого аммиака в поток перегретого пара. Отсутствие разности температур между верхним и нижним датчиками рассматривалось как свидетельство установления капельно-взвешенного режима течения потока. Если же течение было пленочным или переходным, то показания нижнего термометра соответ-

ствовали температуре насыщения и были всегда ниже показаний верхнего термометра. Для изготовления секции испарения применяли трубопроводы диаметром 100 мм (при этом $M < 0,1$) и 50 мм ($M < 0,4$).

Для впрыска использовали:

- обычную стальную трубку, в одном варианте установленную под прямым углом к потоку, в другом – соосно потоку, по центру, с распылом по направлению потока и против него;
- форсунку на основе сопла Лаваля с завихрителем, установленную в начале секции испарения, по ее центру и соосно ей, с распылом по направлению потока.

Во всех опытах с трубкой жидкий аммиак дросселировали в ручном регулирующем вентиле, а с форсункой – сначала в регулирующем вентиле (с понижением давления примерно на 100 кПа), затем в сопле (с дальнейшим понижением давления до промежуточного, примерно на 1 МПа).

Результаты сравнивали и по степени охлаждения потока пара при условии полного испарения капель впрыснутого аммиака, и далее по достигаемому эффекту тепловой компрессии. Полным считалось охлаждение потока до температуры на 10...15 °С выше, чем температура насыщения при давлении на выходе из охладителя, что соответствует требованиям правил техники безопасности.

Наилучшие показатели получены для короткого сужающе-расширяющегося сопла Лаваля с завихрителем. Так, полное охлаждение потока достигалось на расстоянии примерно 100 мм за тысячные доли секунды, а тепловая компрессия в зависимости от режима составляла единицы процентов.

Представленный выше подход позволил сформировать таблицу, в которой по 8 вариантам номинального диаметра трубопровода компрессора (D, D_y) определены диаметр секции испарения проточной части (d, d_y) и диаметр форсунки (d_ϕ) устройства ввода жидкого аммиака в контактный теплообменник термопрессорного типа для промежуточного охлаждения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блатов Э.Е. Определение гидродинамических показателей сужающих устройств // Теплоэнергетика. 2002. № 4.
2. Болтенко Э.А., Корниенко Ю.Н., Смирнов Ю.А., Болтенко Д.Э. Методы и средства для измерения характеристик термически неравновесного двухфазного потока // Теплоэнергетика. 2001. № 3.
3. Братута Э.Г. Классификация дисперсных потоков при внешних воздействиях. – Киев: Техника, 1989.
4. Вскипающие адиабатные потоки / Г.А. Баранов, В.А. Барилович, Т.Н. Парфенова; Под ред. В.А. Зысина. – М.: Атомиздат, 1976.
5. Дискретно-импульсный ввод энергии в теплотехнологиях / А.А. Долинский, Б.И. Басок, С.И. Гулый, А.И. Накорчевский, Ю.А. Шурчкова – Киев: Научная книга, 1996.
6. Долинский А.А., Басок Б.И., Накорчевский А.И. Адиабатически вскипающие потоки. – Киев: Наукова думка, 2001.
7. Долинский А.А., Басок Б.И., Чумак И.Г., Живица В.И. Технологии в холодильной технике на основе принципа дискретно-импульсного ввода и трансформации энергии // Промышленная теплотехника. 2002. Т. 24. № 4.
8. Долинський А.А. Принцип дискретно-імпульсного вводу енергії та його використання в технологічних процесах // Вісн. АН УРСР. 1984. № 1.
9. Живица В.И. Промежуточные охладители с термопрессором для двухступенчатых аммиачных холодильных установок // Холодильная техника. 2002. № 5.
10. Пажжи Д.Р., Галузов В.С. Распыливатели жидкостей. – М.: Химия, 1979.

Хладоносители нового поколения

The paper is devoted to ecologically clean heat-carrying and cold-carrying media of new generation. The substances ecosol and ecofrost can be considered as serious alternatives to toxic and corrosion-dangerous cold-carrying media of the type ethylene glycol and trichloroethylene.

The paper presents thermophysical properties of new substances and offers recommendations on temperature ranges of their use in refrigerating equipment.

Среди требований, предъявляемых к теплохладоносителям в холодильной технике, все более значимыми становятся экологическая чистота и отсутствие коррозионной активности.

К сожалению, многие из применяемых ныне хладоносителей, имея вполне удовлетворительные показатели по теплофизическим свойствам, не соответствуют этим критериям. В качестве примера можно привести широко используемые водные растворы этиленгликоля и трихлорэтилена, которые токсичны, коррозионноактивны и оказывают разрушительное воздействие на окружающую среду. Продолжается применение в холодильных установках водных растворов хлоридов кальция и натрия, которые имеют низкую стоимость, но оказывают сильное коррозионное воздействие на конструкционные материалы теплообменного оборудования. Более того, для оттаивания камерных батарей и воздухоохладителей водные растворы хлорида кальция подогревают, что приводит к усилению коррозионного износа оборудования. Успешное ингибирование водных растворов хлорида кальция возможно только при температурах до 40 °С [2]. При более высоких температурах усиливается гидролиз соли, сопровождающийся выделением высокоактивной соляной кислоты.

Хлоридные теплохладоносители вызывают коррозионные разрушения не только углеродистых сталей, меди и алюминия, но и нержавеющей сталей, которые депассивируются хлорид-ионами. Только нержавеющие стали, легированные значительными количествами молибдена, стойки к хлоридным растворам [1].

В ЗАО «Промхолод» накоплен опыт применения хладоносителей нового поколения, не оказывающих коррозионного воздействия на конструкционные материалы теплообменных аппаратов. Эти хладоносители на основе органических соединений разработаны в соответствии с самыми жесткими экологическими требованиями. Среди них следует выделить семейство жидкостей, выпускаемых под маркой «Экосол».

Антифриз «Экосол» разработан в конце 90-х годов коллективом химиков под руководством профессора В.П. Баранника для работы в теплонагревательных и холодильных установках промышленного и торгового

назначения. Основой для его производства служит этилкарбитол (этиловый эфир диэтиленгликоля) – вещество малотоксичное, относящееся к 4-му классу опасности, которое производится крупными химическими предприятиями России. Санитарными органами страны «Экосол» разрешен к применению даже на предприятиях пищевой промышленности. В частности, имеется успешная практика использования «Экосола» на заводах, производящих безалкогольные напитки и пиво, а также на кондитерских фабриках. Для предотвращения коррозии в состав антифризов «Экосол» введены высокоэффективные ингибиторы и антиоксиданты. Отечественная промышленность выпускает «Экосолы» с температурой замерзания –20, –40 и –60 °С. В холодильной технике «Экосолы» рационально применять при температурах не ниже –15 °С, что связано

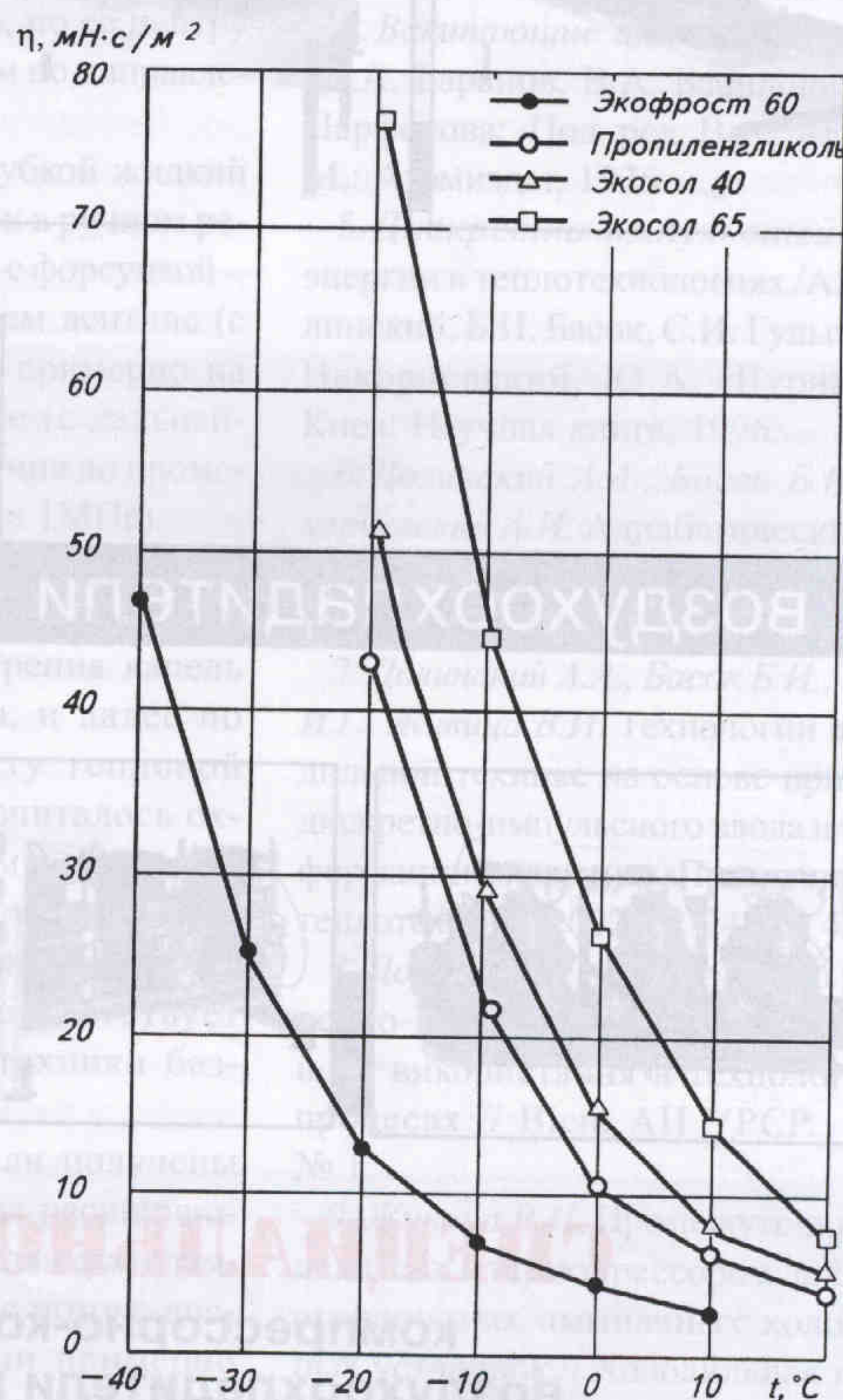


Рис. 1. Зависимость вязкости η экологически чистых хладоносителей от температуры t

Таблица 1
Теплофизические свойства теплохладоносителей
«Экосол 40» и «Экосол 65»

Температура, °С	Плотность, кг/м³		Теплопроводность, Вт/(м·К)		Вязкость, мН·с/м²	
	"Экосол 40"	"Экосол 65"	"Экосол 40"	"Экосол 65"	"Экосол 40"	"Экосол 65"
-40	1071	1078	0,44	0,45	327	
-30						121
-20	1063	1066	0,44	0,44	51,6	93,7
-10					28,2	46
0	1056	1058	0,43	0,44	16,2	26
+10					9,7	14,7
+20	1046	1048	0,43	0,44	6,48	

Таблица 2
Теплофизические свойства хладоносителя «Экофрост 20»

Температура, °С	Плотность, кг/м³	Удельная теплоемкость, кДж/(кг·К)	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Вязкость, мН·с/м²
-20	971	4,082	0,343	19,76
-10	965,5	4,087	0,345	10,04
0	961,5	4,091	0,350	5,24
+10	956,5	4,102	0,358	3,24

Таблица 3
Показатели вязкости композиций «Экосол» – «Экофрост»

Состав смеси "Экосол 65" – "Экофрост 100", %	Динамическая вязкость смеси (мН·с/м²) при температурах, °С	
	-18	-27
70/30	14,4	39,7
60/40	14,24	26,4

с резким увеличением их вязкости при более низких температурах (см. рисунок).

Свойства «Экосола 40» и «Экосола 65» представлены в табл. 1. Удельная массовая теплоемкость их в диапазоне температур -40...+40 °С меняется незначительно и составляет 3,45...3,79 кДж/(кг·К) для «Экосола 40» и 3,28...3,61 кДж/(кг·К) для «Экосола 65».

Новейшей разработкой стали экологически безопасные хладоносители «Экофрост», основными компонентами которых являются кислородсодержащие органические вещества.

Температурный диапазон применения хладоносителей «Экофрост» лежит в пределах -100...+50 °С.

Выпускаются пять марок «Экофростов»: 100; 80; 60; 40 и 20. Цифра в марке хладоносителя соответствует минимальной отрицательной температуре его применения.

«Экофросты» имеют гигиенический сертификат, разрешающий их использование в промышленности без ограничений на всей территории страны. Хладоноситель поставляется потребителям в железнодорожных и автомобильных цистернах, бочках и канистрах.

Из-за отсутствия токсичности допустим непосред-

ственный контакт «Экофростов» с продуктами питания, что открывает возможность охлаждения и замораживания (в том числе шокового) продуктов вплоть до температуры -90 °С.

Теплофизические свойства хладоносителя «Экофрост» приведены в табл. 2. «Экофрост 20» неогнеопасен. Остальные «Экофросты» горючи, при их использовании необходимы меры, предупреждающие возгорание.

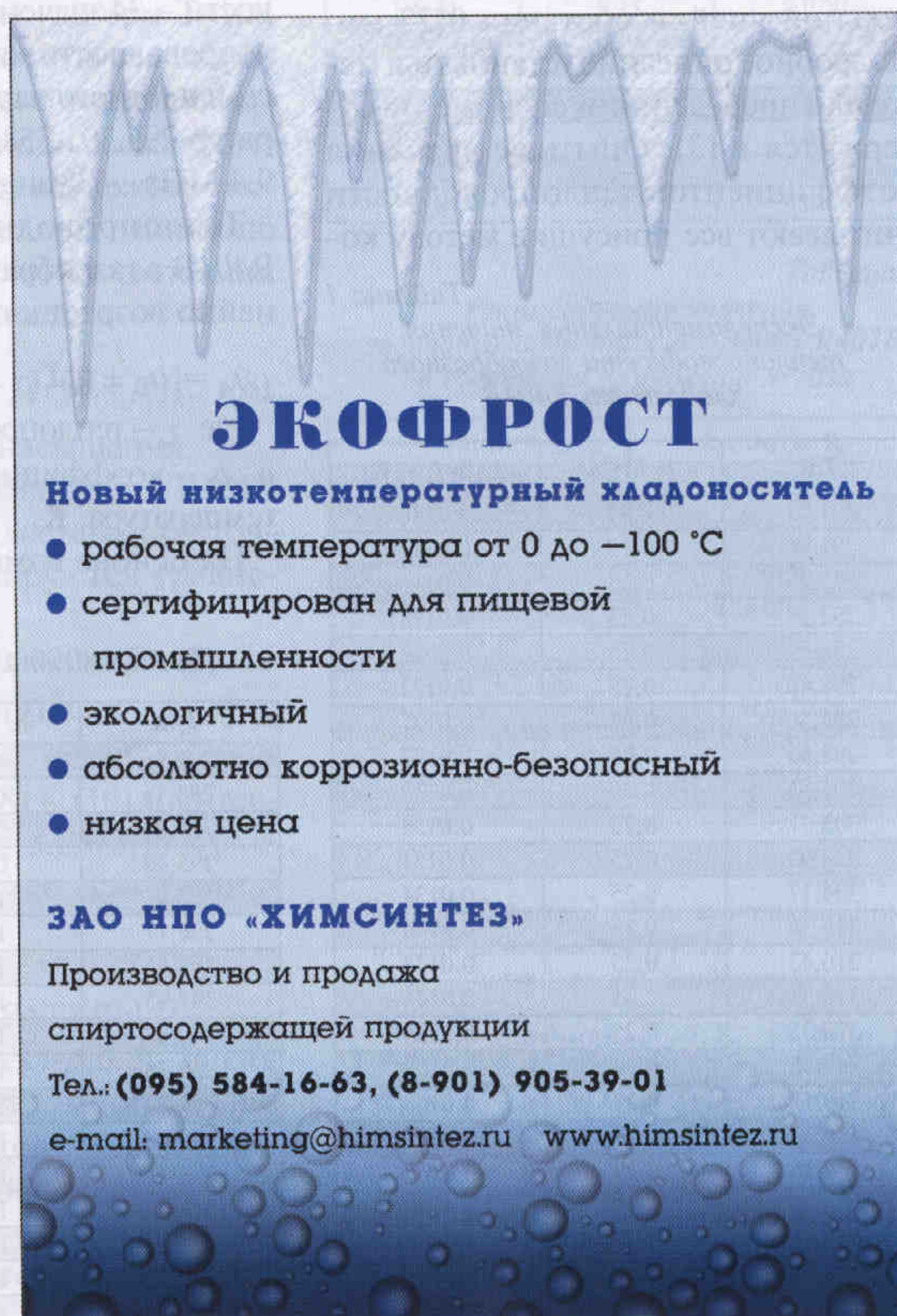
Расширение температурного диапазона применения теплохладоносителей «Экосол» возможно путем их смешения с «Экофростом». При этом происходит снижение вязкости композиции, что позволяет использовать смесь при температурах ниже -15 °С.

В качестве примера в табл. 3 приведены показатели вязкости композиции «Экосол 65» – «Экофрост 100».

Тепло- и хладоносители нового поколения позволяют повысить экологическую безопасность и существенно увеличить срок службы холодильных установок с промежуточными хладоносителями.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Баранник В.П. Краткий справочник по коррозии (химическая стойкость материалов). – М.: Госхимиздат, 1953.
2. Колпакова Т.Д., Баранник В.П. Улучшение ингибиторов коррозии типа «ПБ» // Химическая промышленность. 1961. № 7.



ЭКОФРОСТ

Новый низкотемпературный хладоноситель

- рабочая температура от 0 до -100 °С
- сертифицирован для пищевой промышленности
- экологичный
- абсолютно коррозионно-безопасный
- низкая цена

ЗАО НПО «ХИМСИНТЕЗ»

Производство и продажа спиртосодержащей продукции

Тел.: (095) 584-16-63, (8-901) 905-39-01
e-mail: marketing@himsintez.ru www.himsintez.ru

Теплопроводность хладагента R401B. Эксперимент и обобщение

Ю.А. ЛАПТЕВ, О.Б. ЦВЕТКОВ
Санкт-Петербургский государственный
университет низкотемпературных и
пищевых технологий

Хладагент R401B — зеотропная смесь хладагентов R22 (массовая доля 61 %), R152a (11 %) и R124 (28 %). Это переходное рабочее вещество холодильной техники можно использовать для замены R12 в эксплуатируемых холодильных установках умеренного холода. Хладагент R401B в промышленных масштабах под торговой маркой SUVA MP 66 производит фирма «Дюпон» [2, 10].

Теплопроводность R401B экспериментально исследована в интервале температур 291,77...366,81 К и давлений 0,23...9,4 МПа. Реализован метод коаксиальных цилиндров в стационарном режиме. Аттестацию установки во всем температурном интервале проводили по толуолу, аргону и хладагенту R22. Рабочий зазор измерительной ячейки составил 0,22 мм. Подробное описание установки и методики проведения эксперимента содержится в [3]. Опытные значения коэффициентов теплопроводности учитывают все присущие методу ко-

Heat conductivity of R401B — a transition working substance which can be used instead of R12 in the existing refrigerating installations — has been experimentally investigated. The results of the experiments have been generalized and presented in analytical form. The error of measurement has been assessed.

аксиальных цилиндров поправки. Погрешность опытных данных по теплопроводности газовой фазы оценена величиной 1,5 %; по теплопроводности жидкости — до 3 %.

Для исследований использован промышленный образец хладагента R401B фирмы «Дюпон». Неабсорбированные газы (объемная доля 1,5 %) были удалены из образца после его многократного замораживания в жидком азоте.

По теплопроводности газообразного хладагента R401B получено 24 экспериментальных значения (табл. 1), по теплопроводности насыщенной жидкости — 34 значения (табл. 2), а по теплопроводности жидкости под давлением и плотного пара в интервале температур 296,79...358,87 К и давлений до 9,4 МПа — 38 значений (табл. 3).

Теплопроводность хладагента R401B в газообразном состоянии линейно возрастает с температурой:

$$\lambda_1 = a_0 + a_1 T, \quad (1)$$

где λ_1 — теплопроводность, Вт/(м·К); a_0 , a_1 — коэффициенты уравнения; T — температура, К.

На основе измерений, выполнен-

ных в настоящей работе, получены коэффициенты уравнения (1) $a_0 = 0,0184$; $a_1 = 1,037 \cdot 10^{-4}$. Погрешность аппроксимации не более $\pm 0,8$ %.

Рекомендуемые значения теплопроводности в состоянии разреженного газа, рассчитанные по уравнению (1), приведены в табл. 4. Погрешность рекомендуемых данных оценивается нами как 2 %. Измерения теплопроводности газообразного хладагента R401B не подтвердили данных [2], полученных расчетом. Расхождение до 15,8 % наблюдается при температуре 363 К.

Полином второй степени позволил описать теплопроводность насыщенной жидкости R401B:

$$\lambda_n = c_0 + c_1 T + c_2 T^2. \quad (2)$$

Значения коэффициентов полинома равны: $c_0 = 0,31126$; $c_1 = -1,02837 \cdot 10^{-3}$; $c_2 = 9,59159 \cdot 10^{-7}$. Отклонение опытных значений теплопроводности от расчетных не более 0,7 %.

При обобщении данных по теплопроводности тройных растворов на линии насыщения в работах [1, 9] использована зависимость, полученная

Таблица 1
Экспериментальные значения
теплопроводности газообразного
хладагента R401B

T, К	p, МПа	λ , Вт/(м·К)
291,77	0,23	0,0116
291,96	0,23	0,0117
292,25	0,23	0,0116
292,83	0,23	0,0118
298,39	0,25	0,0127
298,46	0,25	0,0127
298,56	0,25	0,0127
298,66	0,25	0,0127
303,55	0,25	0,0133
303,77	0,25	0,0133
304,05	0,25	0,0131
304,17	0,25	0,0134
316,36	0,25	0,0144
316,43	0,25	0,0144
316,35	0,25	0,0144
316,35	0,25	0,0144
340,16	0,29	0,0169
340,17	0,29	0,0168
340,19	0,29	0,0168
340,16	0,29	0,0169
360,37	0,30	0,0189
360,36	0,30	0,0190
360,39	0,30	0,0190
360,43	0,30	0,0190

Таблица 2
Экспериментальные значения теплопроводности насыщенной жидкости R401B

T, К	p, МПа	λ , Вт/(м·К)	T, К	p, МПа	λ , Вт/(м·К)
294,96	0,98	0,0918	320,19	1,99	0,0805
295,15	0,98	0,0914	320,20	2,0	0,0805
295,29	0,98	0,0914	324,99	2,02	0,0785
295,40	0,98	0,0911	325,01	2,02	0,0782
295,91	1,15	0,0912	343,71	2,85	0,0708
296,17	1,30	0,0910	343,73	2,87	0,0707
297,45	1,24	0,0899	359,61	3,67	0,0654
297,95	1,25	0,0895	359,61	3,67	0,0653
298,05	1,25	0,0895	359,61	3,69	0,0647
299,38	1,37	0,0895	359,62	3,7	0,0648
299,53	1,395	0,0895	366,74	4,0	0,0637
299,68	1,40	0,0893	366,77	4,24	0,0638
299,75	1,43	0,0893	366,79	4,0	0,0638
311,36	1,45	0,0842	366,80	4,0	0,0632
311,36	1,46	0,0842	366,80	4,0	0,0629
311,36	1,47	0,0840	366,81	4,0	0,0631
311,38	1,48	0,0842	366,81	4,0	0,0629

О.Б. Цветковым для бинарных жидких смесей хладагентов [6]:

$$\lambda_{ж,см} = \lambda_{ад} \{1 - \beta x_1 x_2 [1 - (x_1 + x_2)]\}, \quad (3)$$

где $\lambda_{ад}$ — теплопроводность раствора, рассчитанная по правилу аддитивности; β — коэффициент; x_1, x_2 — массовые доли компонентов.

Коэффициент β для теплопроводности тройной смеси R401B оказался близким к единице и слабо зависящим от температуры:

$$\beta = -1,0602 - 7,0846 \cdot 10^{-3} T, \quad (4)$$

где T — температура, К.

При расчете аддитивной теплопроводности $\lambda_{ад}$ использовали апробированные опубликованные данные по теплопроводности жидких хладагентов R22 [6], R152a [3, 7] и R124 [3, 8]. Максимальное расхождение опытных и рассчитанных по уравнениям (3) и (4) для R401B данных не превысило 3 %.

Теплопроводность бинарных и тройных растворов в состоянии насыщения по рекомендациям [11] можно описать соотношением

$$(\lambda_{ж,см})^n = \sum x_i (\lambda_{жи})^n, \quad (5)$$

где $\lambda_{жи}$ — теплопроводность i -го компонента раствора; n — показатель степени; $n = -0,65$.

Приведенные в табл. 5 значения теплопроводности рекомендуются нами для R401B в состоянии насыщенной жидкости для температур 233,15...373,15 К. Рекомендуемые значения согласуются с расчетом [2] только до 323 К. С ростом температуры расхождение увеличивается и достигает 9,8 % при 363 К. Расчеты по правилу аддитивности и по уравнению (5) практически не различаются (в пределах $\pm 1,5$ %). Однако эти данные неприемлемы, поскольку расположены ниже экспериментальных данных настоящей работы, причем расхождение достигает 19 %.

Для расчета теплопроводности насыщенного пара R401B $\lambda_{п,см}$ использовано уравнение, основанное на правиле аддитивности [11]:

$$\lambda_{п,см} = \sum y_i \lambda_{пи}, \quad (6)$$

где y_i — мольная концентрация i -го компонента; $\lambda_{пи}$ — теплопроводность насыщенного пара компонентов смеси.

Рассчитанные по уравнению (6) значения теплопроводности насыщен-

ных паров сведены в табл. 6 и могут быть оценены как предварительные. Значения теплопроводности $\lambda_{пи}$ компонентов R401B приняты по данным справочных изданий [2, 3, 4, 6].

Результаты измерений теплопроводности R401B в однофазной области представлены уравнением, где использованы параметры, измеряемые непосредственно в эксперименте, — давление и температура:

$$\lambda_{p,T} = d_0 + d_1 p + d_2 T + d_3 pT, \quad (7)$$

где d_0, d_1, d_2, d_3 — коэффициенты; p — давление, МПа; T — температура, К.

Параметры уравнения (7) оказались равными:

$d_0 = 0,22548$; $d_1 = -0,00145$; $d_2 = -0,00045$; $d_3 = 6,59961 \cdot 10^{-6}$. Расхождения не превышают 3 % для всей выборки.

Рассчитанные нами по уравнению (7) значения теплопроводности R401B приведены в табл. 7. Отклонения рекомендуемых данных от исходных опытных значений в целом не превышают уровня оцененной нами погрешности эксперимента.

Уравнение в форме изотерм Тейта, связывающее избыточную теплопроводность (относительно теплопроводности жидкости на линии насыщения) и давление, оказалось возможным использовать для обобщения данных по теплопроводности R401B в состоянии жидкости под давлением:

$$\lambda_{p,T} - \lambda_n = A \ln[(B + p)/(B + p_s)], \quad (8)$$

где p_s — давление насыщения.

Параметры A и B зависят для R401B от температуры и с достаточной точностью аппроксимируются уравнениями вида

$$A = -0,05116 + 0,0002081 T; \quad (9)$$

$$B = -17,541 + 0,106044 T. \quad (10)$$

Качество описания исходных данных уравнениями (8) — (10) в интервале температур 273,15...373,15 К оказалось несколько хуже, чем с помощью уравнения (7).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михно Ю.А., Геллер В.З. Теплопроводность жидких многокомпонентных хладагентов на линии насыщения // Холодильная техника. 1984. № 11.
2. Промышленные фторорганические продукты: Справочник/

Таблица 3
Экспериментальные значения теплопроводности R401B в однофазной области

T, K	p, МПа	λ , Вт/(м·К)
296,79	1,70	0,0914
296,85	1,57	0,0914
297,10	1,75	0,0904
299,38	1,37	0,0895
299,53	1,395	0,0895
299,68	1,40	0,0893
299,75	1,43	0,0893
300,45	7,83	0,0930
300,46	4,43	0,0908
300,46	4,52	0,0906
300,47	7,75	0,0930
300,47	4,50	0,0916
300,50	7,89	0,0931
320,19	3,55	0,0817
320,19	3,60	0,0817
320,20	3,85	0,0819
320,21	3,95	0,0822
322,66	1,365	0,0156
322,67	1,40	0,0156
322,67	1,64	0,0159
322,67	1,64	0,0159
338,94	1,20	0,0165
338,94	1,20	0,0165
338,94	1,50	0,0168
338,95	1,575	0,0169
338,95	1,60	0,0170
339,42	5,95	0,0765
339,43	9,40	0,0791
339,44	6,00	0,0765
339,44	6,05	0,0762
339,44	6,12	0,0764
339,44	9,23	0,0791
339,45	6,10	0,0762
358,57	1,19	0,0177
358,60	1,19	0,0177
358,86	8,75	0,0719
358,87	8,80	0,0719
358,87	8,85	0,0716

Таблица 4
Рекомендуемые значения теплопроводности хладагента R401B в состоянии разреженного газа

T, K	λ , Вт/(м·К)
273,15	0,0099
283,15	0,0110
293,15	0,0120
303,15	0,0130
313,15	0,0141
323,15	0,0151
333,15	0,0161
343,15	0,0172
353,15	0,0182
363,15	0,0192
373,15	0,0203

Таблица 5
Рекомендуемые значения теплопроводности R401B в состоянии насыщенной жидкости

T, K	λ , Вт/(м·К)	T, K	λ , Вт/(м·К)
233,15	0,1236	313,15	0,0833
243,15	0,1179	323,15	0,0790
253,15	0,1124	333,15	0,0751
263,15	0,1071	343,15	0,0711
273,15	0,1019	353,15	0,0677
283,15	0,0970	363,15	0,0640
293,15	0,0922	373,15	0,0611
303,15	0,0876		

Теплопроводность насыщенного пара R401B

T, K	λ , Вт/(м · К)	T, K	λ , Вт/(м · К)	T, K	λ , Вт/(м · К)
203,15	0,0052	263,15	0,0093	323,15	0,0149
213,15	0,0059	273,15	0,0100	333,15	0,0163
223,15	0,0065	283,15	0,0108	343,15	0,0179
233,15	0,0072	293,15	0,0117	353,15	0,0201
243,15	0,0079	303,15	0,0127	263,15	0,0234
253,15	0,0085	313,15	0,0137		

Таблица 6

Теплопроводность хладагента R401B в однофазной области

T, K	λ , Вт/(м · К), при p, МПа									
	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
273,15	0,1023	0,1026	0,1029	0,1032	0,1035	0,1038	0,1041	0,1044	0,1047	0,1050
283,15	0,0973	0,0977	0,0981	0,0986	0,0990	0,0994	0,0998	0,1002	0,1006	0,1011
293,15	0,0925	0,0930	0,0935	0,0940	0,0946	0,0951	0,0956	0,0961	0,0966	0,0972
303,15	0,0878	0,0884	0,0890	0,0896	0,0902	0,0908	0,0914	0,0920	0,0926	0,0932
313,15	—	0,0837	0,0844	0,0851	0,0858	0,0865	0,0872	0,0879	0,0886	0,0893
323,15	—	0,0794	0,0802	0,0809	0,0817	0,0824	0,0832	0,0839	0,0847	0,0854
333,15	—	0,0753	0,0761	0,0768	0,0776	0,0784	0,0792	0,0800	0,0808	0,0815
343,15	—	—	0,0719	0,0727	0,0735	0,0743	0,0752	0,0760	0,0768	0,0776
353,15	—	—	0,0678	0,0687	0,0695	0,0704	0,0712	0,0720	0,0729	0,0737
363,15	—	—	—	0,0646	0,0655	0,0663	0,0672	0,0681	0,0689	0,0698
373,15	—	—	—	—	0,0614	0,0623	0,0623	0,0641	0,0650	0,0659

Таблица 7

Б.Н. Максимов, В.Г. Барабанов, И.Я. Серушкин и др. — Л.: Химия. Ленингр. отд., 1996.

3. Справочник по теплопроводности жидкостей и газов/Н.Б. Варгафтик, Л.П. Филиппов, А.А. Тарзиманов, Е.Е. Тоцкий. — М.: Энергоатомиздат, 1990.

4. Цветков О. Б. Теплопроводность холодильных агентов. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984.

5. Цветков О.Б., Лантев Ю.А. Методы расчета свойств переноса жидких холодильных агентов: Учебное пособие. — Л.: ЛТИХП/ЛТИ, 1990.

6. Цветков О.Б., Лантев Ю.А., Пономарев П.В. Дифторхлорметан (хладон-22). Коэффициенты теплопроводности в диапазоне температур 173...473 К и давлении до 5 МПа/Таблицы стандартных справочных данных, ГСССД 157—91. — М.: Изд-во стандартов, 1991.

7. Tausher W. Messung der Wärmeleitfähigkeit flüssiger Kältemittel mit einem instationären Hitzdrahtmethode // ASHRAE J. — 1969. — Vol. 11, N 1.

8. Thermal conductivity of alternative fluorocarbons in in liquid phase/ J. Yata, M. Hori, T. Kurahashi, T. Minamijama // Fluid Phase Equilib. — 1992. — Vol. 80.

9. Thermal conductivity of multi-component working media used in cryogenic refrigeration systems/ B.A. Grigoryev, S.V. Ilyshenko, V.Z. Geller, M.A. Likhzky // Thermodynamic properties/ Proc. 1st Asian Thermophysical Conference, Beijing, China. — 1986.

10. Thermodynamic properties of SUVA. MP66. Techn. Inform., T-MP66-SI, DU PONT, 1993.

11. Spindler K., Hofmann N., Hahne W. Wärmeleitfähigkeit von HFKW-Gemischen // Luft- und Kältetechnik. — 1997. — N 1.



ХОЛОДИЛЬНОЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

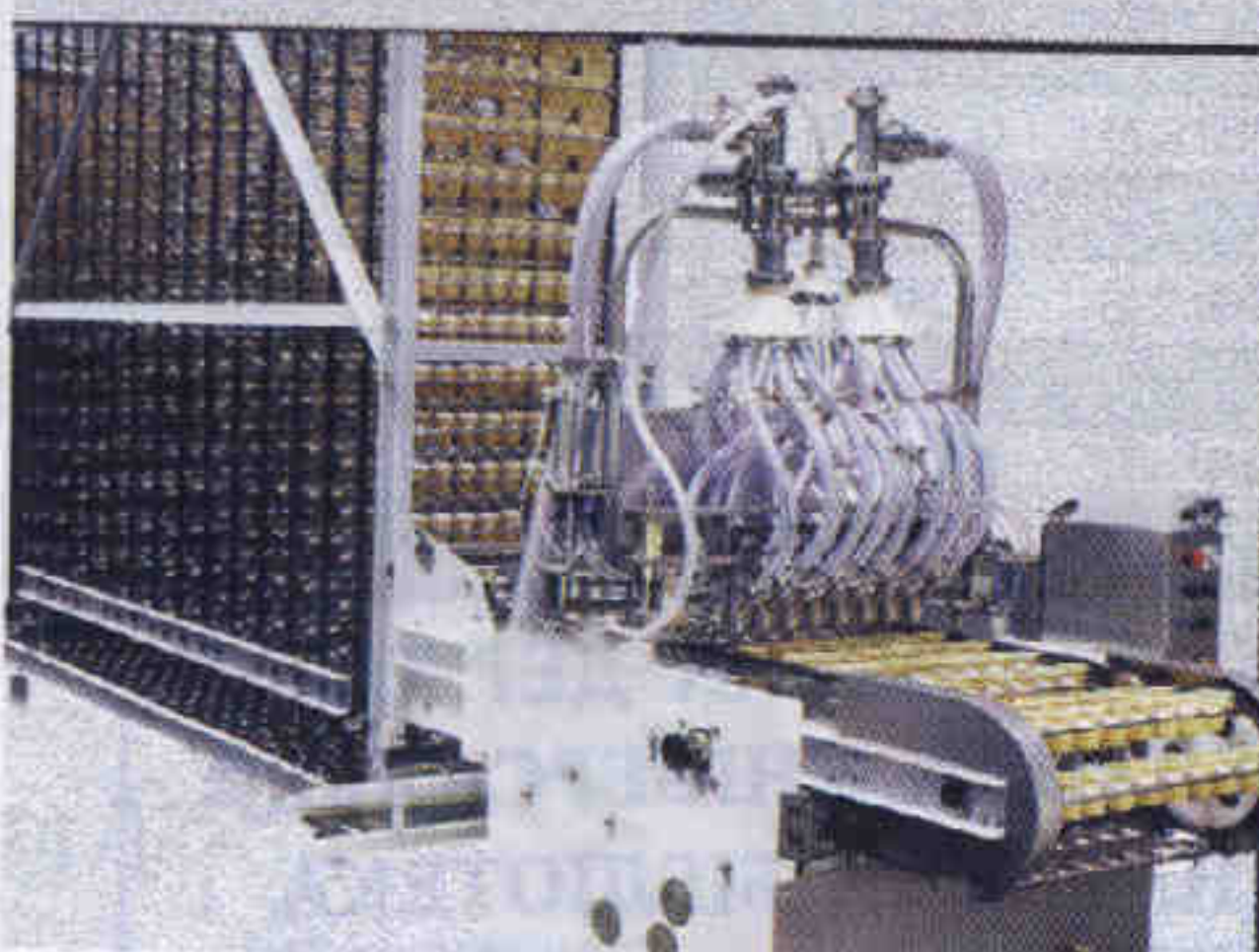
ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО, МОНТАЖ



КОМПРЕССОРНЫЕ АГРЕГАТЫ
ВОДООХЛАЖДАЮЩИЕ УСТАНОВКИ
СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ



камеры
склады хранения
терминалы "под ключ"



ЗАКАЛОЧНЫЕ ТУННЕЛИ
ФАСОВОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МОРОЖЕНОГО

141070, Московская область, г. Королев, ул. Циолковского, 2А
тел.: 095 502-8171, 502-8170, www.prostor.ru, e-mail: info@prostor.ru

Новая разработка «Грассо» – система экономайзера для двухступенчатого сжатия

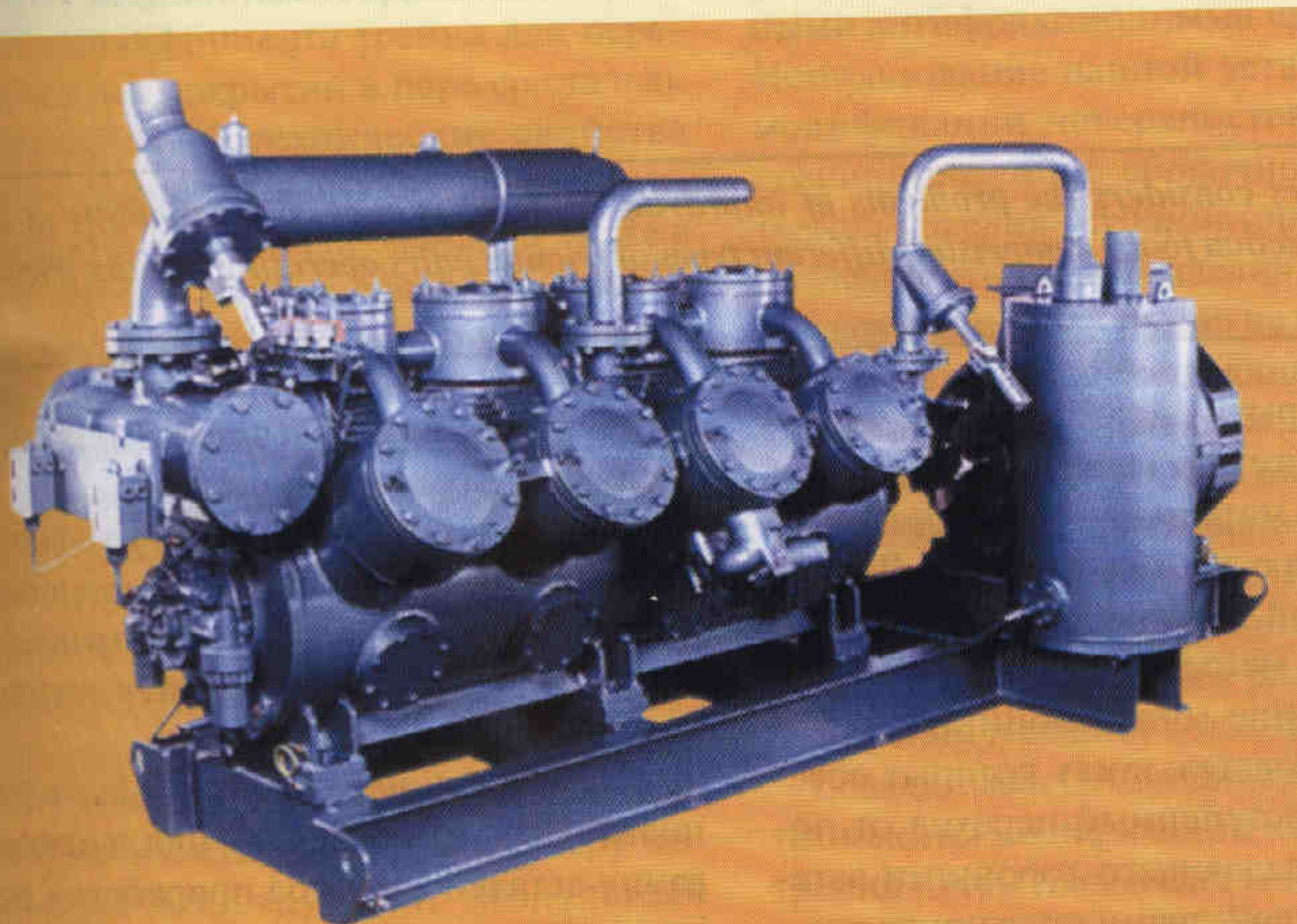


Рис. 1. Общий вид двухступенчатого поршневого компрессорного агрегата с экономайзером специальной конструкции в качестве системы промежуточного охлаждения

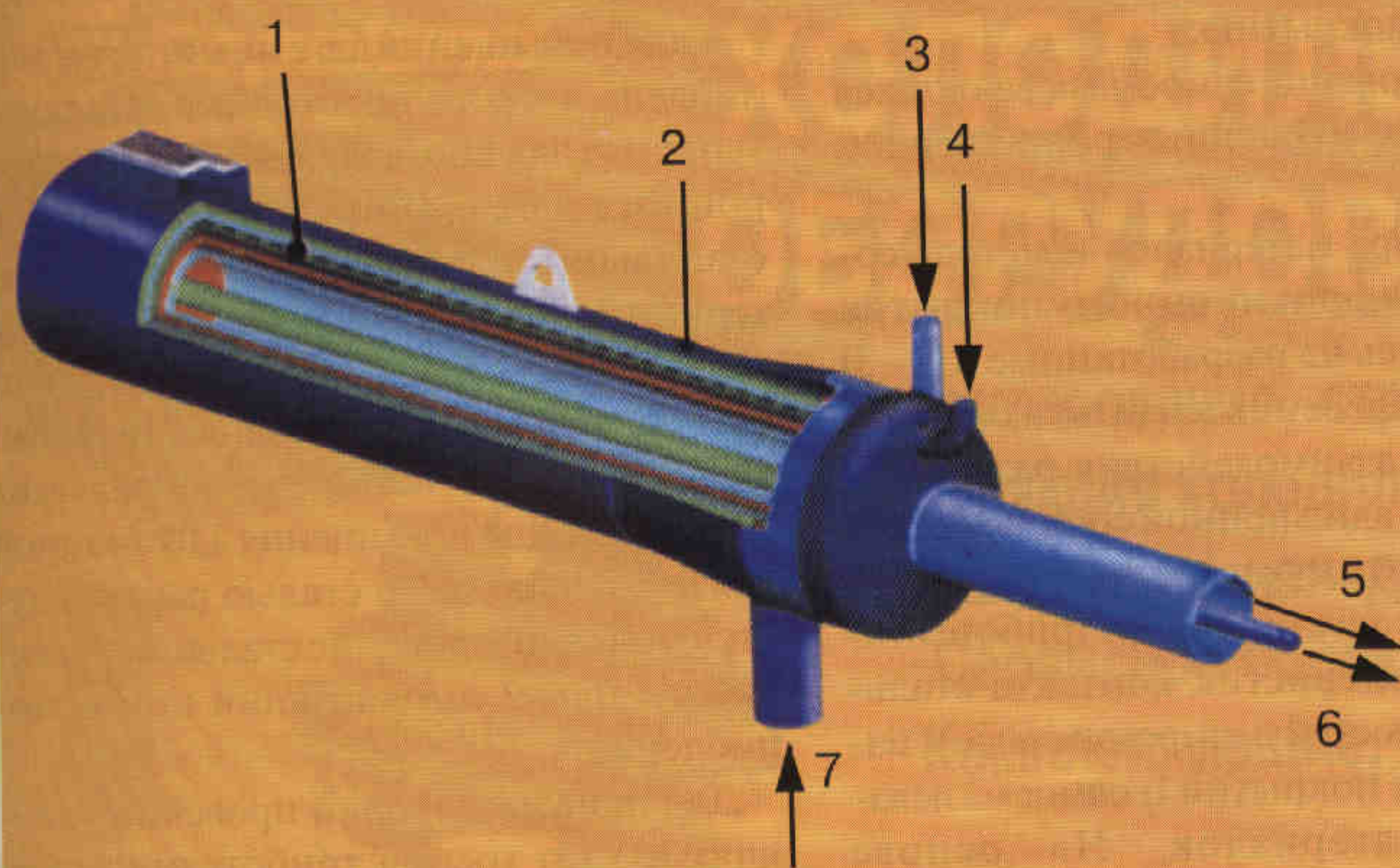


Рис. 2. Конструктивная схема экономайзера специальной конструкции:

- 1 – интегрированный элемент охлаждения жидкого аммиака;
- 2 – камера смешения;
- 3 – впрыск хладагента;
- 4 – жидкий хладагент из линейного ресивера;
- 5 – подача газа на всасывание ступени высокого давления;
- 6 – переохлажденный жидкий хладагент;
- 7 – горячий газ из ступени низкого давления

Более чем 150-летний опыт проектирования и изготовления поршневых холодильных компрессоров и компрессорных агрегатов на их базе надежно обеспечивает фирме «Грассо» лидирующее положение в мире в области холодильного машиностроения.

По данным статистики, как минимум, 65% всех производимых двухступенчатых поршневых компрессорных агрегатов по желанию покупателя снабжают системой промежуточного охлаждения того или иного типа.

В 2001 г. были введены в эксплуатацию первые двухступенчатые поршневые компрессорные агрегаты с системой промежуточного охлаждения нового типа, представляющей собой экономайзер специальной конструкции. Эта конструкция отлично себя зарекомендовала как при проведении испытаний, так и при эксплуатации в течение нескольких лет.

Холодильные компрессорные агрегаты такого типа имеют ряд преимуществ:

- компактность (экономия производственной площади составляет 20 % на уровне компрессорного агрегата и до 60 % на уровне холодильной машины);
- меньшее время подключения потребителя к установке (поскольку компрессорный агрегат поставляется в полностью собранном виде и в полной заводской готовности);
- меньшие эксплуатационные расходы;
- незначительное влияние экономайзера на общее количество заправляемого в систему аммиака из-за малого рабочего объема системы промежуточного охлаждения. Например, для самого большого поршневого компрессорного агрегата RCU 9312E увеличение аммиакоемкости составляет всего лишь 1,2 кг;
- высокое значение КПД (не более чем на 5% ниже, чем у агрегатов с промежуточным охлаждением открытого типа, и равное КПД агрегатов с промежуточным охлаждением закрытого типа);
- высокая конкурентоспособность.

Особой популярностью пользуются холодильные установки холодопроизводительностью до 200 кВт на базе нового поршневого компрессора RC10 (RC10 – новейшая серия поршневых компрессоров «Грассо», выпущенная в 2000 г. для замены серии RC9).

На все поршневые компрессорные агрегаты имеются сертификаты соответствия ГОСТ Р, разрешение на применение Госгортехнадзора 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>

Б.Т. ГРЯЗНОВ, А.Н. ЗИНКИН,
М.В. МАМОНОВА, В.В. ПРУДНИКОВ,
В.П. СТАСЕНКО

ОАО "Сибкриотехника" (Омск)
Омский государственный университет

Перспективные технологические методы повышения ресурса машин микрокриогенной техники

The papers considers the problems of improving wear resistance and reliability of the combined friction joints comprising different types of friction pairs operating in a dry friction condition.

Непрерывно возрастающие требования к качеству выпускаемых машин, связанные с необходимостью повышения долговечности и надежности, в значительной степени определяются эксплуатационными характеристиками их деталей, составляющих множество пар трения. Требуемые характеристики деталей пар трения достигаются различными технологическими методами, в том числе нанесением на детали износостойких и антифрикционных покрытий. При выборе метода воздействия на характеристики приходится вести детальный учет факторов, определяющих взаимодействие разнородных материалов и влияющих непосредственно на модуль силы трения.

В криогенной технике широко применяют комбинированные сборочные единицы, содержащие различные виды frictionных пар (металл—металл, металл—износостойкий материал, металл—самосмазывающийся материал), работающие в условиях сухого трения. Повышение износостойкости этих сборочных единиц ограничивается рядом условий, таких, как невозможность применения каких-либо смазочных сред, в том числе газовых, в связи с работой сборочных единиц в условиях высокого вакуума и низких температур, а также жесткими ограничениями по виду применяемых материалов.

Одно из основных направлений повышения износостойкости и надежности несмазываемых пар трения — разработка методов повышения их триботехнических свойств путем нанесения многослойных комбинированных покрытий на поверхности деталей с использованием методов КИБ (конденсация с ионной бомбардировкой), магнетронного распыления и ионной имплантации в одновакуумном цикле. Эффективность применения данных методов во многом определяется правильным выбором материалов с оптимальными триботехническими свойствами. При выборе материала для антифрикционного покрытия приходится решать противоречивую за-

дачу — покрытие должно иметь максимальную адгезию к подложке и минимальную к материалу, работающему в паре трения с этим покрытием. Для решения такой задачи можно применять следующие методы:

- напыление многослойных покрытий, последовательность которых обеспечивает постепенный переход от покрытия, обладающего хорошими адгезионными свойствами по отношению к подложке, к покрытию с хорошими антифрикционными свойствами;
- модифицирование поверхности подложки путем ионной имплантации атомов металла, родственного антифрикционному покрытию;
- использование самосмазывающихся материалов, играющих роль твердой смазки.

При выборе материалов и метода создания антифрикционного покрытия мы опирались на разработанные в [1–3] методы определения энергии и силы адгезионного взаимодействия различных материалов, адгезионной составляющей коэффициента сухого трения и результаты расчета адгезионных и триботехнических характеристик контакта стальных поверхностей с широким рядом износостойких покрытий и самосмазывающихся материалов. На основе разработанных методов была создана и апробирована инженерная методика расчета комплекса триботехнических и адгезионных характеристик для сплавов и соединений, широко используемых в микрокриогенной технике, криогенном и компрессорном машиностроении. Применение методики позволило на стадии технологической проработки изделий выбирать материалы деталей и покрытий с оптимальными адгезионными и триботехническими характеристиками, обеспечивающими высокую износостойкость и работоспособность пар

трения. На основе расчетов были даны следующие рекомендации:

- в качестве оптимального антифрикционного и износостойкого материала в сборочных единицах сухого трения в паре со сталью рекомендуется нитрид молибдена Mo_2N ;
- для дальнейшего снижения коэффициента трения и уменьшения изнашивания деталей в период приработки рекомендуется применять твердые смазочные материалы на основе дисульфида молибдена MoS_2 , который при высоких триботехнических свойствах химически неактивен по отношению к нитриду молибдена;
- для повышения адгезии нитрида молибдена к стали необходимо выделить материал для промежуточного слоя с хорошими адгезионными свойствами к стали и нитриду молибдена. Этому критерию из широкого ряда материалов, для которых были проведены расчеты, удовлетворяют только переходные металлы. Лучшим с этой точки зрения является молибден. Для повышения адгезионной связи молибдена со сталью рекомендуется модифицирование стальной поверхности путем имплантации ионов молибдена.

Для проверки теории провели в условиях сухого трения триботехнические испытания по определению коэффициента трения пар на основе стали 95X18 и материалов с покрытиями из TiN , Cr_2N , Mo_2N и многослойными покрытиями $\text{Mo} - \text{Mo}_2\text{N} - \text{MoS}_2$. Однослойные покрытия из нитридов титана, хрома и молибдена были получены методом КИБ на установке ННВ-6.6И1, а покрытия $\text{Mo} - \text{Mo}_2\text{N} - \text{MoS}_2$ — на специально созданной вакуумной установке модульной конструкции для нанесения многослойных комбинированных ионно-вакуумных покрытий.

Как показал анализ результатов испы-

таний в стабильном режиме при одинаковых условиях (скорости скольжения и нагрузке), наименьшие коэффициенты трения по стали 95X18 имеют многослойное покрытие $\text{Mo}-\text{Mo}_2\text{N}-\text{MoS}_2$ и покрытие из нитрида молибдена, а затем идут покрытия из нитрида хрома и нитрида титана.

Данные выводы полностью соответствуют результатам теоретических расчетов коэффициента трения для перечисленных покрытий в паре со сталью. Высокие триботехнические свойства многослойного покрытия и покрытия из нитрида молибдена проявились также в том, что они выдерживают более высокие нагрузки до наступления режимов микросхватываний и заедания.

С целью реализации рекомендаций по оптимальному выбору материалов и покрытий для комбинированных сборочных единиц, содержащих пары трения, и использования технологии нанесения многослойных покрытий в условиях серийного производства в ОАО «Сибкриотехника» спроектировали и изготовили специальную вакуумную камеру модульной конструкции. Модульный принцип, положенный в основу конструкции, позволил провести несколько видов обработки поверхностей деталей,

в том числе нанесение многослойных ионно-плазменных покрытий с применением КИБ, магнетронного распыления и ионной имплантации в едином вакуумном цикле. Получаемые при этом покрытия характеризуются отличной адгезией с деталью, равномерностью по толщине вдоль обрабатываемой поверхности, высокой износостойкостью, хорошей прирабатываемостью и улучшенными антифрикционными свойствами. Использование данной установки для модификации поверхностей трения в комбинированной сборочной единице трения изделия «сублиматор» позволило увеличить ресурс изделия в 1,5 раза.

Таким образом, развитие технологических методов, совмещающих несколько операций ионно-плазменной обработки поверхностей, при оптимальном выборе материалов на основе разработанных методов позволяет получать поверхности трения с заданными свойствами. Это увеличивает ресурс работы пар трения и машин в целом.

Созданные в ОАО «Сибкриотехника» технология модификации поверхностей трения путем нанесения многослойных покрытий и установка для их нанесения, обеспечивающие существенное улучшение триботехнических характеристик

пар трения, успешно используются на предприятиях микрокриогенного, криогенного и компрессорного машиностроения, а также на нефтеперерабатывающих предприятиях.

Организация серийного производства установок для нанесения многослойных покрытий и их применение на предприятиях машиностроения позволят значительно увеличить ресурс и надежность машин и механизмов.

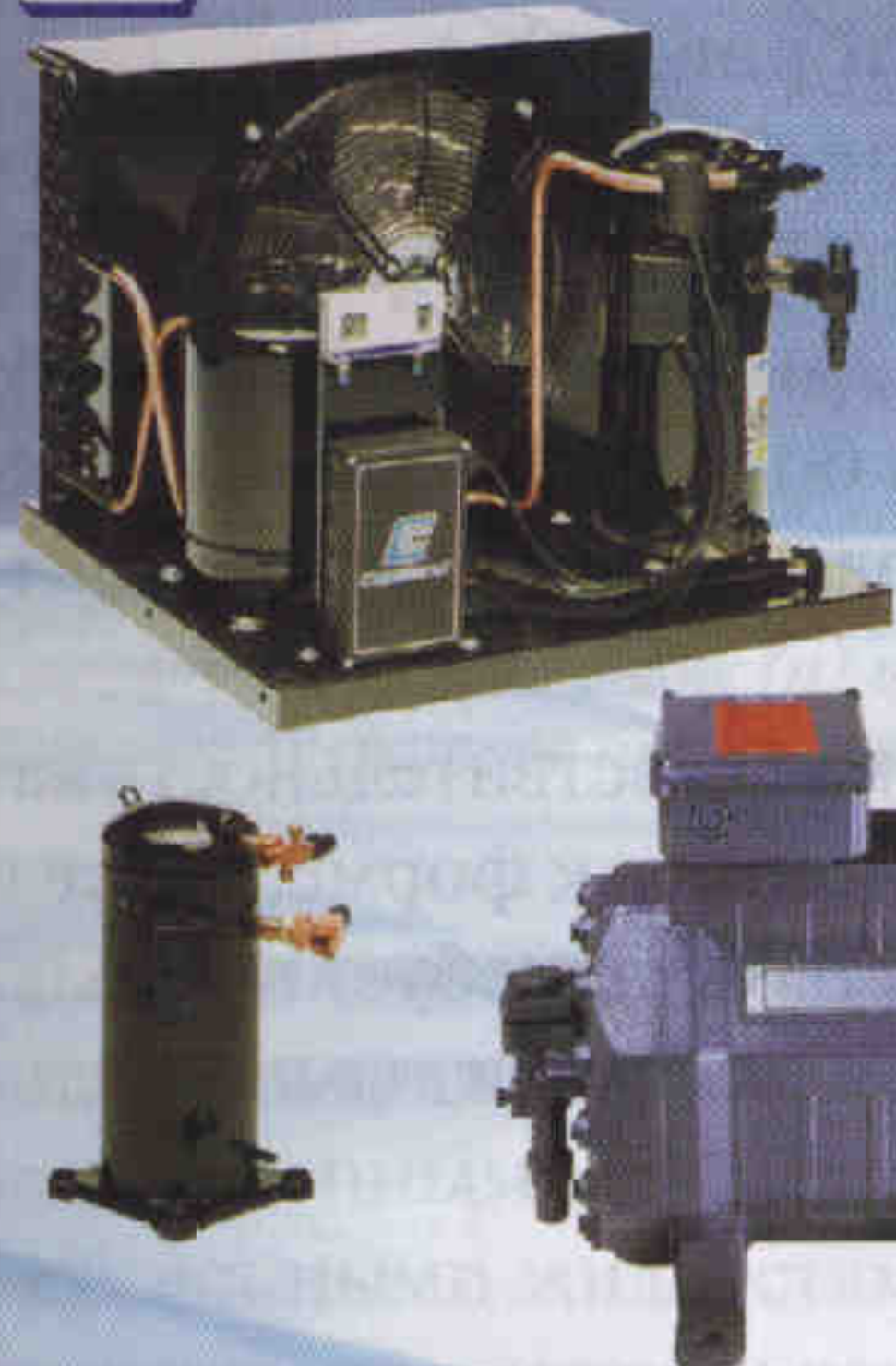
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грязнов Б.Т., Зинкин А.Н., Прудников В.В. Стасенко В.П. Технологические методы повышения долговечности машин микрокриогенной техники. — Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1999.

2. Грязнов Б.Т., Зинкин А.Н., Стасенко В.П., Вакилов А.Н., Прудников В.В., Прудникова И.А. Разработка методов повышения триботехнических характеристик несмазываемых узлов трения // Трение и износ, 1998. Т. 19. № 4.

3. Грязнов Б.Т., Зинкин А.Н., Стасенко В.П., Вакилов А.Н., Прудников В.В., Мамонтова М.В. Методы определения и повышения адгезионной прочности износостойких покрытий // Трение и износ. 1998. Т. 19. № 4.

Copeland



АГРЕГАТЫ И КОМПРЕССОРЫ



ВОДООХЛАЖДАЮЩИЕ УСТАНОВКИ



ХОЛОДИЛЬНЫЕ КАМЕРЫ

ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Проектирование, строительство
Реконструкция холодильных объектов
Монтаж, пуско-наладка, гарантия
Сервисное обслуживание
Комплектующие, запчасти



АГРО-3

т/ф: (095) 742-49-79, 721-20-77
Москва, ул. Б Черкизовская, 26-а

Приглашаем региональных дилеров



ХОЛОДИЛЬНАЯ АВТОМАТИКА



PRIMETAL



ТЕПЛООБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ



ЛЬДОГЕНЕРАТОРЫ

Быстрое замораживание пищевых продуктов посредством гидрофлюидизации и перекачиваемых ледяных суспензий

К.А. ФИКИИН, А.Г. ФИКИИН

Технический университет, София

В последние 70 лет в развитых странах быстрое замораживание утвердилось как промышленный метод, обеспечивающий долгосрочное хранение скоропортящихся пищевых продуктов. Как хорошо известно, интенсивность замораживания значительно влияет на качество замороженных продуктов, в которых основная часть содержащейся воды должна быть быстро превращена в мелкозернистую кристаллическую структуру, чтобы предотвратить повреждение тканей и немедленно ингибировать нежелательные микробиологические и ферментативные процессы. Наиболее популярны сейчас воздушные и плиточные скороморозильные аппараты. Флюидизационные аппараты применяются в основном для индивидуального быстрого замораживания мелкоштучных продуктов. Использование криогенных быстрозамораживающих аппаратов все еще весьма ограничено из-за высокой стоимости сжиженных газов.

Флюидизационное замораживание. Воздушная флюидизация хорошо изучена и промышленно реализуется уже более 40 лет. Авторами настоящей статьи проведены некоторые из основополагающих исследований по созданию флюидизационных морозильных аппаратов, а также по анализу параметров процесса флюидизации [3, 4, 15, 18–20].

Сразу после появления систем LEWIS (Lewis Refrigeration Co., США) и FloFREEZE (FRIGOSCANDIA, Швеция) болгарская пи-

The paper is devoted to the so-called HydroFluidisation Method, recently suggested and patented by the authors to bring together the advantages and to overcome the drawbacks of both air fluidisation and immersion food freezing techniques. Two main innovative aspects can clearly be distinguished: (i) employment of unfreezable liquids as fluidising agents and (ii) use of pumpable ice slurries as fluidising media. This freezing principle provides an extremely high heat transfer rate, short freezing times, great throughput and better product quality at refrigerating temperatures maintained by a single-stage refrigeration machine. Thus, nearly two times lower investments and power costs are necessary as compared with the popular individual quick freezing methods. Moreover, such hydrofluidisation freezing systems are less hazardous from the environmental viewpoint, since the refrigerant is closed in a small isolated circuit only. Some collaborative research activities directed towards the method's development and implementation within the European Union are also outlined.

щевая промышленность была оснащена оригинальными флюидизационными аппаратами (АЗФ). Фрукты и овощи, замороженные в АЗФ, успешно экспортировались в Западную и Северную Европу.

Воздушная флюидизация имеет ряд преимуществ:

- высокая интенсивность замораживания благодаря малым размерам и низкому тепловому сопротивлению замораживаемых продуктов, большой общей площади теплопередающей поверхности и высоким коэффициентам поверхностной теплоотдачи;
- отличное качество замороженных продуктов, которые имеют привлекательный внешний вид и не слипаются между собой;
- непрерывность процесса замораживания и возможность полной его автоматизации.

Однако воздушная флюидизация имеет также некоторые недостатки:

- большие капитальные и эксплуатационные затраты в связи с применением двухступенчатых холодильных установок (для достижения температуры кипения -45°C), работающих в основном на озоноразрушающих хладагентах.
- меньшие коэффициенты поверх-

ностной теплоотдачи и интенсивность замораживания по сравнению с иммерсионными способами;

- необходимость создания воздушных потоков высоких скорости и давления ведет к значительным затратам электроэнергии на работу вентиляторов;
- выделение влаги с поверхности продуктов приводит к быстрому образованию инея на воздухоохладителях из-за большой разности температур продуктов и кипящего хладагента;
- чрезмерная чувствительность параметров процесса к форме, массе и размерам продукта требует тщательного контроля за каждым отдельным продуктом.

Иммерсионное замораживание

Иммерсионное замораживание в некипящих жидких хладоносителях — хорошо известный метод, который позволяет получить высокую интенсивность теплопередачи, мелкокристаллическую структуру льда в замороженных продуктах, высокую производительность процесса, а также снизить капитальные и эксплуатационные затраты [8, 9, 12, 14].

Применение иммерсии было ограничено вследствие неконтролируемо-

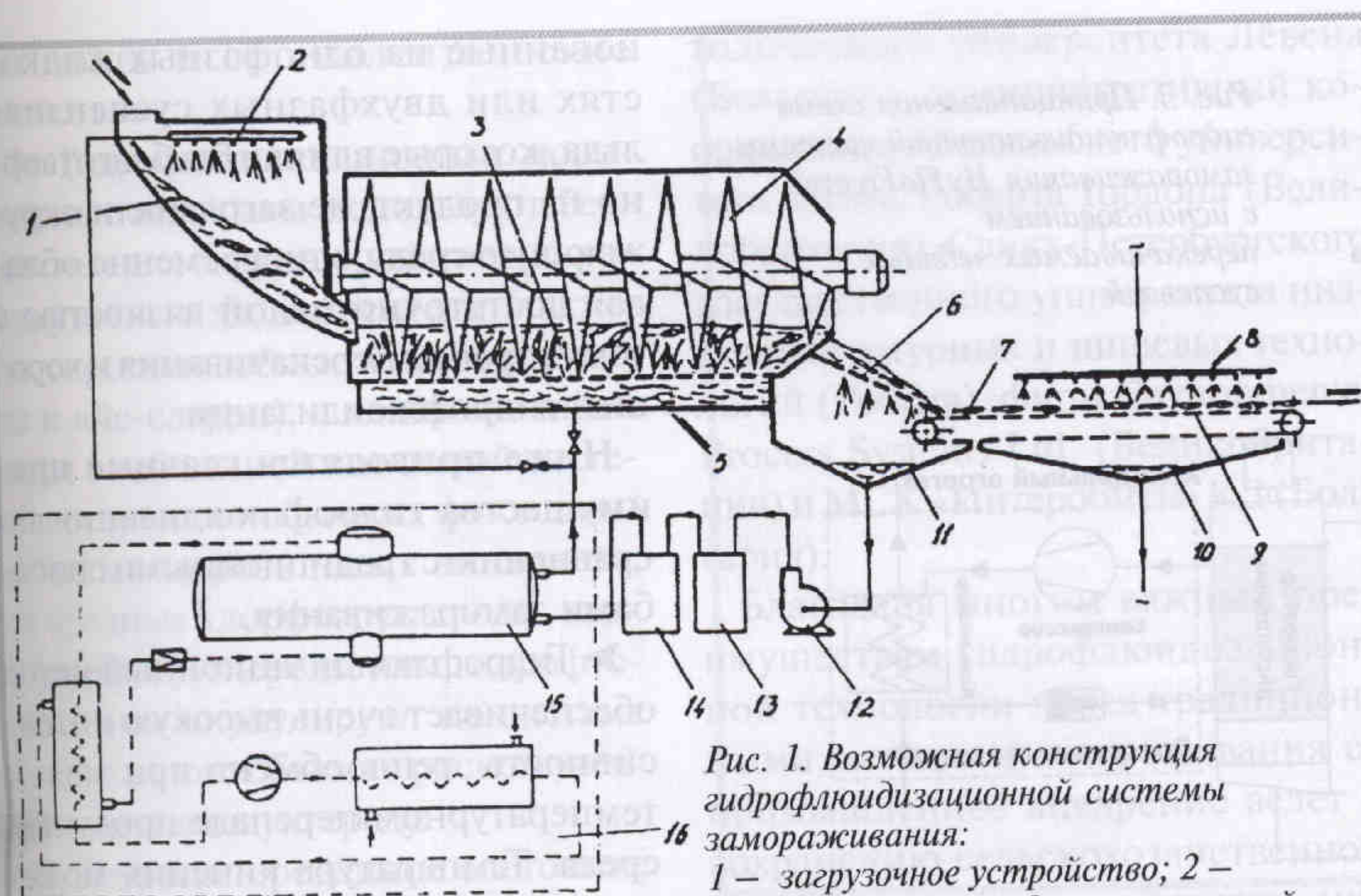


Рис. 1. Возможная конструкция гидрофлюидизационной системы замораживания:

1 — загрузочное устройство; 2 — система орошения; 3 — морозильный отсек; 4 — перфорированный шнек; 5 — двойное дно; 6 — перфорированный желоб для удаления охлаждающей среды; 7, 9 — сетчатый ленточный конвейер; 8 — орошающее устройство для глазирования; 10, 11 — коллекторы; 12 — насос; 13, 14 — фильтры грубой и тонкой очистки; 15 — охладитель промежуточного хладагента; 16 — холодильная установка

недостатков и суммирования преимуществ методов замораживания воздушной флюидизацией и иммерсией [5, 6, 16].

Сущность метода гидрофлюидизации состоит в использовании циркуляционной системы, которая перекачивает жидкий хладоноситель вверх через отверстия или сопла в замораживающий сосуд, создавая таким образом перемешивающие струи. Они формируют флюидизированный слой высокотурбулентной жидкости и движущихся продуктов, что обеспечивает очень высокие коэффициенты поверхностной теплоотдачи. Принцип действия гидрофлюидизационной морозильной системы показан на рис. 1.

Незамерзающие жидкие хладоносители как флюидизационные агенты

Хотя различные иммерсионные методы известны уже длительное время, принципы гидрофлюидизации не использовались до сих пор для охлаждения и замораживания пищевых продуктов. Эксперименты по гидрофлюидизационному замораживанию мелкой рыбы и некоторых овощей в водном растворе хлорида натрия показали намного более высокую интенсивность замораживания в сравнении с другими методами индивидуального быстрого замораживания [5, 6]. Максимальный коэффициент поверхностной теплоотдачи превысил $900 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, в то время как при погружении в движущуюся жидкость он был равен $378 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $432 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ при орошении и $475 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ при погружении с барботированием воздуха [17]. Даже при слабом или умеренном перемешивании струями и сравнительно высокой температуре охлаждающей среды (около -16°C) ставрида, находившаяся при температуре 25°C , была заморожена до -10°C в центре за 6...7 мин, мелкая сельдь и зеленая фасоль — за 3...4 мин, а зеленый горошек — за 1...2 мин (рис. 2).

Перекачиваемые ледяные суспензии как флюидизационные агенты

Перекачиваемые ледяные суспензии, известные под различными тор-

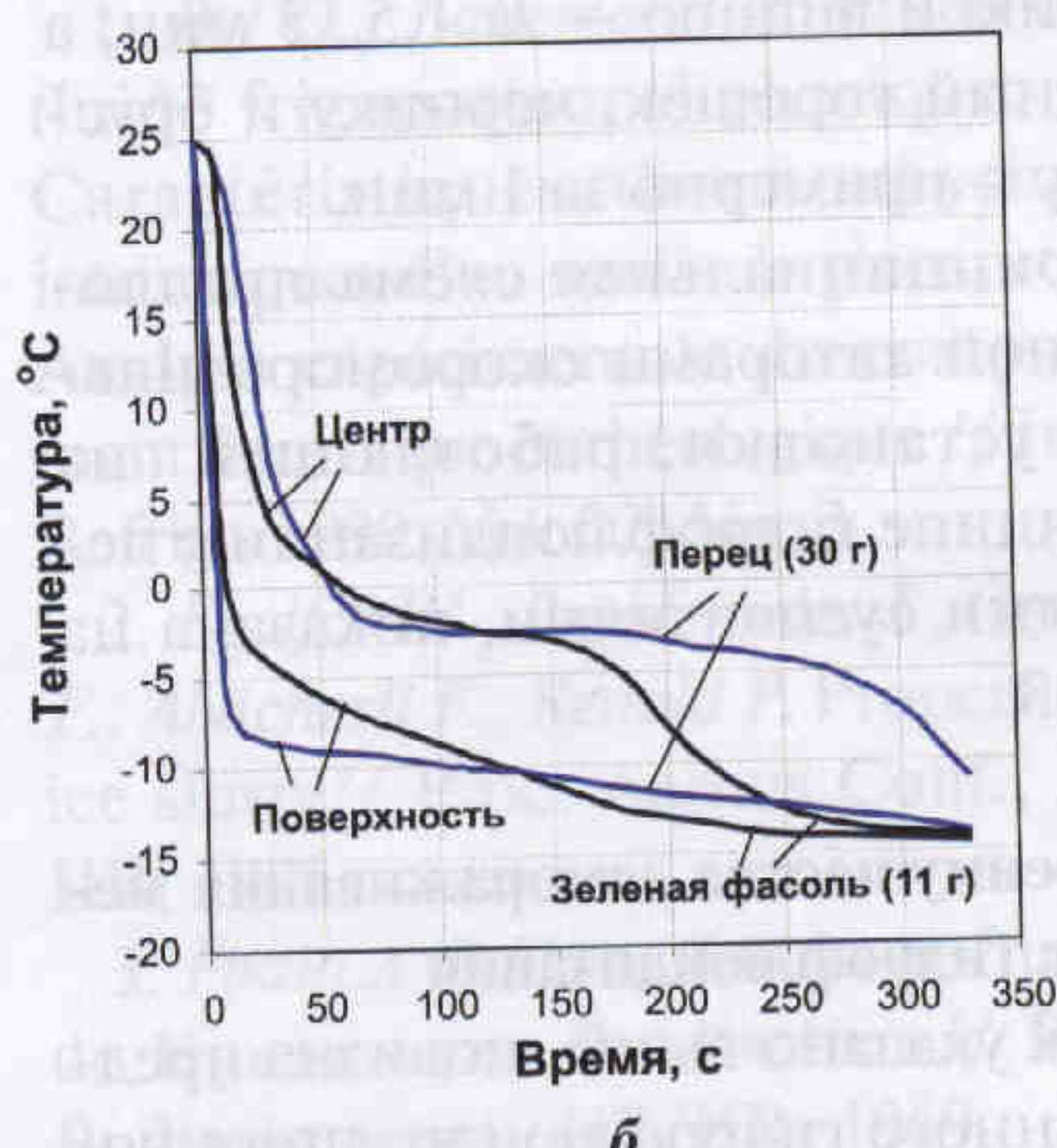
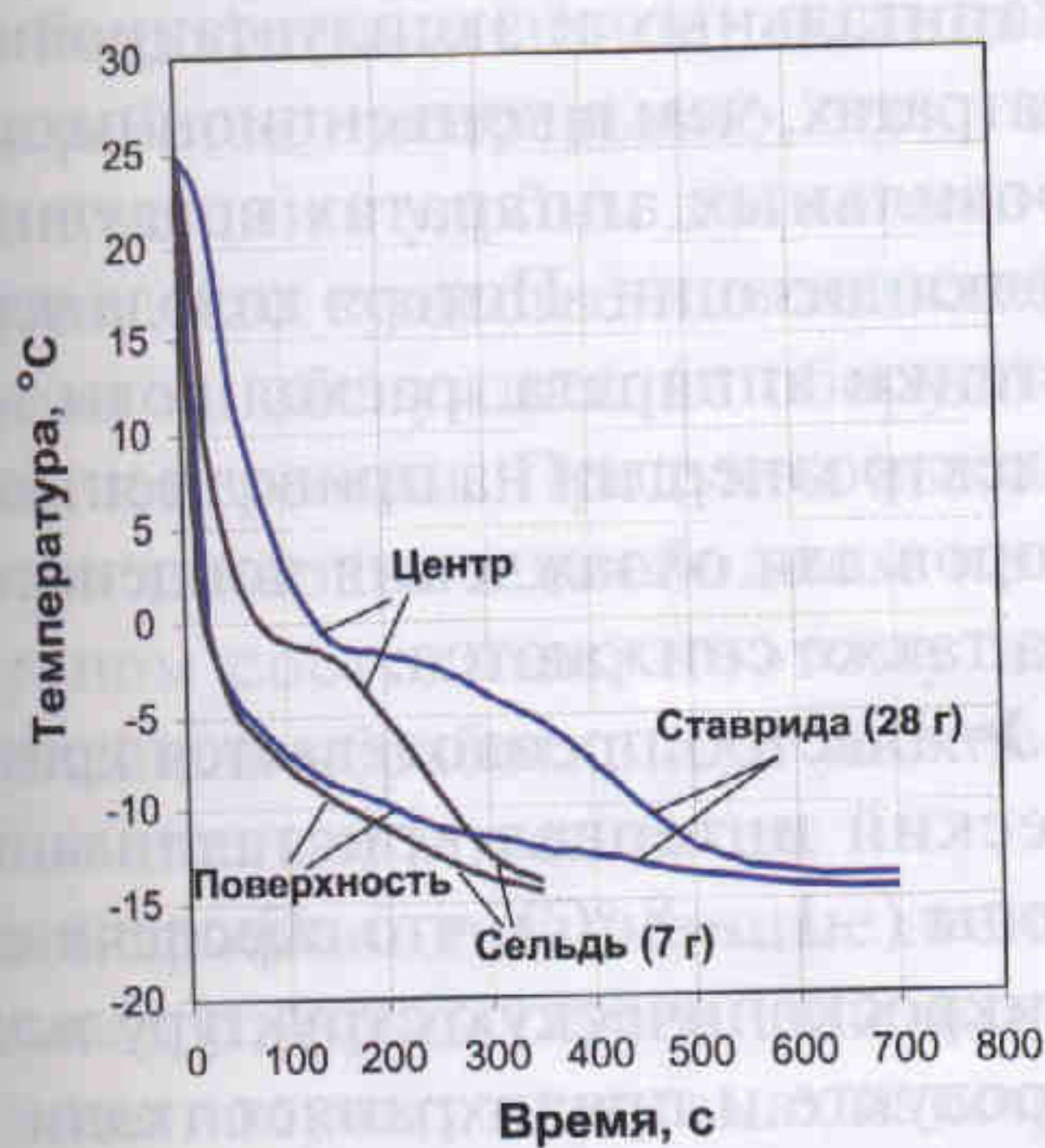


Рис. 2. Экспериментальные кривые гидрофлюидизационного замораживания некоторых видов рыбы (а) и овощей (б) с использованием раствора хлорида натрия при температуре охлаждающей среды $-15...-16^\circ\text{C}$ и средней скорости струй 2 м/с

го проникновения растворенных веществ внутрь продукта, а также эксплуатационными проблемами с иммерсионными жидкостями (высокая вязкость при низких температурах, трудность поддержания среды с постоянной концентрацией и без органических загрязнений). Последние достижения в тепломассопередаче, физической химии, гидродинамике и автоматике позволили в значительной степени решить эти проблемы и разработать передовые иммерсионные аппараты быстрого замораживания.

Цель настоящей статьи — ознакомить читателей с одним из новых методов индивидуального быстрого за-

мораживания, который увеличивает поверхностную теплопередачу, скорость замораживания, производительность, энергетическую и экономическую эффективность процесса посредством гидрофлюидизации с незамерзающими жидкостями или перекачиваемыми ледяными суспензиями.

Незамерзающие жидкости и перекачиваемые ледяные суспензии как флюидизационные агенты

Гидрофлюидизационный метод быстрого замораживания пищевых продуктов был недавно предложен и запатентован с целью преодоления

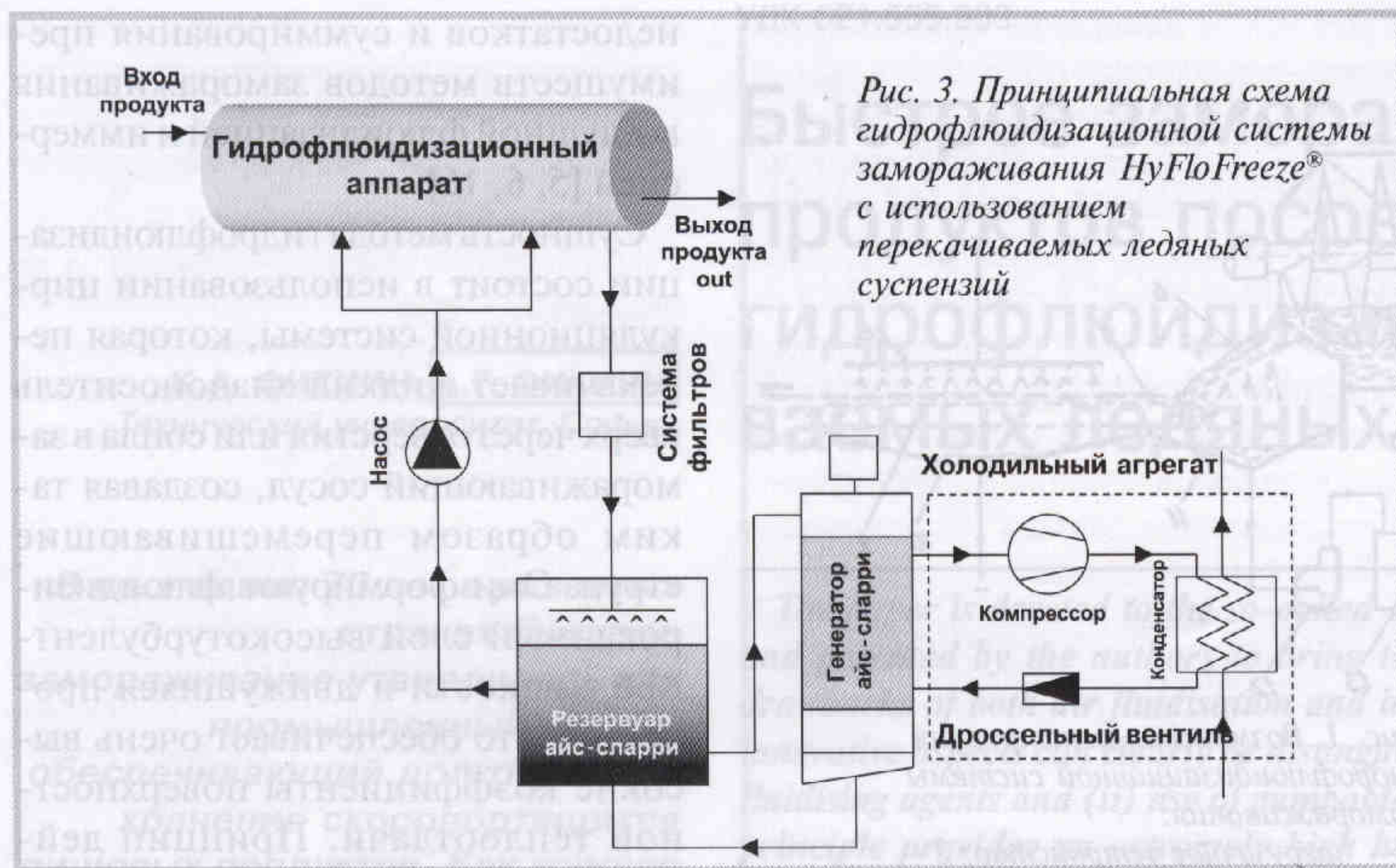


Рис. 3. Принципиальная схема гидрофлюидизационной системы замораживания HyFloFreeze® с использованием перекачиваемых ледяных суспензий

говыми наименованиями — FLO-ICE, BINARY ICE, Slurry-ICE, Liquid-ICE, Fluid ICE или Pumpable-ICE (далее айс-сларри), — были недавно предложены в качестве безопасных для окружающей среды промежуточных хладоносителей, циркулирующих в теплообменном оборудовании холодильных установок вместо традиционных вредных хлорфторуглеродных и гидрохлорфторуглеродных хладагентов [1, 2, 10, 11, 13].

Авторы выдвинули идею — усилить преимущества гидрофлюидизации, используя двухфазные ледяные суспензии как флюидизационные среды. Ледяные суспензии обладают высоким энергетическим потенциалом, так как микроскопические частицы льда абсорбируют тепло фазового превращения при плавлении на поверхности продукта. Таким образом, целью внедрения айс-сларри является обеспечение чрезвычайно высокого коэффициента поверхностной теплоотдачи [порядка 1000...2000 Вт/(м²·К)], исключительно малого времени замораживания и равномерного распределения температуры по всему объему морозильного аппарата. Метод гидрофлюидизации с использованием айс-сларри позволяет достичь интенсивности теплопередачи, свойственной криогенным методам замораживания. Например, при температуре замораживающего айс-сларри –25 °С и коэффициенте

теплоотдачи 1000 Вт/(м²·К) малину, абрикосы и сливы с температурой 25 °С можно заморозить до конечной среднеобъемной температуры –18 °С за 8...9 мин; землянику садовую, черешню и вишню — за 1,5...3 мин; а зеленый горошек, чернику и бруснику — примерно за 1 мин.

Принципиальная схема предложенной авторами скороморозильной установки, работающей на принципе гидрофлюидизации с ледяными суспензиями, показана на рис. 3.

Преимущества замораживания методов гидрофлюидизации

Как указано выше, новизна предложенного гидрофлюидизационного метода состоит в применении незамерзающих жидкостей или перекачиваемых ледяных суспензий в качестве флюидизационных агентов. Хорошо известно, что история иммерсионного замораживания началась с использования рассолов при замораживании рыбы, мяса и овощей. Бинарные или трехкомпонентные водные растворы, содержащие растворимые углеводы (например, сахарозу, инвертный сахар, глюкозу, фруктозу и другие моно- и дисахариды) с добавлением этанола, солей, глицерина и т.д., изучались как возможные иммерсионные среды. Существуют практически неограниченные возможности комбинировать составляющие и создавать необходимые многокомпонентные гидрофлюидизационные среды, ос-

нованные на однофазных жидкостях или двухфазных суспензиях льда, которые влияли бы благотворно на продукт, не загрязняли окружающую среду, одновременно обладая достаточно малой вязкостью с точки зрения перекачивания и хорошей гидрофлюидизации.

Ниже приводятся главные преимущества гидрофлюидизации по сравнению с традиционными способами замораживания.

➤ Гидрофлюидизационный метод обеспечивает очень высокую интенсивность теплообмена при малом температурном перепаде продукт — среда. Температура кипения может поддерживаться на более высоком уровне (–25...–30 °С) посредством одноступенчатой холодильной машины со значительно более высоким холодильным коэффициентом и при почти в 2 раза меньших капитальных и эксплуатационных затратах, чем в конвенционных морозильных аппаратах воздушной флюидизации. Потеря холода через стенки аппарата, расход воды или электроэнергии на привод вентиляторов для охлаждения конденсатора также снижаются.

➤ Быстро преодолевается критический интервал кристаллизации воды (–1...–8 °С), что обеспечивает микроскопическую структуру льда в продукте и предохраняет ткани от ощутимых повреждений.

➤ Мгновенно замораживается поверхность продукта, превращаясь в твердую корочку, что подавляет осмотический перенос и придает продукту привлекательный товарный вид. Потери влаги практически нет, тогда как в воздушных тоннелях она обычно составляет 2–3 %.

➤ Используя некоторые специально подобранные среды (например, фрукты, замороженные в сиропоподобных сахарных растворах, превращаются в десертные продукты с улучшенными вкусом, запахом и структурой), можно легко создавать новые деликатесные продукты. Такие среды могут также включать подходящие антиоксиданты, ароматизаторы и микроэлементы, чтобы увеличить срок хранения продуктов и улучшить их пищевую

ценность и органолептические свойства.

► Гидрофлюидизационные морозильные аппараты используют безопасные для окружающей среды промежуточные хладоносители (такие, как сиропоподобные водные растворы и айс-сларри), а хладагент находится в небольшой замкнутой системе в отличие от обычных флюидизационных морозильных аппаратов, где вредные хлорфторуглероды, гидрохлорфторуглероды или гидрофторуглероды циркулируют по системе значительного объема с риском утечки в окружающую среду.

► Флюидизированное состояние достигается при низких скоростях и давлениях флюидных струй благодаря силам Архимеда и плавучести продуктов, что ведет к экономии энергии и минимальному механическому воздействию на продукт.

► Гидрофлюидизационные аппараты работают непрерывно, легки в эксплуатации и удобны для автоматизации, что существенно снижает затраты на обслуживание оборудования и персонал. Продукты выходят из аппарата в свободном поштучном состоянии, поэтому их дальнейшая обработка или упаковка значительно упрощается.

► Гидрофлюидизационные агенты на базе ледяных суспензий можно легко получать в системах накопления тепловой энергии, которые аккумулируют айс-сларри ночью при дешевых тарифах на электроэнергию.

Новая технология гидрофлюидизации, получившая награду Болгарского патентного агентства как выдающееся изобретение, привлекла внимание исследователей и представителей промышленности. Оптимизация конструкции гидрофлюидизационных морозильных систем требует междисциплинарного подхода исследователей [7].

Европейская комиссия решила финансировать проект Европейского союза INCO-COPERNICUS для разработки этого метода международным консорциумом, включающим исследовательские группы из Технического университета в Софии (Болгария) — научный координатор, Ка-

толического университета Лёвена (Бельгия) — административный координатор, Абердинского университета имени Роберта Гордона (Великобритания), Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий (Россия), фирм Environmental Process Systems Ltd. (Великобритания) и МСК «Интеробмен» КД (Болгария).

Благодаря многим важным преимуществам гидрофлюидизационной технологии перед традиционными методами замораживания ее промышленное внедрение ведет к сохранению сельскохозяйственной продукции, экономии энергии, инвестиций и эксплуатационных расходов, а также к улучшению качества замороженных продуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bel O., Lallemand A.* Etude d'un fluide frigoporteur diphasique: 1 — Caractéristiques thermophysiques intrinsèques d'un coulis de glace; et 2 — Analyse expérimentale du comportement thermique et rhéologique // *Int. J. Refrig.*, 1999, Vol. 22, No. 3.
2. *Egolf P.W., Brühlemeier J., Özvegyi F., Abächerli F., Renold P.* Properties of ice slurry // *Proc. Aarhus Conf., IIF/IIR*, 1996.
3. *Fikiin A.G.* Congélation de fruits et de légumes par fluidisation // *Proc. Budapest Conf., IIF/IIR*, 1969.
4. *Fikiin A.G.* Bases théoriques du procédé de fluidisation lors de l'intensification de la congélation des fruits et des légumes // *Proc. 15th Int. Congress Refrig., Venice*, 1979, Vol. 4/
5. *Fikiin A.G.* New method and fluidized water system for intensive chilling and freezing of fish // *Food Control*, 1992, Vol. 3, No. 3.
6. *Fikiin A.G.* Quick freezing of vegetables by hydrofluidization. *Proc. Istanbul Conf., IIF/IIR*, 1994.
7. *Fikiin K.A., Tsvetko, O.B., Lapte, Yu.A., Fikiin A.G., Kolodyaznaya V.S.* Thermophysical and engineering issues of the immersion freezing of fruits in ice slurries based on sugar-ethanol aqueous solutions // *Proc. 3rd IIR Workshop on Ice Slurries*, Lucerne, Switzerland, 2001.
8. *Fleshland O., Magnussen O. M.*

Chilling of farmed fish // *Proc. Aberdeen Conf., IIF/IIR*, 1990.

9. *Lucas T., Raoult-Wack A.L.* Immersion chilling and freezing in aqueous refrigerating media: review and future trends // *Int. J. Refrig.*, 1998, Vol. 21, No. 6.

10. *Paul J.* Binary ice as a secondary refrigerant // *Proc. 19th Int. Congress Refrig., The Hague*, 1995, Vol. 4b.

11. *Pearson S.F., Brown J.* Use of pumpable ice to minimise salt uptake during immersion freezing. // *Proc. Oslo Conf., IIF/IIR*, 1998.

12. *Tressler D.K.* Food freezing systems. In: *Tressler, D.K., Van Arsdel, W.B., Copley, M.J.* The Freezing Preservation of Foods, Vol. 1, The AVI Publishing Co., Westport, Connecticut, 1968.

13. *Ure Z.* Slurry-ice based cooling systems // *Proc. Sofia Conf., IIF/IIR*, 1998.

14. *Woolrich W. R.* Handbook of Refrigerating Engineering, Vol. 2: Applications. The Avi Publishing Co., Westport, Connecticut, 1966.

15. *Фикийн А.Г.* Физические условия флюидизационного замораживания плодов и овощей // *Холодильная техника*. 1980. № 7.

16. *Фикийн А.Г.* Метод и система за имерсионно охлаждане и замразяване на хранителни продукти чрез хидрофлюидизация. Авторско свидетелство № 40164, Българско патентно ведомство — ИНПА, 1985.

17. *Фикийн А.Г., Фам В.Х.* Система за изследване на режимите на топлообмен при хидроохлаждане на хранителни продукти. Авторско свидетелство № 39749, Българско патентно ведомство — ИНПА, 1985.

18. *Фикийн А.Г., Дичев С.П., Карагеров Д.И.* Флюидизационен замразителен апарат за плодове и зеленчуци с различна големина. Авторско свидетелство № 10967, Българско патентно ведомство — ИНПА, 1965.

19. *Фикийн А.Г., Дичев С.П., Фикийна И.К.* Основные параметры, характеризующие флюидизации слоев плодов и овощей // *Холодильная техника*. 1966. № 11.

20. *Фикийн А.Г., Дичев С.П., Карагеров Д.И.* Флюидизационный морозильный аппарат АЗФ // *Холодильная техника*. 1970. № 7.

Теплоизоляция для холодильных систем и систем кондиционирования воздуха

канд. техн. наук **Б.С.УХОВ**
Компания «ИЗБА»

В настоящее время в холодильных системах и системах кондиционирования широко применяются два типа теплоизоляционных материалов – это вспененный каучук (эластомеры) и вспененный полиэтилен. Сравним эти материалы по способу их применения и эффективности.

ДОСТАВКА МАТЕРИАЛА К МЕСТУ МОНТАЖА

Полиэтилен – жесткий материал, который выпускается в виде трубок длиной 2 м. Для его перевозки необходим транспорт соответствующей длины – свернуть или сложить трубки нельзя. Каучуковые трубки сворачивают в бухты и в случае небольших поставок перевозят даже легковым автомобилем. Еще проще использовать при небольших диаметрах уже готовые материалы K-Flex Frigo, упакованные в бухты.

МОНТАЖ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ НА ТРУБОПРОВОД

Изоляцию из любого материала подбирают по диаметру изолируемой трубы. Однако, учитывая, что сортамент каучуковых трубок примерно в 2 раза больше, чем полиэтиленовых, проще выбрать каучуковую трубку именно того размера (по внутреннему диаметру и толщине стенки), который наиболее точно подходит к изолируемой трубе, и тем самым избавиться от слоя воздуха между изоляцией и изолируемой поверхностью. Высокая гибкость каучуковых изо-

ляционных материалов позволяет изгибать изолируемую трубу так, как это необходимо, не боясь повреждения изоляции.

При использовании стандартных двухметровых полиэтиленовых изоляционных трубок весьма велики отходы материала (допустим, требуется изолировать трубу длиной 185 см, тогда 15 см изоляции выбрасывают). В случае использования эластомера, например, K-Flex Frigo вы можете отрезать изоляцию нужной длины, сводя отходы практически к нулю (длина бухт от 10 до 50 м в зависимости от толщины и внутреннего диаметра изоляции).

Поскольку основной задачей теплоизоляции трубопроводов холодильных систем является защита от образования конденсата (обморожения), необходимо приклеивать изоляционные трубки с обоих торцов к изолируемой трубе, чтобы избежать проникновения влаги в промежуток между изоляцией и трубой. Добиться равномерного приклеивания полиэтилена практически невозможно, поэтому зачастую используют хомуты, которые решают проблему на первое время, но потом начинаются обильные протечки, что признают и сами производители полиэтиленовой изоляции. В то же время правильный монтаж каучуковой изоляции (приклеивание ее к трубе с обоих торцов) предохраняет от проникновения влаги в подызоляционное пространство. Кроме того, при склейке торцов каучуковой изоляции возникает так называемый эффект холодной сварки,

когда склеенный шов после полимеризации клея образует однородную структуру с техническими характеристиками, не отличающимися от свойств самой изоляции. Это невозможно при склейке полиэтиленовой изоляции.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ

Как уже сказано выше, в случае применения полиэтиленовой теплоизоляции трубопроводов возможно проникновение влаги между ней и изолируемой трубой. В этом случае теплопроводность системы труба-влаги-изоляция повышается, что приводит к увеличению энергозатрат и фактически делает бессмысленным само применение изоляции. Кроме того, как опять же признают сами производители теплоизоляции из вспененного полиэтилена, она дает усадку до 3,5% (а для трубы длиной 2 м это 7 см). Напряжения, возникающие в полиэтиленовой трубке, просто отрывают ее с места склейки. При применении каучука (допустим, K-Flex) такого не происходит.

БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ

Безопасность является весьма важным фактором при выборе материалов системы. Одним из основных показателей безопасности являются противопожарные свойства материалов, и в частности теплоизоляции. Каучук, по горючести относящийся

ся к группе Г1, пожаробезопаснее, чем полиэтилен (группа Г2). Помимо этого при попадании в огонь полиэтилен выделяет оксид углерода – СО, невидимый газ без запаха. Особенно опасен он ночью, когда люди спят. Большинство жертв пожаров – это не сгоревшие, а угревшие от СО люди. Российские испытания одного из наиболее распространенных полиэтиленовых материалов показали, что он высокоопасен по токсичности. Кроме того, полиэтилен при горении выделяет большое количество тепла: 40000 кДж/г, в то время как каучук – 16000...19000 кДж/г.

Трудногораемые некапающие каучуковые материалы, например K-Flex, применяются в объектах с повышенными требованиями к материалам по нормам России, Германии, США, Англии, Италии, Швейцарии и других стран. Все предлагаемые

изоляционные материалы K-Flex прошли апробацию в официальных российских государственных учреждениях и имеют российские сертификаты и разрешения от таких учреждений, как Госстрой РФ, Госгортехнадзор, органы пожарного надзора, Морской Регистр и др. Кроме того, эти материалы предусмотрены к включению в новую редакцию СНиП 2.04.14–88 «Тепловая изоляция».

Все вышесказанное убедительно доказывает, что применение в холодильных системах и системах кондиционирования воздуха теплоизоляционных материалов из вспененного каучука является единственно правильным решением, позволяющим повысить эффективность оборудования, выдержать необходимые требования к технологическому процессу и обеспечить безопасность системы. Более подробную информацию о

полиэтиленовой и каучуковой (эластомерной) теплоизоляции, а также описание предлагаемых материалов с их сортаментами и техническими характеристиками можно также получить на сайте компании «ИЗБА»:

www.izbagroup.ru.

Сотрудники компании имеют более чем 10-летний опыт работы в области вспененных теплоизоляционных материалов. Мы готовы дать квалифицированную консультацию, а также провести обучение персонала ваших компаний с подробным представлением изоляционных материалов, предлагаемых на российском рынке, и рекомендациями по их использованию.

*По всем интересующим вас вопросам вы всегда можете обратиться в компанию «ИЗБА» по телефону в Москве **105 7722** либо по*

E-mail: office@izbagroup.ru

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

Новое техническое пособие от компании Альфа Лаваль

**Уважаемые коллеги – специалисты
по холодильной технике!
Компания Альфа Лаваль – мировой
лидер в производстве
теплообменного оборудования для
систем холодоснабжения и
кондиционирования воздуха –
предлагает вашему вниманию в
наступившем году совершенно
уникальное издание – книгу о
теплообменном оборудовании Альфа
Лаваль для систем холодоснабжения.**

Альфа Лаваль, являясь ведущей компанией на рынке теплообменного оборудования, постоянно генерирует новые технические и конструктивные решения. Кроме того, накоплен огромный теоретический и практический опыт, который активно используется партнерами компании в их деятельности.

При этом заказчиками часто поднимался вопрос: «Почему бы опыт, накопленный Альфа Лаваль не систематизировать в виде книги? Тогда в одном издании можно рассмотреть вопросы, связанные с проектированием, монтажом и сервисным обслуживанием оборудования».

Действительно, современный специалист, будь это инженер-разработчик оборудования, монтажник или работник сервисной службы, должен хорошо знать не только свою часть работы. Сегодня рынок требует специалистов с большим кругозором и широкими универсальными знаниями. Более того, сегодня в России явно не хватает специализированных изданий по холодильной технике.

Таким образом, отвечая на весь комплекс вопросов и предлагая надежную техническую поддержку как существующим, так и потенциальным партнерам, компания Альфа Лаваль подготовила для российского рынка данное справочное пособие.

В книге изложены теоретические основы, характеристики, методики подбора и монтажа теплообменного оборудования Альфа Лаваль для холодильной техники. При этом рассмотрение теплообменной части холодильного цикла неразрывно



Пластинчатые теплообменники Альфа Лаваль
для холода

Справочное пособие



связано с другими важными элементами и частями холодильной системы. Кроме того, даны многочисленные примеры оптимизации различных схем холодильных машин с применением широкой гаммы теплообменного оборудования Альфа Лаваль.

Особая привлекательность данного издания состоит в том, что в нем изложены не только вопросы теории, но и многочисленные примеры практического использования оборудования. Поэтому книга вполне может стать интересной для широкого круга специалистов.

Хотелось бы надеяться, что справочное пособие окажется полезным и вы сможете получить самую исчерпывающую информацию по всем интересующим вас вопросам. Партнеры Альфа Лаваль, получив данное издание, в очередной раз могут оценить весь комплекс технической поддержки, оказываемой компанией.

Альфа Лаваль именно та компания, которая способна помочь вам достичь наилучшего результата.

С. К. ГРИГОРЬЕВ
ОАО «АЛЬФА ЛАВАЛЬ ПОТОК»

Контейнер для шокового замораживания рыбы и морепродуктов

В производственной программе компании «СНЕГ» далеко не последнее место занимает изготовление мобильных холодильных установок на базе 20-футовых контейнеров.

Назначение этих установок различно:

- замораживание рыбной продукции, мяса, ягод, грибов и т.д. (производительность до 10 000 кг/сут);
- хранение замороженной продукции при температуре от -10 до -30 °С;
- хранение продукции при температуре от $+10$ до -10 °С;
- интенсивное охлаждение различной продукции (молоко, рыба, мясо и т.д.) для дальнейшего замораживания или последующего хранения;

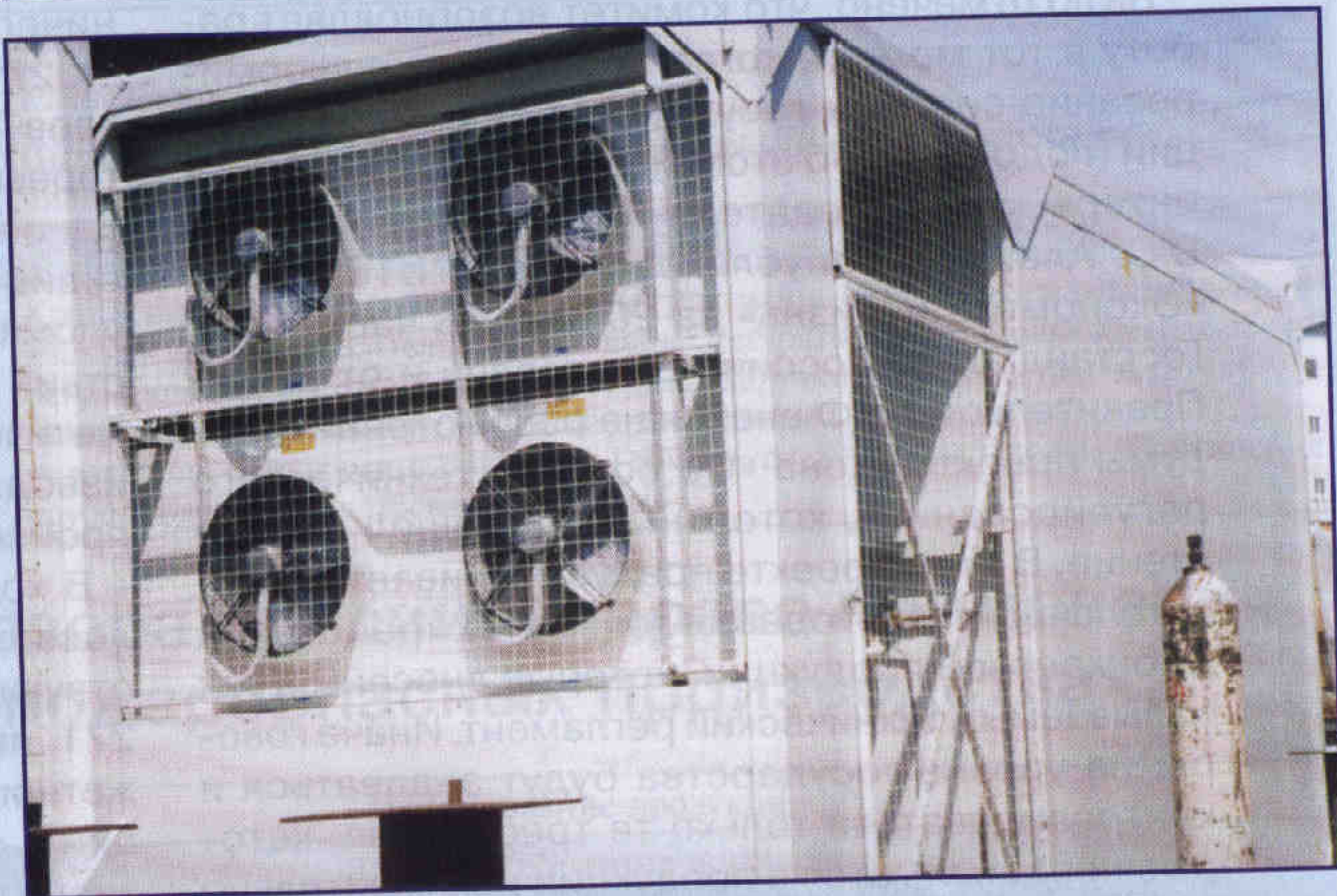
Отличительная особенность установок — это мобильность, что особенно хорошо для компаний, занимающихся выловом рыбы, сбором грибов, ягод.

Данная установка представляет собой полностью готовое к эксплуатации изделие. По заказу компания «СНЕГ» комплектует установки дизельгенератором, что позволяет эксплуатировать их в регионах, где недоступна электроэнергия, или в районах с высокой стоимостью электроэнергии. Размещение установки в 20-футовом контейнере позволяет транспортировать ее любым видом транспорта: автомобилем, железной дорогой, морским транспортом. Габаритные размеры и крепление полностью повторяют стандартный 20-футовый контейнер.

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМБИНАТ СНЕГ

115230, Москва, Каширское ш., д. 11,
к. 1, Телефон/Факс: (095) 113 3066,
111 3213, 111 6126, 113 5410,
111 6239, 113 9196.

E-Mail: snegoled@mail.ru
www.snegoled.ru



Технический комитет
по стандартизации № 271

**«Установки холодильные»
при Госстандарте России**

Ранее мы уже сообщали об изменениях в руководстве и секретариате ТК 271, которые были утверждены *приказом Госстандарта России* № 161 от 8 июля 2002 г. (см. ХТ № 9/ 2002, с. 28).

В декабре 2002 г. состоялось первое заседание обновленного состава ТК 271, которое провел его председатель, генеральный директор ОАО «ВНИИхолодмаш-Холдинг» *О.М. Таганцев*. В работе комитета приняли участие более 30 специалистов из 16 организаций, в том числе новых членов ТК 271, таких, как Госгортехнадзор России, ООО НПФ «Химхолодсервис», журнал «Холодильная техника» и др.

В ходе заседания были рассмотрены: проект новой редакции Положения о ТК 271, предложения по организации работы ТК 271 и порядку финансирования, план работы ТК 271 на 2003 г.

Было отмечено, что комитет возобновляет работу в тот момент, когда происходит реформирование системы государственной сертификации (подробнее об этом можно узнать, прочитав интервью председателя Госстандарта России *Б.С. Алешина*, опубликованное в №16 газеты «Экономика и жизнь» за 2002 г.). В частности, Госстандартом России подготовлен и от имени Правительства РФ внесен на рассмотрение Госдумы проект закона «Об основах технического регулирования», который уже прошел первое чтение. В этом проекте предусматривается обязательность соблюдения только тех требований к конкретной продукции, которые внесены в так называемый технический регламент. Иначе говоря, на уровне государства будут задаваться и контролироваться только те требования, которые предъявляются к продукции исключительно с точки зрения ее безопасности (безвредности). В связи с этим в выступлениях членов ТК 271 подчеркивалось, что в работе ТК должны поменяться приоритеты и появиться новые направления. В первую очередь это касается разработки нормативных документов, регламентирующих условия испытаний по определению основных характеристик холодильного оборудования. В качестве основы для их разработки было предложено использовать европейские стандарты EN 12900:1999 «Компрессоры холодильные. Условия испытаний по определению характеристик, допуски и представление параметров» и EN13215:2000 «Агрегаты компрессорно-конден-

саторные. Условия испытаний по определению характеристик, допуски и представление параметров».

Кроме того, в плане работы ТК 271 на 2003 г. предусмотрена переработка стандарта ГОСТ 24393–80 «Техника холодильная. Термины и определения», а также внесение изменений в действующие стандарты ГОСТ Р 12.2.142–99 «Системы холодильные холодопроизводительностью свыше 3,0 кВт. Требования безопасности» и ГОСТ Р 51360–99 «Компрессоры холодильные. Требования безопасности и методы испытаний».

Основным вопросом повестки дня стало обсуждение окончательной редакции проекта ГОСТ «Агрегаты компрессорно-конденсаторные с герметичными холодильными компрессорами для торгового холодильного оборудования. Общие технические условия», подготовленного членами ТК 271 ОАО «Холодмаш» (Ярославль) и ЗАО «Остров» (Мытищи). Проект разработан взамен устаревшего ГОСТ 22502–89. В результате обсуждения было решено привести проект в соответствие с новой концепцией Госстандарта России, упомянутой выше, а также ограничить сферу действия нового стандарта агрегатами на базе герметичных поршневых компрессоров холодопроизводительностью не более 2,9 кВт (объемная производительность не более 0,0024 м³/с).

В ходе заседания неоднократно подчеркивалось, что одной из основных проблем, препятствующих нормальному функционированию ТК 271, является практическое отсутствие государственного финансирования работ по стандартизации в области холодильной техники. Было признано целесообразным рассмотреть вопросы об учреждении предприятиями и организациями – членами ТК 271 на добровольной основе некоммерческого партнерства «Научно-технический комитет по стандартизации холодильного оборудования», а также о долевого участии заинтересованных членов ТК 271 в финансировании работ, запланированных на 2003 г. Практические пути решения этих вопросов было предложено обсудить на очередном заседании ТК 271, которое намечено на 26 февраля 2003 г.

Д-р техн. наук, проф.
В.Б. САПОЖНИКОВ,
ответственный секретарь ТК 271

В.В.ШИШОВ,
Е.В.ФУРСОВ
МГТУ им.Н.Э.БАУМАНА

Многокомпрессорные холодильные агрегаты. Проблемы распределения масла*

СИСТЕМА С РЕГУЛИРОВАНИЕМ УРОВНЯ МАСЛА

В случае, когда число параллельно работающих компрессоров равно или более четырех или компрессоры имеют разную производительность (хотя параллельного соединения компрессоров разной производительности и конструкции необходимо избегать), или неизвестно количество возвращаемого масла, предпочтительной оказывается система с регулятором уровня масла (РУМ) и маслоотделителем (МО) (рис. 1). При использовании этой системы разница в давлениях внутри картера каждого компрессора не оказывает влияния на стабилизацию уровня масла.

На всю систему приходится один общий МО, а каждый компрессор имеет свой РУМ, который устанавливают на месте крепления смотрового стекла. Масло из МО поступает в маслосорник (МС) и затем через РУМ в компрессор.

МО рекомендуется выбирать с учетом суммарной производительности параллельно соединенных компрессоров при условии гарантированной сепарации масла в режимах частичной и полной нагрузки. Если компрессоры находятся в холодном помещении, МО необходимо теплоизолировать во избежание конденсации хладагента в нерабочие периоды. Вероятность этого процесса уменьшается установкой обратного клапана на линии нагнетания за МО. В некоторых случаях может оказаться необходимым также подогрев МО.

При объединении более трех компрессоров (Maneurop) на каждый из них устанавливают РУМ, представляющие собой механические поплавковые вентили.

Фирма Copeland рекомендует применять механические регуляторы уровня масла только на компрессорах, имеющих реле контроля смазки.

На рис.2. представлен вариант исполнения системы с РУМ, индивидуальными МО и МС. Давление в МС превышает давление всасывания (либо промежуточное давление в двухступенчатых компрессорах) на 1,4 бар, что достигается использованием дифференциального клапана давления. Для установки РУМ используется соответствующий адаптер-переходник.

ЭЛЕКТРОННЫЕ БЛОКИ УПРАВЛЕНИЯ

Электронная система регулирования, например электронный блок управления VS2000 или VS1000 для агрегатов с бо-

лее чем 4 компрессорами (Linde) либо INT 2000SD2 (Kriwan), позволяет согласовать холодопроизводительность многокомпрессорного холодильного агрегата (МХА) с потребностью в холоде.

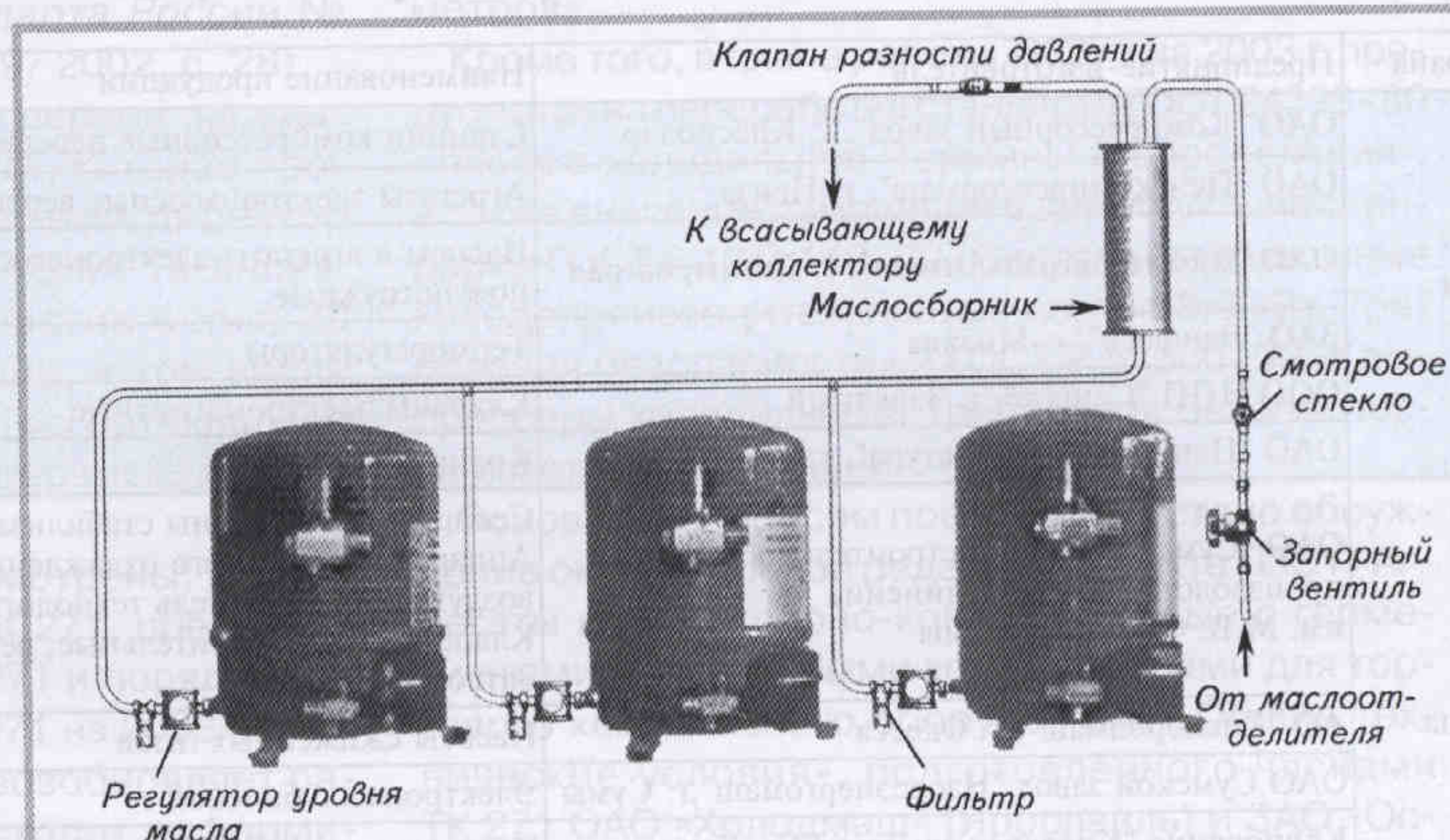


Рис. 1. Схема системы с регулированием уровня масла

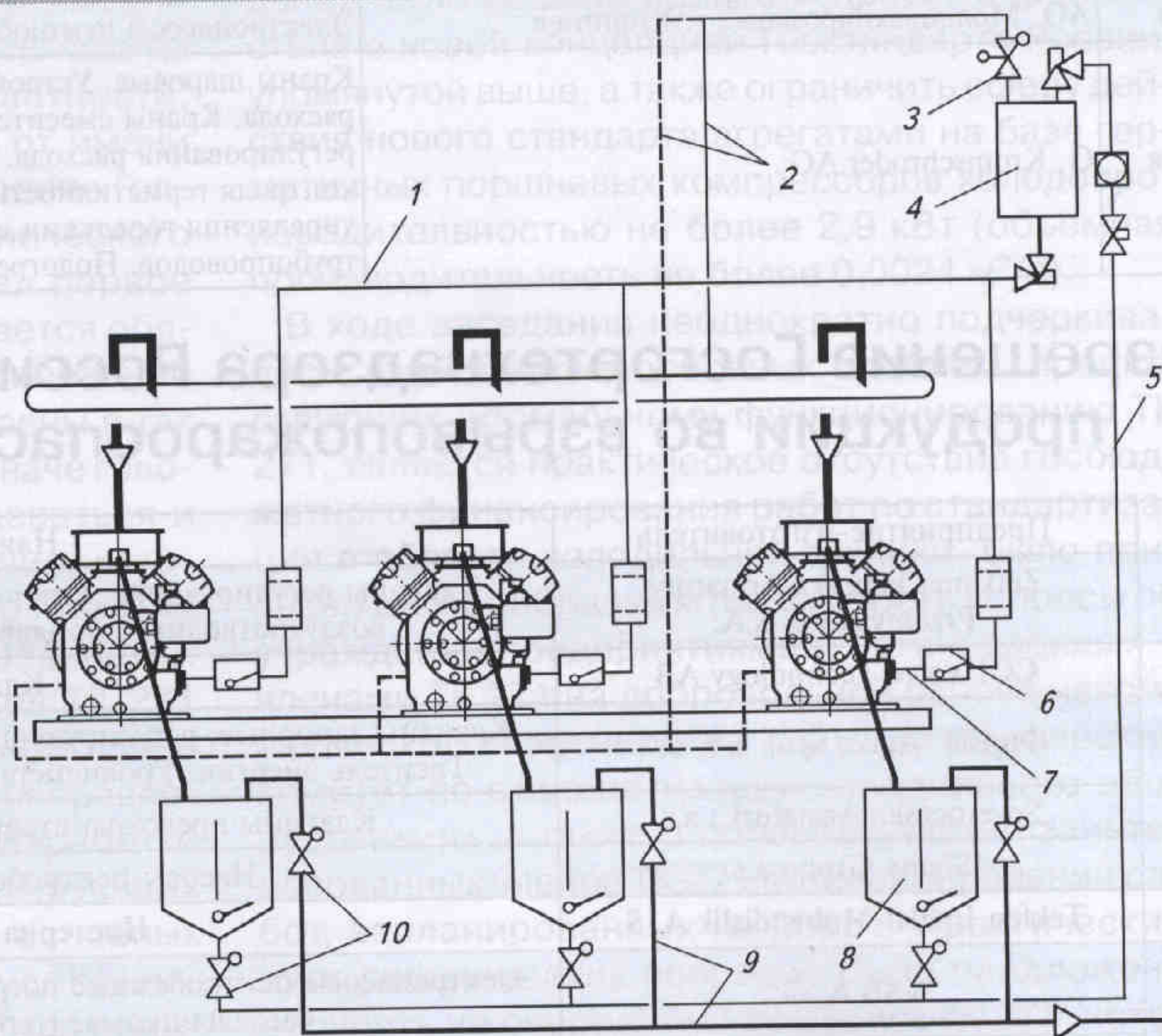


Рис. 2. Многокомпрессорный холодильный агрегат с регуляторами уровня масла: 1 — маслопровод; 2 — линия сброса давления; 3 — дифференциальный клапан давления; 4 — маслосорник (МС); 5 — линия возврата масла; 6 — регулятор уровня масла (РУМ); 7 — присоединительный переходник; 8 — маслоотделитель (МО); 9 — линия нагнетания; 10 — обратный клапан

*Продолжение. Начало см. в ХТ № 12/2002.

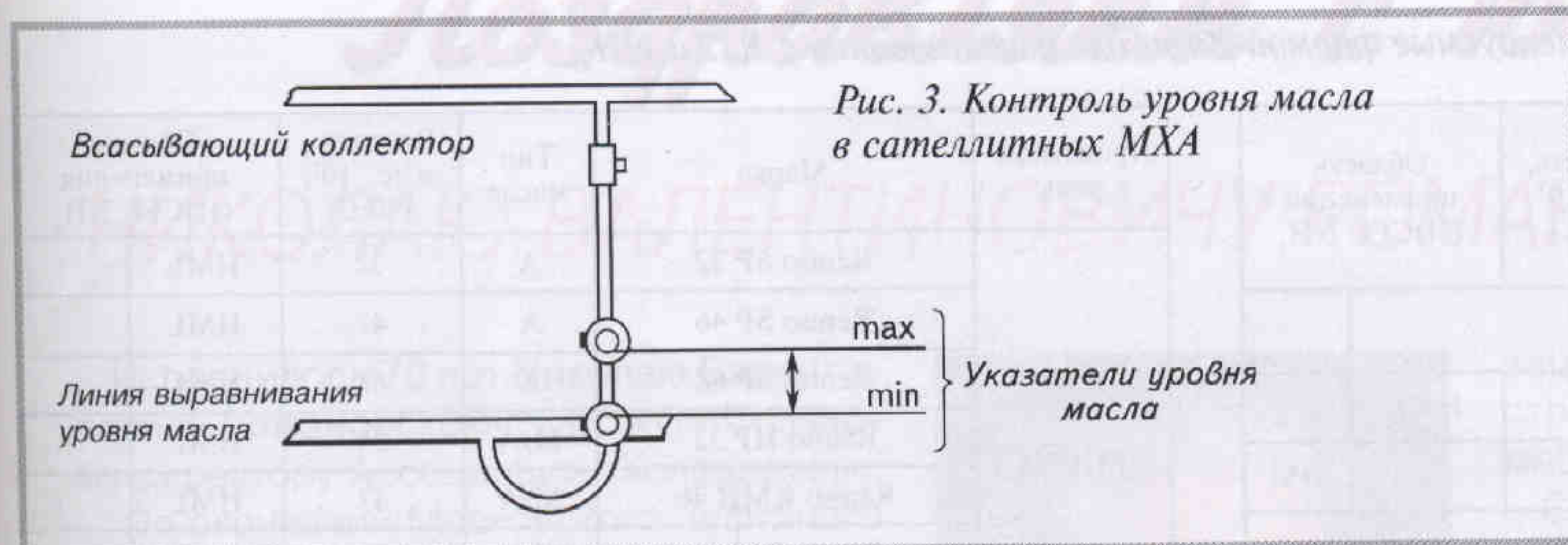


Рис. 3. Контроль уровня масла в сателлитных МХА

В системах управления предусмотрено циклическое переключение основной нагрузки с одного компрессора на другой (с примерно двухчасовым циклом), что обеспечивает одинаковое время работы компрессоров и повышает надежность системы динамического распределения масла.

ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Для контроля уровня масла в сателлитных МХА со спиральными компрессорами между всасывающим коллектором и уравнительным трубопроводом (УТ) встроены указатели уровня масла, а также запорные вентили (рис. 3). Контрольное устройство служит исключительно для проверки уровня масла в состоянии покоя.

Чтобы проконтролировать уровень масла, следует выключить все компрессоры и открыть запорный вентиль. Через 5 мин благодаря выравниванию давления установится одинаковый уровень масла. Верхний указатель служит для предотвращения перелива масла, поэтому при нормальном заполнении на нем не должно быть показаний. При необходимости следует долить или удалить масло. Перед запуском компрессора нужно закрыть запорный вентиль.

В случае неисправности в поплавковом клапане МО возможен прорыв горячего газа в линию всасывания компрессора. Этого можно избежать, установив на линии возврата масла нормально закрытый соленоидный вентиль, который будет периодически подавать масло в компрессоры (в течение 5 с каждые 10 мин работы).

Рекомендуется установка масляных фильтров на линии возврата масла.

В компрессорах с насосной системой смазки давление масла контролируется с помощью реле контроля смазки — РКС (дифференциальные регуляторы давления типа MP54 или 55 фирмы Danfoss). При разности давлений в масляном насосе ниже установленной величины РКС отключает соответствующий компрессор.

Для работы сателлитного МХА с более чем четырьмя компрессорами в одной температурной ступени и при расположении компрессоров на нескольких уровнях станины подачу масла обеспечивают МО, МС и электронные регуляторы уровня масла (Linde использует регуляторы

TraxOil фирмы Sporland), которые следят за маслоснабжением, а следовательно, и за безаварийной работой компрессоров.

Фирма Copeland применяет регуляторы уровня масла ОМА — TraxOil, выпускаемые Alco Controls, или другие регуляторы подобного типа с фланцевыми или резьбовыми соединениями 3/4" и 1 1/8". Они подходят для компрессоров различных фирм (Copeland, Maneurop, Bitzer и т.д.) и присоединяются вместо указателя уровня масла.

Электронные регуляторы подключаются к управляющей либо предохранительной цепи. Рабочее напряжение 24 В.

Если уровень масла ниже требуемого, магнитный вентиль открывается и подает дополнительное количество масла. При достижении требуемого уровня магнитный вентиль остается открытым еще 10 с. Если уровень масла будет ниже требуемого в течение 120 с, то компрессор отключается и подается аварийный сигнал.

Электронный регулятор уровня масла автоматически вновь включает компрессор по достижении требуемого значения уровня масла.

МАСЛО ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ СИСТЕМ

Хладагент и применяемое масло должны быть взаимно растворимы. В МХА на R22 и R402A фирма Linde в настоящее время использует главным образом масло Shell 22-12 (международное обозначение: рефрижераторное масло Shell SD). Это масло уже применялось ранее в МХА на R502. При переходе с R502 на R402A сорт масла остается прежним, но нужно заменить его свежим.

Исключением являются МХА с герметичными компрессорами, которые требуют особого температуростойкого масла. Фирма Maneurop использует для своих компрессорно-конденсаторных агрегатов MGM и HGM (R 22) минеральное масло 160P, для MGZ и HGZ (R 404A, R 507, R 134a) — синтетическое масло 160PZ, для LGZ (R 404A, R 507) — синтетическое масло 160Z.

В компрессорах Danfoss применяют алкилбензолное масло.

Рекомендации фирмы Bitzer по использованию масел для R22 и аммиака даны в таблице*.

Для систем с высокой тепловой на-

грузкой (тепловые насосы, низкотемпературные установки) фирма Bitzer настоятельно рекомендует применять только масло Bitzer B 5.2.

Синтетические алкилбензолные масла средней вязкости типа ХК 57, характеризующиеся химической стабильностью и хорошей растворимостью с хладагентами, применяют в низкотемпературных холодильных машинах на любых хладагентах HCFC. Они являются эффективными низкотемпературными компонентами в многокомпонентных маслах Shell 22-12 и т.д.

Для компрессоров DWM фирма Copeland допускает использовать следующие масла, а также смеси из них:

Производитель	Марка
R/ Fuchs, Mineralölwerk	Fuchs KM
SUN OIL	Suniso 3GS
TEXACO	Capella Oil WF 32
SHELL	Shell 22-12

В спиральных компрессорах Copeland на R 22 используется «Белое масло» (за исключением моделей ZR 90K3... ZR 19M3, в которых применяется масло Suniso 3GS). «Белое масло» совместимо с маслами Suniso 3GS, Texaco WF 32 и Fuchs KM.

Новые, не содержащие хлора хладагенты, например R134a и R404A, не растворяются в обычных холодильных маслах, в том числе в масле Shell 22-12.

Поэтому в МХА на R134a и R404A используют сложноефирные (как правило, полиэфирные) масла.

Компрессоры Copeland поставляются со следующими полиэфирными маслами (POE):

Производитель	Марка
MOBIL	EAL Arctic 22 CC
	EAL Arctic 68
	(только компрессоры D6C)
ICI	Emkarate RL 32 CF

При работе со сложноефирными маслами следует обязательно соблюдать два правила:

- нельзя оставлять масло в открытой таре более 15 мин (Maneurop). Сложноефирные масла чрезвычайно гигроскопичны, а при взаимодействии сложноефирного масла с водой образуется кислота. Максимально допустимое значение влагосодержания в открытом масле, равное 200 ppm, будет превышено при температуре окружающего воздуха 25°C и его относительной влажности 50 % через 2 ч. Доливать сложноефирные масла следует из небольших емкостей, чтобы по возможности минимизировать поглощение влаги из воздуха, так как осушить масло непросто. Проверку качества масла (проверку кислотности) следует проводить не реже одного раза в год. Если результаты проверки отрица-

* TECHNICAL INFORMATION:
KT-500-2 Refrigeration Oil Piston Compressors with (H)CFCs or NH₃
KT-600-1 Combined or parallel circuits with BITZER reciprocating compressors.

Производитель	Марка	Тип масла	Вязкость, м ² /с · 10 ² , (40°C)	Область применения (H)CFC NH ₃
Оригинальные масла				
BITZER	B 5.2	M/A	39	HML
SHELL	Clavus G 68	M	65	HM
Альтернативные масла				
ADDINOL	XK 30	A	30	HML
	XKS 46	A	46	HML
	XKS 68	A	68	HML
AGIP	TER 32	M	30	HM(L)
	TER 46	M	44	HM
	TER 60	M	59	HM HM
ARAL	Alur EE 32	M	32	HM(L)
	Alur EE 46	M	46	HM
	Alur EE 68	M	68	HM
BP	Energol LPTF 32	M	32	HM(L)
	Energol LPTF 46	M	46	HM HM
BURMAN/ CASTROL	Icematic 266	M	30	HM(L)
	Icematic 299	M	57	HM
	Icematic 2284	A	64	HML
DEA	Triton MS 32	M/A	30	HM(L)
	Triton MS 46	M/A	43	HM
	Triton MS 68	M/A	63	HM
	Triton S 32	A	32	HML
	Triton S 32	A	46	HML
	Triton S 32	A	67	HM
ELF/CALPAM	Friga 2	M	58	HM HM
ESSO	Zerice S 46	A	48	HML
	Zerice S 68	A	64	HML
	Zerice R 46	M/A	50	HM(L)
	Zerice R 68	M	68	HM

Производитель	Марка	Тип масла	Вязкость, м ² /с · 10 ² , (40°C)	Область применения (H)CFC NH ₃
FUCHS	Reniso SP 32	A	32	HML
	Reniso SP 46	A	47	HML
	Reniso SP 68	A	68	HML
	Reniso HP 32	M/A	34	HML
	Reniso KMH 46	M/A	47	HML
	Reniso KM 32	M	32	HM(L)
	Reniso KS 46	M	47	HM
	Reniso KC 68	M	68	HM
MOBIL	Arctic C heavy	M	44	HM
	KÖLF	M	46	HM(L)
	Arctic Oil 300	M	60	HM HM
	Arctic F heavy	M	64	HM HM
PETRO-SYNTHES	Zerol 150	A	30	HML
	Zerol 300	A	53	HML
SHELL	T22-12/SD-Refr. Oil	M/A	39	HML
	Clavus G 32	M	30	HM(L)
	Clavus G 46	M	44	HM(L)
	Clavus G 68	M	65	HM HM
	Clavus 68	M	65	HM HM
SUN OIL	Suniso 3GS	M	30	HM(L)
	Suniso HT 25	M	43	HM(L)
	Suniso 4GS	M	57	HM HM
TEXACO/ CALTEX	Refrig. Oil Low temp. 32	M/A	30	HM(L)
	Refrig. Oil Low temp. 46	M/A	43	HM
	Refrig. Oil Low temp. 68	M/A	63	HM
	Capella Oil WF 32	M	30	HM(L)
	Capella Oil WF 46	M	46	HM
	Capella Oil WF 68	M	46	HM HM
TOTAL	Lunaria S 32	M	30	HM(L)
	Lunaria S 46/68	M	55	HM
WINTER-SHALL	Wiolan KFL	M	32	HM(L)
	Wiolan KFM	M	46	HM
	Wiolan KFO	M	68	HM HM

Примечания: 1. Тип масла: М — минеральное, А — алкилбензолное, М/А — частично синтетическое (М+А). 2. Область применения: Н — кондиционирование, М — средние температуры, L — низкие температуры, (L) — низкие температуры при использовании полугерметичных компрессоров, работающих при высокой температуре конденсации.

тельны, то следует заменить масло и сменный сердечник фильтра;

- доливать можно только те сорта масла, которые указаны на компрессоре. Молекулярные структуры сложнэфирных масел могут различаться, кроме того, некоторые из них содержат неприемлемые добавки.

Рекомендуется заменять масло после 20 000 – 25 000 ч работы агрегата.

МХА СО СПИРАЛЬНЫМИ КОМПРЕССОРАМИ В САТЕЛЛИТНОМ (ДВОЙНОМ) РЕЖИМЕ

Выравнивание уровня масла в сателлитном режиме также производится при

помощи УТ, подключенного к штуцерам смотровых стекол компрессоров, во время оттайки.

Выравнивающие маслопроводы средне- и низкотемпературных блоков связаны между собой при помощи управляемого магнитного вентиля. Регулировка уровня масла происходит при одновременном размораживании всех потребителей блока низкотемпературного охлаждения. В начале оттаивания магнитный вентиль размыкает соединительную линию. Так как давление всасывания в корпусах компрессоров различается, сначала из компрессоров среднетемпературного охлаждения в комп-

рессоры низкотемпературного охлаждения подается излишнее масло. В конце оттайки, когда давление в компрессорах низкотемпературного охлаждения превышает давление в компрессорах среднетемпературного охлаждения, избыточное масло подается в обратном направлении.

По окончании размораживания магнитный вентиль вновь закрывается.

Если в одной температурной ступени более четырех компрессоров и они расположены на нескольких уровнях станции, снабжение маслом обеспечивается МО, МС и электронные регуляторы уровня масла.

Холодильные установки супермаркетов на природных хладагентах

Влияние хлорфторуглеродных хладагентов на потепление климата стало в последние годы серьезно беспокоить как ученых, так и государственных чиновников в разных странах мира.

Основными направлениями решения этой проблемы в настоящее время являются мероприятия, направленные на снижение утечек хладагента из систем холодоснабжения, уменьшение его объема в системе, а также постепенный перевод холодильного оборудования на работу с такими природными хладагентами, как аммиак, углеводороды, диоксид углерода.

В этом обзоре кратко освещены различные аспекты использования этих хладагентов в системах холодоснабжения супермаркетов.

За последние два года в зарубежной печати резко возросло число публикаций, рассказывающих о разработках коммерческого холодильного оборудования на аммиаке, углеводородах и CO_2 . На крупных специализированных выставках также появляется все больше серийной продукции для таких хладагентов. Это свидетельствует о том, что в ближайшие годы холодильному оборудованию на традиционных хладагентах придется потесниться, по крайней мере, в европейских странах.

Немаловажным доводом в пользу перехода на природные хладагенты служит их низкая цена по сравнению с хлорфторуглеродами, но самым важным фактором является экологическая безопасность. Экологические свойства R404A и альтернативных ему природных хладагентов приведены в таблице.

Начиная с 1994 г. только фирмой Linde были оснащены в различных европейских странах аммиачными и пропиленовыми холодильными установками около 80 супермаркетов. При этом практически всюду использовались схемы с двумя промежуточными контурами, обеспечивающими минимальное количество хладагента в системе. Первый промежуточный контур с циркулирующим в нем теплоносителем отводит

тепло от конденсатора к сухому охладителю (драйкулеру), а второй контур посредством промежуточного хладоносителя гидравлически связывает испаритель с конечными потребителями холода.

В коммерческих холодильных установках на природных хладагентах применяют открытые поршневые и винтовые компрессоры, а в качестве испарителей – кожухотрубные теплообменники с непосредственным кипением хладагента или затопленные пластинчатые теплообменники. В среднетемпературных холодильных установках в промежуточных контурах используют водогликолиевые смеси или растворы органических солей, а в низкотемпературных установках наряду с растворами органических солей – иногда и диоксид углерода.

Далее приведены обобщенные результаты практического применения в европейских супермаркетах холодильных установок на природных хладагентах.

Аммиачные холодильные установки составляют большинство всех смонтированных в европейских супермаркетах холодильных установок на природных хладагентах. Потребная холодопроизводительность среднетемпературного оборудования этих супермаркетов укладывается в диапазон 80...400 кВт, низкотемпературного – 20...80 кВт. Вследствие высоких температур нагнетания аммиака в низкотемпературной области обычно применяют двухступенчатое сжатие. Практически везде используют многокомпрессорные установки на базе поршневых компрессоров. Многолетний опыт эксплуатации показывает, что проблем с безопасностью эксплуатации такого оборудования в супермаркетах не возникает, хотя многие супермаркеты с аммиачными установками располагаются в центре крупных городов.

В ряде ранних публикаций была отмечена проблема, связанная с нерастворимостью масел в аммиаке, но в дальнейшем она была полностью решена.

Начальные затраты на оснащение супермаркетов аммиачными холодильными установками с промежуточными контурами, естественно, на 20–35 % выше затрат на оборудование того же супермаркета холодильной установкой непосредственного кипения на R404A. Кроме того, расход энергии при эксплуатации аммиачных холодильных установок на 10–20 % выше, чем при работе

Хладагент	ODP	GWP	Токсичность	Горючесть	Давление, бар, при температуре кипения, °C		
					–35	–10	+45
R404A	0	3260	Нет	Нет	1,7	4,4	20,5
NH_3	0	0	Да	Да	0,9	2,9	17,8
C_3H_8	0	3	Нет	Да	1,7	4,3	18,4
CO_2	0	1	Нет (до 5 об. %)	Нет	12,0	26,5	Сверхкритическое

установок такой же холодопроизводительности на R404A. Это объясняется дополнительными затратами энергии на привод гидравлических насосов, прокачивающих теплоносители, и на привод компрессора (вследствие использования промежуточных теплообменников).

Пропиленовые холодильные установки. В публикациях компании Linde [1] упоминается о 17 супермаркетах в 4 различных европейских странах, где начиная с 1996 г. работают холодильные установки, использующие в качестве хладагента пропилен. Холодопроизводительность на этом хладагенте среднетемпературных установок составляет 20...190 кВт, низкотемпературных – 10...50 кВт, т.е. она ниже, чем у аммиачных. Некоторым преимуществом пропилена как хладагента является возможность использования большой номенклатуры холодильной аппаратуры, предназначенной для традиционных хладагентов.

Схемы холодильных установок для супермаркетов на пропилене и аммиаке аналогичны (имеют промежуточные контуры для отвода тепла от конденсатора и для подвода холода к потребителям). Однако в низкотемпературных холодильных установках на пропилене можно применять полугерметичные компрессоры с одноступенчатым сжатием. В качестве испарителей используют кожухотрубные или пластинчатые теплообменники с непосредственным кипением хладагента. Для промежуточных контуров пропиленовых холодильных установок применимы те же вещества, что и для аммиачных.

При эксплуатации холодильных установок с углеводородными хладагентами важнейшим требованием является соблюдение правил техники безопасности. Эти правила представлены в проекте стандарта DIN 7003. Главные из них таковы:

- все электрические приборы должны иметь минимальный класс защиты IP 54, при срабатывании их исполнительных элементов искрение не допускается;
- машинные залы, где размещают холодильные установки на пропилене, должны иметь хорошую приточно-вытяжную вентиляцию (подробные нормы воздухообмена указаны в этом документе);
- помещения, в которые теоретически возможна утечка хладагента,

должны быть в обязательном порядке оборудованы системой контроля с индикаторами концентрации пропилена;

- весь обслуживающий персонал пропиленовых холодильных установок должен пройти специальные курсы и иметь допуск к работе на таком оборудовании.

Многие проблемы безопасности эксплуатации пропиленовых холодильных установок снимаются, если установка смонтирована вне помещения. В этом случае можно использовать конденсатор воздушного охлаждения, что снижает начальную стоимость и энергопотребление (отпадает необходимость в промежуточном контуре для отвода тепла от конденсатора).

Многолетний опыт эксплуатации пропиленовых холодильных установок в Европе показал, что при выполнении требований DIN 7003 они зарекомендовали себя как очень надежные и безопасные. Несмотря на это, во многих странах достаточно сложно получить необходимые разрешения на использование в супермаркетах пропиленовых холодильных установок из-за неуверенности местных властей в их надежности и несоответствия местных нормативных разрешительных документов современному уровню безопасности холодильного оборудования.

Инвестиционные затраты на оснащение супермаркетов пропиленовыми холодильными установками на

15–25 % выше, чем при использовании традиционных фреоновых, из-за дополнительных затрат на монтаж, эксплуатацию промежуточных контуров, а также на выполнение требований техники безопасности. Энергопотребление таких установок тоже будет выше на 5–20 %. Снизить стоимость и энергопотребление пропиленовых установок можно, если размещать их вне помещений.

Холодильные установки на CO₂ для супермаркетов позволяют наряду с экологической решить и другие проблемы, характерные для аммиачных и пропиленовых холодильных установок. Поскольку CO₂ нетоксичен



Рис. 1. Многокомпрессорная низкотемпературная установка на CO₂



Рис. 2. Охлаждение витрин супермаркета хладагентом CO₂

чен, можно отказаться от промежуточных контуров, что существенно повышает экономическую эффективность холодильной установки.

В Европе холодильные установки на CO_2 появляются все чаще. За последние два года только фирмой Linde 10 супермаркетов были оборудованы низкотемпературными холодильными каскадными установками, в которых в низкотемпературной ветви используется CO_2 . Потребная холодопроизводительность этих установок составляла 15...80 кВт. При этом среднетемпературная ветвь чаще работает на R404A, но иногда может быть применен и аммиак.

Как хладагент диоксид углерода отличается хорошей совместимостью с цветными металлами, из которых изготовлены холодильная арматура и ряд узлов полугерметичных компрессоров. Компрессоры на CO_2 серийно производятся, например, фирмами Dorin [2] или Bock [3]. По некоторым публикациям для работы на этом хладагенте могут быть модернизированы фреоновые компрессоры.

Компрессоры на диоксиде углерода должны выдерживать более высокие рабочие давления (25...40 бар) и иметь большую мощность привода, чем фреоновые компрессоры той же объемной производительности. Система смазки подшипников скольжения также должна быть модифицирована, поскольку большие перепады давлений обуславливают относительно высокую растворимость CO_2 в полиэфирных маслах. С другой стороны, хорошая растворимость обеспечивает гарантированный возврат масла из разветвленных трубопроводов в картер компрессора.

Содержание влаги в CO_2 надежно ограничивается применяемыми фильтрами-осушителями и контролируется с помощью индикаторов. В холодильных установках на CO_2 часто используют электронные ТРВ.

На рис. 1 представлена очень компактная многокомпрессорная низкотемпературная установка, работающая на CO_2 , объемная производительность которой примерно в 6 раз выше, чем была бы на R404A. Номинальные диаметры всасывающего трубопровода в 3-4 раза, а жидкостного трубопровода в 2 раза меньше, чем у установки на R404A.

Следовательно, намного меньше объем хладагента в системе и ниже затраты на изоляцию труб и агрегатов. Кроме того, большим преимуществом трубопроводов малых диаметров является удобство их компоновки при размещении холодильного оборудования в торговых залах.

На рис. 2 показана часть торгового зала одного из европейских супермаркетов, в котором охлаждение витрин осуществляется CO_2 .

С точки зрения безопасности по немецкому стандарту DIN EN 378 хладагенты R404A и R744 (CO_2) находятся в одной группе и относятся к негорючим малотоксичным газам. Поскольку CO_2 при объемной концентрации свыше 3-5 % считается вредным для здоровья, все холодильные камеры и машинные отделения с оборудованием, работающим на этом хладагенте, должны в обязательном порядке иметь приборы, сигнализирующие о превышении допустимой концентрации. В случае крупного ремонта холодильной установки CO_2 должен стравливаться наружу через отдельную выпускную магистраль. Воздействие CO_2 на парниковый эффект довольно незначительно: 100 кг этого газа эквивалентны в этом отношении 30 г R404A. Низкая стоимость CO_2 и небольшой объем заправляемого газа позволяют снизить стоимость начальных инвестиций и ремонтных работ.

Если сравнивать начальные затраты, то холодильный контур на CO_2 с непосредственным кипением хладагента имеет преимущества перед таким же контуром на R404A благодаря использованию компрессоров меньших типоразмеров, а также труб и изоляции меньших диаметров. Однако этот выигрыш в цене сводится на нет дополнительными затратами на доработку компрессора и других элементов системы под более высокие рабочие давления, а также на установку в камере и машинном отделении системы безопасности. В результате начальная стоимость оснащения супермаркета холодильными установками на CO_2 и R404A практически одинакова. Расход электроэнергии при эксплуатации холодильной системы, использующей CO_2 , не выше, чем аналогичной системы на R404A. Это объясняется следующими причинами.

Благодаря лучшим теплофизичес-

ким свойствам CO_2 по сравнению с R404A увеличивается теплоотдача в испарителях, что позволяет повысить температуру кипения в теплообменниках камер и витрин на 2 °С. Кроме того, вследствие более высоких рабочих давлений CO_2 уменьшаются потери давления во всасывающем трубопроводе и компрессор может работать с более высоким давлением всасывания, что компенсирует некоторую потерю эффективности при использовании каскадной схемы.

Зарубежный опыт эксплуатации холодильных установок на природных хладагентах показал перспективность оснащения ими супермаркетов с точки зрения экологии. Однако при использовании холодильного оборудования, работающего на аммиаке или пропилене, необходимо учитывать его более высокие начальную стоимость и последующие эксплуатационные расходы. При согласовании проектов супермаркетов с такими системами холодоснабжения в различных инстанциях как в Европе, так и в России часто возникают дополнительные трудности, что также надо заранее иметь в виду.

В ближайшем будущем хорошие шансы на использование в качестве хладагента в низкотемпературных ветвях каскадных холодильных установок имеет диоксид углерода. В области средних температур применение CO_2 в коммерческом холоде не предвидится из-за очень высокого давления (свыше 100 бар) и работы в сверхкритической области. Поэтому, чтобы удовлетворить требования экологов при проектировании среднетемпературных холодильных установок на традиционных хладагентах, необходимо стремиться к минимизации объема заправляемого хладагента и к снижению его возможных утечек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Haaf S., Heinbokel B. Supermarktkaelteanlagen mit natuerlichen Kaeltemittel// Die Kaelte&Klimatechnik. 2002. № 9.
2. Massimo Casini. CO_2 -Verdichter und-Ausruestungen, Anwendung und Verfuegbarkeit// Die Kaelte&Klimatechnik. 2002. № 10.
3. IKK 2002 in Nuernberg // Kaelte Klima Aktuell. 2002. № 5.

К.А. КОПТЕЛОВ



МЕТОД РАСЧЕТА ДОПУСТИМОЙ ЗАРЯДКИ СИСТЕМЫ ВОСПЛАМЕНЯЕМЫМИ ХЛАДАГЕНТАМИ

Для разработки более совершенных международных стандартов предложен метод расчета величины допустимой зарядки, основанный на новых научных данных. Предложена относительно простая формула для расчета величины зарядки.

O. Kataoka, M. Yoshizawa, T. Hirakawa
// Proc. 2000 Int. Refrig. Conf., Purdue Univ., US, 2000.07.25-28, 383-390
БМИХ, 2001, №3, с. 76

МЕТОДЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ОПТИМАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ХОЛОДИЛЬНЫХ СИСТЕМ

Компрессоры и насосы с регулируемой частотой вращения увеличивают возможности общей системы регулирования с точки зрения оптимизации расхода энергии. Идеальный способ регулирования заключается в переходе от использования отдельных независимых контроллеров с одним входом и одним выходом (SISO) к системе контроллеров со многими входами и выходами (MIMO). Вышеуказанные возможности рассмотрены с помощью простой модели системы экономии энергии.

A. Jakobsen, B. D. Rasmussen, M. J. Skovrup, et al. // Proc. 2000 Int. Refrig. Conf., Purdue Univ., US, 2000.07.25-28, 329-336
БМИХ, 2001, № 3, с. 85

РАСШИРЕНИЕ В ПАРОКОМПРЕССИОННЫХ МАШИНАХ КАК ИСТОЧНИК ПОЛУЧЕНИЯ РАБОТЫ

Цель исследований автора заключалась в определении возможности использования работы расширения хладагента. Были рассчитаны истинные потери, а также энергетический выигрыш при использовании работы расширения. Рассматриваются несколько путей утилизации работы расширения и улучше-

Из Бюллетеня МИХ

ния конструкции расширительного вентиля, однако необходимы дальнейшие исследования, позволяющие сделать это.

H. Quack // DKV - Tagungsber. 26, Berlin, DE, 1999.11.17-19, vol. 26, №1, 109-123
БМИХ, 2001, № 3, с. 85

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ В МНОГОКОМПРЕССОРНЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

В многокомпрессорных холодильных системах с несколькими работающими параллельно компрессорами некоторые из них часто оснащаются средствами регулирования холодопроизводительности. Уменьшение нагрузки на одном компрессоре влияет на энергетические характеристики (КПД) всей системы. Поэтому желательно определить стратегию эксплуатации, которая должным образом учитывала бы характеристики компрессоров с частичной нагрузкой с целью оптимизации эффективности всей системы.

K. A. Manske, D. T. Reindi, S. A. Klein
// Proc. 2000 Int. Refrig. Purdue Univ., US, 2000.07.25-28, 521-528
БМИХ, 2001, № 3, с. 85

ПРИМЕНЕНИЕ БЕССАЛЬНИКОВЫХ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ В ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ

В течение последних двух десятилетий промышленное производство холодильных компрессоров переживает серьезные изменения. В настоящее время наблюдается переориентация на использование ротационных компрессоров. Однако в холодильной технике, особенно в области низких температур, бессальниковые поршневые компрессоры средней и малой холодопроизводительности в будущем останутся серьезной альтернативой ротационным компрессорам. Приведены доводы в поддержку этого утверждения.

V. Pfeil // Proc. Compressors '99, Stara Lesna, SK, 1999.09.29-10.01, 182-188
БМИХ, 2001, № 3, с. 86

НОВЫЙ КОМПАКТНЫЙ ВИНТОВОЙ КОМПРЕССОР С ИЗМЕНЯЕМОЙ ЧАСТОТОЙ ВРАЩЕНИЯ

Представлена новая серия компрессоров фирмы Bitzer, являющихся продолжением серии бессальниковых винтовых компрессоров. Производительность новой серии 192...250 м³/ч. Компрессоры снабжены встроенным охладителем масла и устройством для обеспечения переменной частоты вращения, которая может регулироваться либо плавно, либо ступенчато (4 уровня). Регулирование холодопроизводительности достигается с помощью золотника, изменяющего количество всасываемого газа и автоматически регулирующего давление. Положение золотника меняется в зависимости от величины давления масла на поршень с помощью магнитных клапанов, которые приводятся в действие в соответствии с выбранными условиями регулирования. Приведены основные параметры и области применения этой новой серии машин, а также описаны их рабочие характеристики, уровень шума при полной или частичной нагрузке.

M. Hendriks // DKV. Tagungsber. 26, Berlin, DE, 1999.11.17-19, vol. 26, n.11.1; 276-289
БМИХ, 2001, № 3, с. 86

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЮМИНИЯ ДЛЯ ТЕПЛООБМЕННИКОВ СТАЦИОНАРНЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

В автомобильной промышленности уже давно успешно применяются алюминиевые паяные теплообменники. Рассматриваются также конструкции теплообменников с микроканалами для стационарных холодильных систем. Кроме обсуждения химических проблем в статье приведены возможные преимущества паяных теплообменников по сравнению с изготовленными механическим путем.

F. Flohr, C. Meurer, H. W. Swidersky, et al. // Proc. 2000 Int. Refrig. Conf. Purdue Univ., US, 2000.07.25-28, 481-488

БМИХ, 2001, № 3, с. 87

Владимир Константинович Лемешко

5 декабря 2002 г. ушел из жизни Владимир Константинович Лемешко, известный специалист в области холодильной техники.

После окончания в 1958 г. Московского высшего технического училища им. Н.Э. Баумана Владимир Константинович пришел во Всесоюзный научно-исследовательский институт холодильной промышленности (ВНИИХ). Начав свою трудовую деятельность в институте младшим научным сотрудником, он завершил ее уже начальником отдела систем холодоснабжения и хладоэнергетики.

Более 35 лет посвятил В.К. Лемешко развитию холодильной промышленности. Он внес большой вклад в создание и внедрение нового прогрессивного холодильного оборудования и приборов. Известны разработанные В.К. Лемешко экономичный и долговечный самопружинающийся клапан типа «домик», электронные приборы для индикации давления и измерения быст-



роменяющихся температур. Многие типы отечественных и зарубежных холодильных машин прошли испытания и доводку под руководством В.К. Лемешко.

При его участии и под руковод-

ством создавались отечественные нормативные документы по безопасной эксплуатации холодильных установок.

Владимир Константинович – автор более 100 научных работ и большого числа изобретений, отмеченных многочисленными золотыми и серебряными медалями ВВЦ (б. ВДНХ).

На протяжении многих лет Владимир Константинович руководил работой секции холодильной техники Ученого совета ВНИИХ. Его выступления на заседаниях, основанные на широчайшей эрудиции, одновременно образные и строго логичные, всегда раскрывали самую суть обсуждаемых работ и всегда шли на пользу делу.

Владимир Константинович был доброжелательным и отзывчивым человеком, всегда старался и умел помочь другим людям.

Светлая память о Владимире Константиновиче Лемешко навсегда сохранится в сердцах тех, кто его знал и работал вместе с ним.

МЕТОД РАСЧЕТА ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

Представлен общий метод расчета пластинчатых теплообменников любого типа. Метод позволяет математически точно определить распределение температур в аппаратах. Его можно также использовать для моделирования теплового потока вдоль стенок пластин и между ними. Основная идея данного метода – это структурное моделирование схемы теплообменника и обобщенных рабочих характеристик.

O. Strelow // Rev. Gen. Therm., FR, 2000.06, vol. 39, № 6, 645–658
БМИХ, 2001, № 3, с. 87

ОТТАЙКА ВИТРИН СУПЕРМАРКЕТОВ

При проведении эксплуатационных испытаний трех холодильных витрин со стеклянными дверцами была протестирована система с функцией оттайки по мере необходимости (DOD). Для двух витрин эта функция была от-

ключена. В результате по сравнению с витриной с включенной функцией DOD увеличилась тепловая нагрузка и значительно возросла потребляемая мощность. Основываясь на полученных данных, авторы подчеркивают важность применения функции DOD в электрических системах оттайки.

E. B. J. Van Wezel // Koude Luchtbehandel., NL, 2000.06, vol. 93, № 6, 23–25
БМИХ, 2001, № 3, с. 92

ПРИМЕНЕНИЕ АММИАКА И CO₂ В КАЧЕСТВЕ ХЛАДАГЕНТОВ В ТОРГОВОМ ХОЛОДИЛЬНОМ ОБОРУДОВАНИИ

Подробно рассматриваются следующие варианты: аммиак как хладагент, CO₂ как промежуточный хладоноситель; CO₂ как низкотемпературная рабочая жидкость в каскадной холодильной установке; CO₂ как единственный хладагент в торговых холодильных установках.

Начаты разработки оборудования,

работающего на CO₂ и NH₃, и создано несколько торговых холодильных установок для работы на аммиаке с использованием CO₂ как хладоносителя. Приведены некоторые результаты лабораторных испытаний, и обсуждаются различные комбинации аммиака и CO₂.

G. Eggen, K. Aflekt // Freddo, IT, 1999.09–10, vol. 53, № 5, 490–497
БМИХ, 2001, № 3, с. 106

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ R22, R407C И R410A В ЦЕНТРАЛЬНОМ ТЕПЛОМ НАСОСЕ ДЛЯ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ

Сравнивали характеристики R22 и двух альтернативных хладагентов – R407 (R32/R125/R134a:23/25/52 %) и R410A (R32/R125:50/50%) при работе в тепловом насосе постоянной холодопроизводительностью 10,5 кВт. Вместо герметичного поршневого компрессора использовали открытый поршневой компрессор, приводимый от электродвигателя с пере-

менной частотой вращения. Частоту вращения вала компрессора регулировали для каждого из двух альтернативных хладагентов, чтобы обеспечить такую же холодопроизводительность, как на R22. Измеряли рабочие параметры теплового насоса, мощность на валу компрессора, холодо- и теплопроизводительность, определяли холодильный коэффициент и коэффициент преобразования.

W. Linton, W. K. Snelson, P. F. Hearty
// *Proc. 2000 Int. Refrig. Conf., Purdue Univ., US, 2000.07.25–28, 71–78*
БМИХ, 2001, № 3, с. 111

ВЛИЯНИЕ УПАКОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ, СПОСОБОВ И УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВИНИНЫ

Изучали влияние вакуумной упаковки на некоторые физические характеристики, а именно pH, водородную активность (ВУС), цвет и влажность свинины. Исследовали 4 различных вида упаковочного материала. Свинина в упаковке подвергалась выдержке в течение разного времени в условиях охлаждения (5 ± 2 °C) и низкотемпературного хранения (-10 °C). Пришли к выводу, что многослойный материал и вакуумный метод упаковки были самыми подходящими для хранения свинины. Определили, что сроки хранения упакованной свинины до 96 ч при 5 ± 2 °C и до 60 сут при -10 °C наиболее предпочтительны, так как они позволяли сохранять хорошие значения pH, ВУС и влажности.

K. Dushyanthan, V. Venkataramanujam, A. M. Shanmugam // *J. Food Sci. Technol., IN, 2000.01–02, vol. 37, № 1, 39–44*
БМИХ, 2001, № 3, с. 101

УПАКОВКА С РАВНОВЕСНОЙ МОДИФИЦИРОВАННОЙ АТМОСФЕРОЙ ДЛЯ СВЕЖЕСОБРАННЫХ ОВОЩЕЙ

При хранении свежих пищевых продуктов температура никогда не бывает постоянной. Колебания температуры, зависящие от «дыхания» продуктов и проницаемости упаковочной пленки для O_2 , приводят к изменениям концентрации O_2 и CO_2 равновесной модифицированной атмосферы (ЕМА) внутри упаковки.

Конструкция таких упаковок была усовершенствована с помощью математических моделей, описывающих влияние температуры и концентрации O_2 и CO_2 на «дыхание» свежих овощей. Более заметную зависимость от температур наблюдали для нарезанных и нашинкованных овощей по сравнению с целыми. Интегрированная математическая модель учитывает вид продукции, ее массу и температуру, а также зависимость «дыхания» продуктов от содержания O_2 и CO_2 , тип пленки, площадь упаковки. С помощью модели можно прогнозировать внутреннюю концентрацию O_2 в упаковке ЕМА, которая была сконструирована для равновесной концентрации 3 мл/100 мл O_2 при 7 °C. Модель была проверена на упаковках 10 типов свежесобранных овощей путем сравнения в них реальных равновесных содержаний O_2 с величинами, спрогнозированными при шести различных температурах — от 2 до 15 °C.

L. Jacxsens, V. Devlieghere, RUDDER T. De et al. // *Lebensm.-Wiss. Technol., CH, 2000, vol. 33, № 3, 178–187*
БМИХ, 2001, № 3, с. 95

МОДИФИЦИРОВАННАЯ АТМОСФЕРА С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ КИСЛОРОДА И ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКА ХРАНЕНИЯ МОРКОВИ

Изучали влияние модифицированной атмосферы (МА) с высоким содержанием O_2 и CO_2 на сохранность моркови. Атмосфера с содержанием 50 % O_2 и 30 % CO_2 увеличивала срок хранения нарезанной ломтиками моркови на 2–3 сут по сравнению с хранением на воздухе. Если морковь перед упаковкой подвергалась предварительному окунанию в 0,1 %-ный раствор лимонной кислоты и покрытие пищевым альгинатом натрия, то срок хранения увеличивался на 5–7 сут.

Рассмотрены преимущества и недостатки предложенной модифицированной атмосферы по сравнению с ранее рекомендованной, а также физико-химические и микробиологические характеристики моркови.

A. Amanatidou, R. A. Slump, L. G. M. Gorris, et al. // *J. Food Sci., US, 2000.01–02, vol. 65, № 1, 61–66*
БМИХ, 2002, № 3, с. 98

НОВАЯ КНИГА «ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА»

Это новое издание классической книги по холодильной технике и кондиционированию воздуха, полностью пересмотренное, обновленное и улучшенное. Книга обобщает опыт специалистов-практиков, консультантов Института по кондиционированию воздуха и холодильной технике и академических институтов, отражает современное состояние промышленности и включает фундаментальные концепции и рекомендации по практическому применению.

Краткое содержание:

Принципы охлаждения (безопасность, основные положения, теплопередача, гидравлическое и пневматическое оборудование и инструменты, элементы систем охлаждения: испарители, конденсаторы, компрессоры, приборы управления, хладагенты, их восстановление, использование в повторных циклах, регенерация и замена хладагентов), диаграммы давление–энтальпия, трубопроводы и инструменты.

Сервисное обслуживание холодильных установок (доступ к герметичным системам, обслуживание механических узлов).

Основное электрическое и электронное оборудование.

Домашние холодильники.

Торговое холодильное оборудование (хранение пищевых продуктов, холодильные системы, виды оборудования и особые случаи).

Системы кондиционирования воздуха (теоретические основы, качество воздуха внутри помещений, агрегатированные системы, централизованные системы, включая аккумуляцию холода, агрегаты для обработки воздуха и вспомогательные элементы, абсорбционные холодильные системы).

Системы отопления.

Центральные тепловые насосы.

Установка и запуск.

Обнаружение неисправностей.

Техническое обслуживание.

Словарь технических терминов.

Refrigeration and air conditioning
Издательство Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, Columbus Ohio, US, URL: www.prehall.com, 1998 ed. 3; 1072 pp. (21,5×28), рис., фотографии, таблицы, приложения, указатель БМИХ, 2001, № 3, с. 121