

МЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ

Выдается с января 1912 г. Москва

Выходил под названиями:

1912 – 1917 – "ХОЛОДИЛЬНОЕ ДЕЛО"

1923 – 1924 – "Холодильное и военское дело"

1925 – 1936 – "ХОЛОДИЛЬНОЕ ДЕЛО"

1937 – 1940 – "Холодильная промышленность"

с 1941 – "ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА"

Учредитель –

Издательство «Холодильная техника»

Холодильная техника

7 • 2002

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

Минпромнауки России

Международной академии холода

ОАО РТПК «Росмясомолторг»

Главный редактор

Л.Д.Акимов

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А.М.Архаров

В.В.Оносовский

А.В.Бараненко

И.И.Орехов

Г.А.Белозеров

И.А.Рогов

О.В.Большаков

В.В.Румянцев

В.М.Бродянский

И.К.Савицкий

А.В.Быков

В.И.Смыслов

В.А.Выгодин

И.Я.Сухомлинов

В.Б.Галежа

В.Н.Фадеев

Л.В.Галимова

И.Г.Хисамеев

А.А.Гоголин

О.Б.Цветков

А.К.Грезин

И.Г.Чумак

А.П.Еркин

В.М.Шавра

И.М.Калнинь

А.В.Шаманов

А.А.Мифтахов

Ответственный секретарь

Е.В.Плуталова

Дизайн и компьютерная верстка

Т.А.Миансарова

Компьютерный набор Л.И.Лапина

Корректор Т.Т.Талдыкина

Ответственность за достоверность
рекламы несут рекламодатели.

Рукописи не возвращаются.

Адрес редакции:

107996, ГСП-6, Москва,

ул. Садовая-Спасская, д. 18

Телефоны: (095) 207-5314, 207-2396

Тел./факс: (095) 975-3638

E-mail: holodteh@ropnet.ru

Подписано в печать 22.07.2002.

Формат 60x88¹/₈. Офсетная печать.

Усл. печ. л. 6.

Отпечатано в ООО «РЭМОКС»



© Холодильная техника, 2002

В НОМЕРЕ:

ДЮПОНУ 200 лет Дюпон: в наш третий век вступая Смыслов В.И. Семинар компании «Дюпон» в Москве	4
Семинар компании «Дюпон» в Киеве	6
МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ Лаптев Ю.А. Углеводороды как холодильные агенты	8
Цветков О.Б. Природные холодильные агенты – углеводороды	10
Железный В.П., Хлиева О.Я., Быковец Н.П. Перспективы и проблемы применения углеводородов в качестве хладагентов	14
Беляева О.В., Гребеньков А.Ж., Тимофеев Б.Д. Выбор углеводородов в качестве хладагентов	17
ХОЛОДМАШ Берегович И.Н. Ярославское АО «Холодмаш»: холодильные герметичные компрессоры на R600a	21
АЛЬФА ЛАВАЛЬ Григорьев С.К. Новинки холодильного оборудования Альфа Лаваль	23
ТЕХНОБЛОК Technoblock: промышленное кондиционирование	24
GEA Grasso Установки с льдогенераторами для производства сухого чешуйчатого льда. Одноступенчатый компрессорный агрегат типа MEDIUM	26
СТИРЛИНГ - ТЕХНОЛОГИИ НА СЛУЖБЕ АВТОТРАНСПОРТА Кириллов Н.Г. Концепция создания инфраструктуры производства сжиженного природного газа для городского автомобильного транспорта	27
ЭЙРКУЛ Промышленные осушители воздуха	32
СЕРТИФИКАЦИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ Продукция, прошедшая сертификацию в НП «СЦ «Настхол» в мае-июне 2002 г. и получившая разрешение Госгортехнадзора России на право применения во взрывопожароопасных производствах	34
РЕМХОЛОД Высокие технологии низких температур ...Кадры решают все...	36
ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ! Петру Алексеевичу Савенкову 70 лет	37
Пискунов В.В. Рынок бытовых холодильников	38
В МЕЖДУНАРОДНОМ ИНСТИТУТЕ ХОЛОДА Из бюллетеня МИХ	41
МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ SHK - 2002	44
«CHINA REFRIGERATION-2002»	45

пан или пропилен (C₃H₈) хорошие перспективные циклопропана в низкотемпературных установках [4]. Углеводороды и модифицированные ими хладагенты, что по сравнению с традиционными хладагентами для R22, R134a, и др. имеет ряд преимуществ.

characteristics and features of -10°C and data reported by evaluated for an

Sen. INTERNATIONAL CONFERENCE Laptev Yu.A. Hydrocarbons as refrigerants

Tsvetkov O.B. Hydrocarbons as natural refrigerants

Zhelezny V.P., Khliyeva O.Ya., Bykovets N.P. Prospects and problems of use of hydrocarbons as refrigerants

Belyaeva O.V., Grebenkov A.Zh., Timofeyev B.D. The choice of hydrocarbons as refrigerants

KHOLODMACH Beregovich I.N. Yaroslavlsky AO «Kholodmach»: hermetic refrigerating compressors working on R600a

ALFA LAVAL Grigoryev S.K. Innovation of refrigerating equipment of Alfa Laval

TECHNOBLOCK Technoblock: industrial air conditioning

GEA Grasso Plants with ice-makers for production of dry flake ice. One-stage compressor unit type MEDIUM

STIRLING-TECHNOLOGIES AT THE SERVICE OF ROAD TRANSPORT Kirillov N.G. A concept of creation of the infrastructure for production of liquefied natural gas for motor transport in cities

AIRCOOL Industrial air dehydrators

CERTIFICATION AND STANDARDIZATION Products having passed certification at NP «STs «Nasthol» in May-June of the year 2002 and obtained the permit of Gosgortekhnadzor of Russia for the right to use in explosion-hazard production processes

REMKHOLOD High technologies of low temperatures ...It's personnel that is the most decisive factor ...

CONGRATULATIONS ON JUBILEE! Pyotr Alekseyevich Savenkov is 70 years old

Piskunov V.V. Market for household refrigerators

AT INTERNATIONAL INSTITUTE OF REFRIGERATION From Bulletin of IIR

INTERNATIONAL EXHIBITIONS SHK - 2002

«CHINA REFRIGERATION-2002»



ДЮПОН:

В НАШ ТРЕТИЙ ВЕК ВСТУПАЯ



В день своего 200-летия «Дюпон» преподносит уникальные произведения XVI в. в дар Государственному музею изобразительных искусств им. А.С. Пушкина.

Москва. 24 июня 2002 г. Государственный музей изобразительных искусств им. А.С. Пушкина (ГМИИ). Г-н **Филипп ДЕСОЛ**, вице-президент европейского подразделения «Дюпон», в присутствии 200 гостей вручил первому заместителю министра культуры России г-ну **Александру Алексеевичу ГОЛУТВЕ** две редчайшие на антикварном рынке лиможские эмали XVI в. – дар российской культуре от компании «Дюпон».

Г-н А. А. Голутва от имени Правительства России и Министерства культуры высказал глубокую благодарность компании «Дюпон» за ее дар музею и значительный вклад в российскую культуру и экономику.

«За 200 лет компания «Дюпон» прочно вошла в нашу жизнь, – отметил г-н А. Голутва. – Научные открытия и созданные этой компанией материалы стали составной частью материального мира и достижением человеческого разума». Он тепло поздравил компанию «Дюпон» с 200-летием и пожелал ей дальнейших успехов и процветания.

Лиможские эмали были с благодарностью приняты директором музея г-жой **И.А. АНТОНОВОЙ**. Эмали прошли все необходимые экспертизы и, по словам г-жи И.А. Антоновой и экспертов, являются истинными шедеврами и уникальными произведениями искусства Франции эпохи Возрождения.

Лиможская эмаль занимает исключительное положение в истории декоративно-прикладного искусства. Пластины, переданные в дар музею, исполнены в технике расписной эмали; обе композиции вставлены в рамы второй половины XIX в., сходные по стилю с рамами рубежа XVI–XVII вв. Близость форматов дает основание полагать, что эмали были исполнены для одного заказчика. Более ранняя по времени создания эмаль, представляющая сражение кавалеристов и пехотинцев на фоне горящего города, выполнена в технике монохромной живописи (гризайли) и датируется серединой – третьей четвертью XVI в. Вторая эмаль – композиция на мифологический сюжет, которую можно назвать «Диана, оплакивающая смерть Ориона», является иллюстрацией малоизвестного варианта мифа о богине Диане и охотнике Орионе, изложенного в сочинениях древнеримского автора II в. н.э. Юлия Гигина. Она выполнена другим мастером и в иной манере – в технике полихромной эмали с последующей росписью золотом, пришедшей на смену гризайли в 1560-е годы.

Эмаль может быть отнесена к 1560–1580 гг. Обе композиции, безусловно, созданы крупными лиможскими живописцами, установление имен которых – лишь вопрос времени, и существуют в единственном экземпляре.

«Коллекция нашего музея насчитывает более полумиллиона экспонатов, – сказала г-жа И.А. Антонова, – и эти работы – две прекрасные жемчужины, которые украсят нашу экспозицию».

«В российских музеях собраны величайшие произведения мирового искусства, потому что в России всегда существовали меценаты, – сказал в своем выступлении директор Московского представительства «Дюпон» г-н **Джон ШМОРГУН**. – Мы гордимся возможностью продолжить эту добрую традицию и хотим вместе строить будущее России...»

«Дюпон де Немур» – научно-исследовательская и технологическая корпорация, действующая в глобальных масштабах. Уже 200 лет она продолжает удивлять мир достижениями науки. Недаром девиз компании сегодня звучит так: «Наука на грани волшебства». В своей работе компания ориентируется на системные решения, которые позволяют реально улучшить качество повседневной жизни людей. Как сказал президент корпорации **Ч. ХОЛЛИДЕЙ**, – «в нашей работе главным ориентиром должны служить потребности человека». Одним из примеров служит новый медицинский препарат «Сустива»® (Sustiva®), созданный в лабораториях «Дюпон Фарма». На сегодня он является наиболее эффективным лекарством против СПИДа с дозировкой всего 1 таблетка в день! Еще вчера это казалось чудом...

Деловые контакты России и фирмы «Дюпон» уходят корнями в далекое прошлое. Русская армия применяла дюпоновский порох в героической обороне Севастополя в Крымской войне 1853–1856 гг. В 1935 г. советская делегация посетила штаб-квартиру «Дюпон» в США. В 1941 г. в Ереване компанией «Дюпон» был построен и пущен завод по производству синтетического каучука «совпрен» по технологии «Дюпон». Без этого стратегического материала накануне Великой Отечественной войны Советский Союз не смог бы освоить массовый выпуск танков, грузовиков, моторов, самолетов и другой боевой техники.

Почти 30 лет назад, в 1974 г. «Дюпон» стала одной из первых западных корпораций, открывшей в Москве аккредит-



Открытие торжественного собрания, посвященного 200-летию компании «Дюпон»

тованное при МИДе СССР представительство. Сразу закипела работа: первые лицензионные договоры включали запуск завода по производству двуокиси хрома в Шостке в 1974 г. (результатом стала советская фотопленка «Свема»), завода по выпуску полихлоропрена (бензостойкой резины) «Наирит» в Ереване в 1976 г. В 1977 г. был подписан договор о научном сотрудничестве с Академией наук СССР, многими министерствами и ведомствами советского правительства.

За десятилетия сотрудничества компания «Дюпон» зарекомендовала себя надежным партнером Советского Союза и демократической России. В 1991 г. компания зарегистрировала дочернее предприятие «АО Дюпон Россия» со 100%-ным капиталом «Дюпон».

В декабре 1993 г. подразделение «Дюпон Фторпродукция» создало совместное предприятие с Кирово-Чепец-

ким химическим комбинатом (Кировская обл.) по производству и продаже продуктов фторхимии. За последние годы в России налажен выпуск целой гаммы товаров широкого потребления по лицензии и технологиям «Дюпон». Это – модная одежда из нейлона – Тактеля® и Лайкры®; антипригарная посуда с покрытием Тефлон®; ковры из нити Антрон®; зубные щетки с нейлоновой щетиной Тайнекс®; специальная и защитная одежда под



Директор ГМИИ им.А.С.Пушкина И.А.Антонова рассказывает об истории лиможских эмалей

марками Тайвек®, Кевлар® и Номекс®; удобные подушки и одеяла Комфореель®. Широко применяются конструкционные полимеры и пластмассы, синтетические волокна и пленки «Дюпон», безопасные средства защиты растений (гербициды), пищевые добавки и со-



В момент передачи лиможских эмалей. Вице-президент «Дюпон» (Европа) г-н Филипп Десол (в центре), справа – первый заместитель министра культуры РФ А.А.Голутва, слева – директор ГМИИ им.А.С.Пушкина И.А.Антонова

люции. Молодой химик, дворянин, ученик великого Антуана Лавуазье, Э.И. Дюпон взял в долг 36 тыс. долл. и построил пороховой завод на берегу р. Брэндиуайн в штате Делавэр. Порох делали по новейшим на то время европейским технологиям. Его качество превосходило продукцию местных конкурентов. Через несколько лет предприятие стало лучшим в Америке, а Дюпоны – пороховыми королями, миллионерами, одним из великих родов США. Но семья сохранила французские корни, язык и национальную культуру.

Именно в память об этой истории, ставшей легендой, Московское представительство «Дюпон» решило отметить 200-летний юбилей, напомнив о французских корнях великой компании. Совместно с Государственным музеем изобразительных искусств им. А.С. Пушкина и под патронажем Министерства культуры РФ был разработан и реализован совместный культурный проект.

(Материалы предоставлены Отделом внешних связей компании «Дюпон» и Отделом экспертиз ГМИИ им. Пушкина.)



Выступает директор Московского представительства «Дюпон» г-н Джон Шморгун



СЕМИНАР КОМПАНИИ «ДЮПОН» В МОСКВЕ

Компания «Дюпон де Немур», крупнейший поставщик холодильных агентов на российском рынке, 5 июня текущего года провела в Москве в отеле «Мариотт» семинар по теме «Фторпродукты: 70 лет истории и взгляд на будущее».

В семинаре приняли участие руководители и специалисты объединений – производителей холодильной техники: ассоциаций «Холодпром», «Торговый холод», «Холод-быт», крупнейшей организации в сфере сервиса холодильного оборудования – объединения «Торгтехника», специалисты заводов и организаций, входящих в эти объединения, большое число представителей других фирм, связанных с холодильной техникой, а также отраслевой прессы.

В качестве докладчика компанию «Дюпон» представлял старший технический эксперт отдела фторпродуктов г-н **Джон Морли**, вела семинар старший менеджер отдела **Татьяна Маркина**.

В течение многих лет одно из направлений деятельности компании связано с созданием и внедрением озонобезопасных хладагентов. Практика проведения уже ставших традиционными ознакомительных семинаров, безусловно, полезна, так как на каждом из них появляется новая информация, представляющая интерес для специалистов.

Тематика семинара охватывала следующие вопросы: влияние экологических проблем на холодильную технику; фторпродукты компании «Дюпон»; работа с новыми хладагентами; перевод систем на новые рабочие вещества; альтернативы озоноразрушающим веществам, применяемым вне холодильной техники. Последняя из тем на семинарах «Дюпон» в такой постановке прозвучала впервые.

Развитие процессов регулирования производства и потребления озоноразрушающих веществ (ОРВ) в разных странах мира идет различными темпами, подчиняясь широкому спектру законодательных документов. Именно вследствие этого первая тема доклада г-на Морли вызвала наибольший интерес и максимальное число вопросов. Суммируя изложенное докладчиком и выявившееся в процессе дискуссии, можно сказать следующее.

Экономически развитые страны прекратили потребление ОРВ групп «А» и «В» согласно приложениям к Монреальскому протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой*, с 1996 г. Страны, подпадающие под действие статьи 5 Монреальского протокола

(экономически слаборазвитые страны), должны прекратить потребление ОРВ указанных групп с 2010 г. Это 122 страны, в том числе Индия, Китай, некоторые страны бывшей Югославии. В Российской Федерации производство, экспорт и импорт ОРВ этих групп запрещены постановлением правительства № 1000 от 19 декабря 2000 г. Фактически установлен переходный период до 01.01.2006 г., в течение которого разрешено их использование из созданных запасов только для особо важных государственных нужд. В странах ЕС всякое потребление этих ОРВ в холодильной технике, в производстве вспененных материалов, в качестве растворителей, распыляющих веществ и т.д., кроме ограниченного применения в медицине, строго запрещено.

Таким образом, положение с потреблением ОРВ групп «А» и «В» достаточно ясно. Несколько сложнее дело обстоит с ОРВ по списку «С» приложения № 1 к постановлению № 563, т.е. с веществами так называемого переходного типа, к которым относятся R21, R22, R141b, R14b и другие гидрохлорфторуглероды (ГХФУ), являющиеся се-

годня как самостоятельными широко распространенными хладагентами (например, R 22), так и компонентами смесевых хладагентов отечественного и зарубежного производства, предназначенных для замены R12.

В странах ЕС эти вещества запрещены в основных областях их применения, за некоторыми исключениями. Например, использование R22 в тепловых насосах нового производства разрешено только до 2004 г., а в сервисе эксплуатируемого холодильного оборудования – до 2010 г. Все это – опережающие решения стран ЕС, так как в соответствии с Монреальским протоколом для экономически развитых стран срок прекращения потребления этих веществ – 2030 г., для экономически слаборазвитых стран – 2040 г. В Российской Федерации каких-либо документов по этой группе веществ нет, так как страна не ратифицировала Копенгагенскую поправку, в соответствии с которой вводится указанный выше график сокращения потребления ОРВ группы «С».

В докладе прозвучала информация о том, что в результате принятых мер по регулированию потребления ОРВ озоновый слой начал восстанавливаться и полное его восстановление ожидается к середине текущего столетия.

Новые проблемы возникают в связи с ростом концентрации парниковых газов в атмосфере, особенно в условиях природных катаклизмов в различных частях земного шара, резко участвовавших в последнее время.

Пристальное внимание участников семинара было обращено на положение с R134a, входящим в группу гидрофторуглеродов (ГФУ), являющихся в соответствии с Киотским протоколом к «Рамочной Конвенции ООН об изменении климата» парниковыми газами, отвечающими вместе с такими веществами, как диоксид углерода, перфторуглероды (ПФУ) и др., за процесс потепления земной атмосферы. Действительно, R134a имеет достаточно высокий потенциал глобального потепления (GWP=1300), что существенно ниже, чем у R12 (GWP=8500), однако значительно выше по сравнению, например,

* Указанные вещества соответствуют ОРВ списков «А» и «В» приложения №1 к «Положению о порядке ввоза в Российскую Федерацию и вывоза из Российской Федерации озоноразрушающих веществ и содержащей их продукции», утвержденному постановлением Правительства Российской Федерации от 8 мая 1996 г. № 563 с последующими изменениями. В дальнейшем ссылки будут адресованы к этому документу, как действующему на территории страны и определяющему классификацию веществ, регулируемых Монреальским протоколом.

с таким экологически безопасным альтернативным природным хладагентом, как изобутан ($GWP = 0...3$).

Однако, как справедливо заметил в своем докладе г-н Морли, дело не только в свойствах вещества, но и в его количестве, потенциально имеющем возможность попадания в атмосферу. Представленный им график влияния различных парниковых газов на процесс потепления показывает незначительную роль в нем ГФУ. Тем не менее в странах ЕС вводится жесткий контроль за утечками всех хладагентов, в том числе и R134a, и ужесточаются требования к герметичности холодильного оборудования. По мнению докладчика, R134a является незаменимым веществом во многих областях и для обеспечения беспрепятственного его применения необходимо в первую очередь бороться с его утечками.

Комментируя вопрос об экономических санкциях в Европе в случае применения R134a (о них говорилось в докладе директора Международного института холода г-на Ф.Бийяра на конференции в Словакии), докладчик сообщил, что подобные решения, принимаемые отдельными странами ЕС, противоречат Римскому договору о перемещении товаров, и дело рассматривается в суде, решение которого пока неизвестно.

Киотский протокол, предусматривающий сокращение с 2008 г. выбросов парниковых газов в установленных для каждой страны количествах, приобретет законодательный характер в том случае, если его ратифицируют страны, чей суммарный объем эмиссии парниковых газов составляет не менее половины мировой эмиссии этих веществ. На сегодня это еще не произошло, но, если Российская Федерация и Китай ратифицируют этот документ, он станет обязательным для всех сторон «Рамочной конвенции об изменении климата».

Во второй и третьей частях доклада г-н Морли еще раз подробно остановился на свойствах хладагентов компании «Дюпон», выпускаемых для замены ХФУ и ГХФУ – R134a, R404A, R507A, R236fa, R402A, R402B, R407C, R410A и др., областях их целесообразного применения, используемых смазочных маслах, растворимых хладагентах, взаимодействии с неметаллическими материалами. Особое внимание вызвала дискуссия по проблеме утечки смесевых хладагентов из системы холодильной машины. Докладчиком была высказана мысль о том, что в случае применения зеотропных смесей, имеющих значительную неизотермичность процессов кипения и конденсации, при утечках возможна дозаправка «по жид-

кости» хладагентом исходного состава, что восстанавливает работоспособность холодильной машины. В случае азеотропных веществ проблем с дозаправкой нет.

Заинтересовал участников семинара и вопрос о веществах для замены запрещенного хладагента R13 в низкотемпературных каскадных холодильных установках. Теоретически возможными альтернативами R13 могут быть либо R23, вещество с нулевым потенциалом разрушения озонового слоя, но имеющее огромный потенциал глобального потепления ($GWP = 12100$), либо СУВА-95 (R508B), смесь R23/R116 с $GWP = 12200$. Острота проблемы состоит в том, что оба вещества требуют замены смазочных масел и серьезной модернизации собственно холодильной системы для обеспечения заданных температурных условий в охлаждаемом объеме. Вопрос модернизации действующих установок для замены R13 на один из этих хладагентов пока остается открытым.

Для замены хладагента R13Br1, применяемого в кондиционировании при высоких температурах конденсации (крановые кондиционеры), рекомендован хладагент R 236fa, имеющий $ODP=0$, но достаточно высокий GWP , равный 8000.

В четвертом разделе доклада г-на Морли прозвучала информация о технологии ретрофита эксплуатируемых холодильных установок в основном средней и большой производительности. В качестве примера была рассмотрена замена R 22 ($ODP=0,050$; $GWP = 1700$) на смесевой хладагент R 407C – смесь R32/R125/R134a ($ODP=0$; $GWP = 1370$) в системе кондиционирования воздуха. Альтернативный хладагент при почти тех же холодопроизводительности и холодильном коэффициенте, что и у R22, имеет более высокое давление конденсации (на 3 бара выше, чем у R22 при температуре конденсации 55 °C); неизотермичность (глайд) 7,4 °C; требует полиэфирных смазочных масел, замены сорбентов и эластомеров. При ретрофите действующих установок необходима тщательная очистка от старого смазочного масла: содержание его после неоднократной промывки не должно превышать 5 %. Все требования к заправке R407C аналогичны общим требованиям к заправке смесевыми хладагентами.

Исходя из представленных результатов сравнительных испытаний холодильной системы на R22 и R 407C, сделан вывод о перспективности применения R 407C как в существующих, так и во вновь проектируемых установках, особенно для кондиционирования воз-

духа. Для холодильной техники рекомендуется замена R22 на R404A.

В последнем разделе докладчик остановился на альтернативных веществах производства компании «Дюпон», применяемых вне холодильных агрегатов и машин: вспенивателях для производства вспененных материалов и изделий, в частности для производства пенополиуретановой теплоизоляции; растворителях, используемых для очистки и обезжиривания деталей и внутренних поверхностей элементов холодильных машин; распылителях для аэрозолей и пожаротушащих веществ – огнегасителях.

Применение рекомендуемого в качестве вспенивателя R134a (Формасель Z4) для производства ППУ-теплоизоляции достаточно хорошо известно. Это вещество опробовано на некоторых предприятиях Ассоциации «Холод-быт». Полученные результаты удовлетворительны, однако R134a в нормальных условиях находится в газообразном состоянии и для использования в технологическом процессе заливки ППУ-теплоизоляции необходима дополнительная операция его сжижения и соответственно дополнительное дорогостоящее оборудование. Более высокое давление в ячейках теплоизоляции вызывает при прочих равных условиях более высокую эмиссию молекул из теплоизоляции и ускоренное замещение их молекулами воздуха с соответствующим ухудшением теплоизоляционных свойств материала.

Для производства пенополистиролов «Дюпон» предлагает смесевые вспениватели на основе ГФУ-152a (R152a).

В качестве распылителей для аэрозолей компания рекомендует вещества с маркой «Даймел» (в том числе диметиловый эфир, R134a и R152a). Они практически нетоксичны при вдыхании, неканцерогенны и полностью озонобезопасны.

В гамме веществ для пожаротушения были представлены огнегасители, предназначенные для замены запрещенных галонов 1211 и 1301, на основе чистых гидрофторуглеродов HFC-23 и HFC 227 (замена галона 1301) и HFC-236fa (замена галона 1211). Однако отмечается, что полноценной замены галонов как средств пожаротушения пока нет.

Участникам семинара были переданы краткие материалы по докладу, практически на все возникшие вопросы были получены полные ответы г-на Морли.

В.И.СМЫСЛОВ,
исполнительный директор
Ассоциации «Холод-быт»

УГЛЕВОДОРОДЫ КАК ХОЛОДИЛЬНЫЕ АГЕНТЫ

29 января 2002 г. в Санкт-Петербургском государственном университете низкотемпературных и пищевых технологий (СПбГУНиПТ) состоялась Международная научно-техническая конференция «Углеводороды как хладагенты».

Организаторы конференции — СПбГУНиПТ, Международная академия холода (МАХ) и Рабочая группа «Свойства хладагентов и теплоносителей» Научного совета РАН. В конференции участвовали: Одесская государственная академия холода (Украина), Институт проблем энергетики Национальной академии наук Белоруссии, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Московский энергетический институт (технический университет), Московский завод «Компрессор», ВНИХИ, ЗАО «Хладоклиматехника» (Москва), ЗАО «Сигма-Газ», Российский научный центр «Прикладная химия», ОАО «ЛенНИИхиммаш», ИКЦ «Промтехбезопасность», Центр холодильного оборудования, ЗАО «Интерлак», ООО «Галас» (Санкт-Петербург), Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ), отраслевые журналы.

Участников конференции приветствовал ректор СПбГУНиПТ, президент Международной академии холода академик **А.В. Бараненко**.

С докладом «Природные холодильные агенты — углеводороды. Свойства и применение» выступил академик МАХ **О.Б. Цветков** (СПбГУНиПТ) (статья по докладу публикуется в этом номере журнала).

В докладе **И.Л. Ходоркова, С.Г. Сердюкова** (ЗАО «Сигма-Газ») «Перспективы создания демонстрационных зон технологий и бизнеса СПГ в России» были рассмотрены возможности производства и использования сжиженного природного газа (СПГ), получаемого на газоредуцирующих станциях (ГРС) магистральных газопроводов. Газ с давлением 3,0...7,5 МПа сжимается при дросселировании и специальным транспортом доставляется потребителю. Опытно-промышленное производство по получению СПГ этим методом развернуто на ГРС «Никольское» ООО «Лентрансгаз». Сжиженный газ можно применять как моторное топливо для автомашин, теплоходов, маневренных тепловозов, как топливо для котельных, причем стоимость его значительно ниже стоимости мазута. Одновременно СПГ можно исполь-

зовать для охлаждения промежуточного хладоносителя в холодильных контурах.

Б.Д. Тимофеев (Институт проблем энергетики НАН Белоруссии) в докладе «Выбор углеводородов в качестве холодильных агентов бытовых холодильников и холодильного торгового оборудования» (авторы: **О.В. Беляева, А.Ж. Гребеньков, Б.Д. Тимофеев**) привел сравнительные характеристики холодильных циклов для 21 заменителя запрещенного хладагента R12. По мнению авторов доклада, следует провести технико-экономическое обоснование внедрения углеводородов как хладагентов в холодильном оборудовании с учетом пожаро- и взрывобезопасности и определить области их оптимального применения (статья по данному докладу публикуется в этом номере журнала).

А.А. Жердев (МГТУ им. Н.Э. Баумана) в докладе «ДМЭ — перспективный хладагент дизельных авто-рефрижераторов» (авторы: **С.Д. Глухов, А.А. Жердев, А.В. Поляков**) изложил перспективы использования диметилового эфира (ДМЭ) в качестве топлива и одновременно хладагента для автомобильных рефрижераторов. Производство диметилового эфира в России составляет порядка 400 тыс. т в год при

стоимости от 1,5 до 2,3 тыс. руб/т (причем даже эта стоимость может быть значительно снижена). Уже испытан дизель на ДМЭ, разработаны новый сорт резины и специальные присадки к смазке для работы с диметиловым эфиром. Топливо подается в дизель под давлением 3...7 МПа и обеспечивает бездымное горение, что благоприятно для экологии.

Данных по теплофизическим свойствам ДМЭ очень мало. Как хладагент ДМЭ близок по свойствам к R12, имеет хорошие теплообменные характеристики, по безопасности сходен с пропаном и бутаном. Он нетоксичен, используется в качестве распылителя лаков; потенциалы ODP и GWP для ДМЭ равны нулю. Для расчета цикла использовали диаграмму состояния Планка, расширенную по методу И.С. Бадилькеса. В качестве смазки для холодильной машины на ДМЭ может быть использовано минеральное масло ХФ 12-16, в котором ДМЭ полностью растворим.

В докладе «Фазовые соотношения и уравнения состояния азеотропных смесей изобутана с фторэтанам, фторпропанами и фторэфирами» **В.В. Алтунин** (МЭИ) привел результаты сравнительного численного анализа экспериментальных данных о $pT(x,y)$ -параметрах фазового равновесия жидкость — пар в бинарных смесях изобутана (R600a) с фторэтанам (HFC 125, HFC 134a, HFC 152a), фторпропанами (HFC 227ea, HFC 236fa) и диметиловым эфиром (E170). Рассматриваемые смеси представляют собой неидеальные растворы, образующие положительные азеотропы с относительно небольшим температурным дрейфом азеотропного состава. Показано, что pT -проекции азеотропных точек выше кривой насыщения R600a, а для систем HFC 152a/R600a, HFC 227ea/R600a и E170/R600a располагаются в диапазоне $\pm(50...100)$ кПа от кривой насыщения R12. Это означает, что давле-

ние указанных смесевых хладагентов азеотропного состава в интервале рабочих температур бытовой холодильной техники (250...318 К) выше атмосферного. Для некоторых азеотропных систем возможно повышение порога воспламеняемости хладагента и энергетической эффективности холодильного цикла. Расчет термодинамических свойств смесевых хладагентов проводят по уравнению состояния Карнахана-Старлинга-деСантиса, коэффициенты которого определены экспериментально по данным о парожидкостном равновесии индивидуальных хладагентов и их смесей.

В докладе ОГАХ «Перспективы и проблемы применения углеводородов в качестве хладагентов» (авторы: В.П. Железный, О.Я. Хлиева, Н.П. Быковец) были проанализированы перспективы применения углеводородов в холодильном оборудовании, представлен обзор основных стандартов по безопасному использованию пожароопасных хладагентов. По мнению авторов, в основу заключения об использовании углеводородов должны быть положены современные методы эколого-энергетического анализа (первая часть статьи по данному докладу представлена в этом номере, вторая часть будет опубликована в следующем номере журнала).

Е.Т. Петров (СПбГУНиПТ) в своем докладе «Особенности использования углеводородов в качестве рабочих веществ в действующих установках» подчеркнул, что в химической промышленности и на предприятиях по переработке нефти и газа, где в технологических процессах участвуют углеводороды (этилен, пропилен, метан), нет сомнений в целесообразности их применения и в качестве хладагентов. Проблем с получением чистых углеводородов для холодильной техники в этом случае нет. Опыт работы этих предприятий может быть использован при проектировании холодильных установок и их модернизации, направленной на повышение эффективности и снижение количества хладагента в системе. Статистика аварий на углеводородных холодильных установках показывает, что в основном они происходили из-за халатности при эксплуатации и про-

ведении регламентных работ. Важно помнить, что, проходя по трубопроводам, углеводороды электризуются, а это крайне опасно. Теплообмен при кипении углеводородов интенсивнее, а при конденсации несколько хуже, чем у фреонов, и, по мнению докладчика, блоки высокого давления холодильных установок лучше выносить за пределы производственных помещений, тем более что можно использовать естественный холод, которым так богата Россия.

При использовании углеводородов в холодильной технике необходимо руководствоваться следующими критериями:

- минимальная заправка установок хладагентом;
- обеспечение пожаро- и взрывобезопасности;
- высокая термoeкономическая эффективность хладагента с учетом затрат на разработку, производство и эксплуатацию;
- соответствие техники, использующей углеводороды, европейскому стандарту EN 60 355-2-24-200.

Учитывая высокую термoeкономическую эффективность применения аммиака в холодильной технике, целесообразно продолжить совершенствование аммиачных холодильных установок средней и большой холодопроизводительности и средств защитной автоматики.

В докладе **Е.Е. Устюжанина** (МЭИ) «Разработка программ для расчета термодинамических свойств смесей на основе углеводородов» рассмотрены особенности уравнений состояния Карнахана-Старлинга-деСантиса для расчета свойств углеводородов. Докладчик также отметил необходимость ориентироваться на международный стандарт ИСО во избежание разногласий между теплофизиками.

В.С. Зотиков (РНЦ «Прикладная химия») в своем выступлении обратил внимание собравшихся на то, что отечественные предприятия, как производящие, так и эксплуатирующие холодильное оборудование на ХФУ, не готовы к освоению и внедрению углеводородов как хладагентов, так как это требует существенной модернизации предприятий для обеспечения их пожаробезопасности, внесения конструктивных изменений

в производимое оборудование (уже имеется отрицательный опыт внедрения горючей смеси С1 на Красноярском заводе бытовых холодильников «Бирюса»). Осторожность необходимо проявлять и при применении диметилового эфира в авторефрижераторах, поскольку при длительном контакте эфиров с атмосферным воздухом есть опасность появления взрывоопасных перекисных соединений. Высокая упругость паров ДМЭ (температура нормального кипения $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$), широкие диапазоны концентраций ДМЭ, дающих горючую смесь с воздухом ДМЭ (3,4 – 18%), и низкая температура воспламенения ($350\text{ }^{\circ}\text{C}$) делают обеспечение пожаро- и взрывобезопасности систем с ДМЭ даже более актуальной задачей, чем при использовании других углеводородов.

Неизбежны трудности при сервисном обслуживании холодильников на углеводородах, поэтому, по мнению докладчика, сейчас целесообразно применять негорючие переходные, а в будущем – озонобезопасные хладагенты. В России наиболее освоены переходные хладагенты на основе R22, прошедшие апробацию на российских предприятиях (в частности, смесевой хладагент С10М включен в реестр UNEP как сервисная смесевая композиция).

Наряду с изучением перспектив использования углеводородов из отечественного сырья докладчик предложил расширять работы по внедрению перспективных отечественных смесевых озонобезопасных хладагентов, обладающих более низким показателем GWP, чем R134a, который рассматривается в настоящее время как основной ретрофитный хладагент.

В заключение конференции председатель Рабочей группы «Свойства хладагентов и теплоносителей» Научного совета РАН и секции МАХ «Теоретические основы холодильной и криогенной техники» О.Б. Цветков сделал сообщение о деятельности этих организаций в 2001 г. и о планах работы на 2002 г.

Ю.А. ЛАПТЕВ

Ученый секретарь Рабочей группы «Свойства хладагентов и теплоносителей»,
академик МАХ

Академик МАХ **О.Б. ЦВЕТКОВ**
Санкт-Петербургский государственный
университет низкотемпературных и
пищевых технологий

ПРИРОДНЫЕ ХОЛОДИЛЬНЫЕ АГЕНТЫ – УГЛЕВОДОРОДЫ

Исполняется 5 лет Киотскому протоколу, который ознакомил мировое сообщество с виновниками глобального потепления планеты. Как обычно, не обошлось без фреонов, причем названы были все из них: HFC-, PFC-соединения и отдельной строкой – шестифтористая сера. Ответ на вопрос, чем фреоны так провинились, далеко не однозначен. Тем не менее теперь более четко обозначена альтернатива – так называемые "природные" холодильные агенты. Существенную долю природных хладагентов составляют углеводороды, хотя к природным отнесены также аммиак, диоксид углерода, вода и воздух [9 – 11].

Метан – это наиболее яркий представитель углеводородов, но, к сожалению, тоже "парниковый" газ, поэтому для холодильной техники речь идет об этане, пропане, бутане, пропилене и их смесях. В нефтехимии углеводороды многие годы используют для получения промышленного холода. Углеводороды доступны и сравнительно дешевы, не имеют монополистов-производителей, тем более трансконтинентальных. Углеводороды озонобезопасны, обладают нулевым или близким к нулю потенциалом глобального потепления (так называемый "double zero" – двойной ноль), нетоксичны, не образуют фосгена. Преимущество углеводородов – их совместимость с производимыми в России минеральными маслами и традиционно используемыми в отечественной холодильной технике материалами. Углеводороды не боятся влаги, не создают потенциальной опасности коррозии. Уважение вызывают термодинамические и теплообменные характеристики углеводородов, особенно при фазовых переходах. Для углеводородов характерны большая в сравнении с фреонами текучесть и соответственно до 40–50 % меньшее падение давления в трубопроводах и клапанах системы. Углеводороды снижают трение. В углеводородных циклах холодильных машин полезны охлаждение жидкости перед дросселем и перегрев паров перед компрессором. По

Thermodynamic properties of hydrocarbons and some of their fluorinated derivatives are described. Their comparison with refrigerants R12 and R134a was carried out. Thermodynamic advantages of hydrocarbons are shown. The measures to provide fire- and explosion safety of refrigeration installations working on hydrocarbons are listed.

литературным данным, холодильный коэффициент может возрасти от 0,09 до 0,14 % на каждый градус перегрева.

Термодинамические свойства углеводородов и некоторых их фторпроизводных приведены в табл. 1. В сравнении с хладагентами R12 и R134a свойства пропана, изобутана и циклопропана даны в табл. 2 [9,10].

Изобутан – один из первых углеводородов, использовавшихся в бытовых холодильниках. Критическая температура изобутана сопоставима с критической температурой аммиака. Однако в цикле с изобутаном давления при высоких температурах конденсации более низкие даже в сравнении с R12 и R134a. Теплота парообразования изобутана в 2 раза

превышает аналогичный показатель для R12.

Пропан по критической температуре близок к фреону R22, но в 2 раза легче и имеет в 1,8 раза большую теплоту парообразования. Пропан интересен с позиций применения в коммерческих холодильных агрегатах, промышленных холодильных установках и тепловых насосах. Этан в принципе может заменить фреон R13, но имеет более высокие давления ($p_{кр} = 3,8$ МПа у R13). Альтернативой изобутану и пропану служит циклопропан. Этот хладагент перспективен для низкотемпературных систем. Объемная холодопроизводительность циклопропана выше, чем у R12. Выше также холодильный коэффициент цикла, причем речь может идти о 10 –

Таблица 1.
Термодинамические характеристики углеводородов и фторуглеродов

Хладагент	Название	M, кг/кмоль	$t_{кр}, ^\circ\text{C}$	$p_{кр}, \text{бар}$	$t_{н.к}, ^\circ\text{C}$
R236ea	Гексафторпропан	152,05	139,29	35,33	6,50
R600	n-Бутан	58,12	152,01	37,96	-0,54
RC318	Перфторциклобутан	200,04	115,22	27,78	-6,99
R600a	Изобутан	58,12	134,70	36,31	-11,94
R227ea	Гептафторпропан	170,04	101,87	29,52	-16,35
R245cb	Пентафторпропан	134,06	106,93	31,37	-17,59
RC270	Циклопропан	42,08	125,15	55,80	-32,70
R218	Перфторпропан	188,03	71,95	26,62	-36,75
R290	Пропан	44,10	96,70	42,48	-42,38
R170	Этан	30,07	32,18	48,71	-88,6
R1270	Пропилен	42,08	91,8	46,13	-47,98

Примечание. M – молекулярная масса; $t_{н.к}$ – температура кипения при нормальном давлении; $p_{кр}, t_{кр}$ – критические соответственно температура и давление.

Таблица 2.
Сравнение термодинамических характеристик хладагентов

Хладагент	Название	M, кг/кмоль	$t_{кр}, ^\circ\text{C}$	$p_{кр}, \text{бар}$	$t_{н.к}, ^\circ\text{C}$	$r_{н.к}, \text{кДж/кг}$
R12	Дифтордихлорметан	120,91	112,0	41,1	-29,8	165,4
RC270	Циклопропан	42,08	125,15	55,8	-32,7	475,2
R134a	Тetraфторэтан	120,0	101,2	40,7	-26,5	216,8
R600a	Изобутан	58,12	134,7	36,31	-11,94	366,2
R290	Пропан	44,10	96,7	42,48	-42,38	425,6
R22	Дифторхлорметан	86,48	96,13	49,86	-40,82	233,7

Примечание. M – молекулярная масса; $t_{н.к}$ – температура кипения при нормальном давлении; $p_{кр}, t_{кр}$ – критические соответственно давление и температура; $r_{н.к}$ – удельная теплота парообразования при $t_{н.к}$.

15 % роста. Почти в 3 раза меньше заправка циклопропана в установке по отношению к циклу с R12. Отмечается несколько возросшая (не более чем на 11 °С) температура пара в конце сжатия, но подбором масла эту проблему удастся решить.

Известны данные об использовании диметилового эфира (C_2H_6O , E170) в Словении и Австралии. Комплексное решение проблемы диметилового эфира как моторного топлива и как хладагента в дизельных авторефрижераторах предложено в МГТУ им. Н.Э. Баумана [4].

Значителен интерес к смесям углеводородов, в том числе с фреонами, а также с аммиаком. Одной из первых в этом направлении была работа В.Н. Новотельного (СПбГУНиПТ). Известны также исследования Е. Бодио, М. Вильчека и М. Хоровского (Вроцлав, Польша) по применению пропан-бутановой смеси (50 % на 50 %) вместо R12 в бытовых холодильниках [8]. Параметры смеси ($p_{кр}=4,28$ МПа и $t_{кр}=127,6^\circ\text{C}$) близки к параметрам критической точки R12. Заправляли смесь непосредственно ("drop-in") в бытовой холодильник, причем заправка смеси составила 1/3 заправки R12. Подобная схема успешно работала в течение пяти лет.

Пропан-бутановую смесь для перевозки охлажденных продуктов на базе малотоннажного рефрижератора "Москвич-2352" предложили А.М. Архаров и В.В. Лубенец [1].

В Индонезии после запрета R12 и возникновения многочисленных проблем по применению HFC-хладагентов, не колеблясь, перешли на углеводороды в бытовых холодильных приборах, сплит-системах, для охлаждения резервуаров с молоком и т. д. Использовали смеси R290/R600a и R290/R600/R600a. К примеру, чтобы обеспечить холодопроизводительность 4,5 кВт, потребовалось около 2 кг смеси. Заправляли смесевые хладагенты в существующую установку без замены компрессора.

Смеси пропан/бутан и пропан/изобутан для бытовой холодильной техники исследовали И.М. Калнинь, В.И. Смыслов и К.Н. Фадеков [6]. Массовая доля заправки в сравнении с R12 составляла 40–50 % и не превышала 60 г для одинаковых по объему холодильников. Авторами [6] отмечено увеличение холодильного коэффи-

циента до 13–20 % и удельной массовой холодопроизводительности по отношению к R12 более чем в 2 раза для цикла с $t_0 = -24^\circ\text{C}$ и $t_k = 45^\circ\text{C}$. Отношение давлений конденсации p_k и кипения p_0 при этом снижалось от 4 до 20 %.

Многие фирмы производят углеводороды и смеси для холодильной техники. Это бренды: CARE 30 (пропан/изобутан), CARE 40 (пропан), HC 12A (пропан/*n*-бутан), HC22A (пропан), ECOOL-PIB (пропан/изобутан), ECOOL-PRO (пропан), CARE 50 (этан/пропан) и др. Углеводороды сегодня применяют в основном в интервале температур $-35...+6^\circ\text{C}$, т. е. это бытовые холодильники, чиллеры и коммерческие холодильные установки. Углеводороды используют в циклах тепловых насосов малой и средней производительности (до 300 кВт), в системах кондиционирования воздуха, для охлаждения напитков, прилавков, при хранении быстрозамороженных продуктов.

Предлагаются отечественные смеси на основе углеводородов. Это хладагенты CM 1, CM 1a, CM 1b и т. д. до CM 4, представляющие собой смеси R134a, R218, изобутана или *n*-бутана, а также смесь трифторпропилена (R1243) с изобутаном [2,3,7]. Для смесей R134a–изобутан и R1243–изобутан речь идет об азеотропах. Предложенная в России смесь C1 представляет собой азеотропную композицию R152a (30 %) – изобутан. Смесь R125, R134a и R600a (бренд RX3D) рекомендована взамен R404A и R407C. Пропан как компонент смеси вошел в композиции:

R22 (74 % или 55 %), R218 (20 % или 39 %), R290 (6 %);

R125 (60 % или 32 %), R22 (38 % или 66 %), R290 (2 %);

R125 (50 %), R134a (45 %), R290 (5 %);

R32 (20 %), R125 (55 %), R134a (20 %), R290 (5 %).

В некоторых публикациях отмечена химическая нестабильность

циклопропана (RC270), однако и этот углеводород использовали в смеси: циклопропан (5 %), R125 (50 %) и R143a (45 %).

Интересны перфторуглероды: сравнительно высокие критические температуры; актуальные для холодильной техники нормальные температуры кипения $t_{н.к}$; сравнительно невысокие давления в системе; высокая молекулярная масса M , что привлекательно для турбохолодильных машин; озонобезопасность; пожаробезопасность; инертность и нетоксичность. В смеси с R32 гептафторпропан R227ea ингибирует пожароопасность хладагента R32. "Недостаток" перфторуглеродов – высокий потенциал глобального потепления, поэтому перфторуглероды отнесены к регулируемым "парниковым" газам.

Углеводороды пожаро- и взрывоопасны. Как видно из табл. 3, пожароопасность углеводородов стоит особняком даже в сравнении с аммиаком и фреоном R152a. Поэтому при использовании углеводородов должно строго выполняться обязательное условие – при внезапной эмиссии концентрация их в помещении не должна превышать нижнего предела горючести. По стандартам Британии (BS 4434), Германии (DIN 7003), США (ASHRAE 15) требования еще более жесткие – концентрация не должна превышать 20–25 % нижнего предела горючести.

Противопожарные меры для всех элементов оборудования обязательны, и это увеличивает стоимость холодильной системы: применение углеводородов связано с необходимостью реконструкции технологических линий, изменений в конструкциях бытовой холодильной техники, использования электрооборудования во взрывобезопасном исполнении.

Результаты эколого-термоэкономического анализа свидетельствуют о существенном вкладе конструкционных материалов в баланс энергозатрат бытового холодильника (до 85 %), что, по

Таблица 3.

Пожаро- и взрывоопасность хладагентов

Показатель	Пропан (R290)	Изобутан (R600a)	Аммиак (R717)	Дифторэтан (R152a)
Предел горючести в смеси с воздухом, об. %				
нижний	2,1	1,3	15,0	3,9
верхний	9,5	8,5	28,0	16,9
Температура самовоспламенения, °С	466	455	651	–
Энергия воспламенения, Дж	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	0,68	0,22

Таблица 4.
Сравнение циклов одноступенчатой
паровой холодильной машины
($t_0 = -25^\circ\text{C}$, $t_k = 55^\circ\text{C}$)

Хладагент	R290/R600a	R12
p_0 , бар	1,09	1,24
p_k , бар	1,2	1,37
p_k/p_0	11,8	11,1
t_2 , $^\circ\text{C}$	114	129
Глайд испаритель конденсатор	6 6,5	0 0
l_u , кДж/кг	132	55
q_0 , кДж/кг	340	144
q_{ov} , кДж/м ³	770	870
ε_t	2,62	2,63

Примечание. t_0 , p_0 — температура и давление кипения; t_k , p_k — температура и давление конденсации; t_2 — температура в конце сжатия; l_u — теоретическая работа цикла; q_0 — удельная холодопроизводительность; q_{ov} — удельная объемная холодопроизводительность; ε_t — холодильный коэффициент.

мнению, изложенному в [5], может сделать преимущество применения углеводородов (в частности, изобутана) в бытовых холодильниках, обусловленное отсутствием пагубного воздействия углеводородов на процесс глобального потепления, не вполне очевидным. Повышение стоимости оборудования в углеводородной установке может составить 30 %, не считая более высокой страховки.

Представители Гринписа на европейских форумах, в частности с участием Международного института холода, постоянно подчеркивают, что это именно та, пусть и высокая, цена, которую общество должно платить за пожаро- и взрывобезопасность во имя исключения главной опасности для жителей Земли — глобального потепления. В Европе призывы Гринписа более чем услышаны. В 2003 г. заседание Комиссии по реализации Рамочной конвенции ООН по изменению климата планеты планируется провести в Москве, и не исключено, что наши парламентарии не останутся в стороне от проблем, затронутых Киотским протоколом.

Многие страны гармонизируют свои регламенты относительно применения пожаро- и взрывоопасных соединений. Это сделали, к примеру, Германия (DIN 8975 и 7003), Франция (NF E35-400 и 4002), Международный электротехнический союз (IEC 60335-2-24 и 60335-2-40). Известные консервативностью британцы тоже приняли

новый регламент BS 4434. На примере достаточно взвешенного британского стандарта видно, что речь не идет о меньшей безопасности. Акцент сделан на статистические оценки риска. Не секрет, что статистика рисков — это основа работы, и работы небезуспешной, страховых компаний мира. По оценкам британцев, риск пожара в автомобиле из-за системы кондиционирования, в которой находится 400 г пропан-бутановой смеси (CARE 30), равен $3,05 \cdot 10^{-7}$ автомобиля в год. Статистика всех случаев пожаров автомобилей в Великобритании за 1992 г. — $3,29 \cdot 10^{-3}$ автомобиля. Риск пожара в камере холодильного хранения объемом 27 м³, где применена холодильная установка на этан-пропановой смеси с 5 кг углеводородов, по оценке британцев, — $1,3 \cdot 10^{-5}$ хранилища в год. Статистика аналогичных пожаров в Великобритании за 1992 г. составила $3,5 \cdot 10^{-3}$. Подобные оценки позволили не вводить ограничения на использование углеводородов в герметичных системах при заправке менее 150 г (в ряде регламентов даже 250 г) углеводородов.

Вспомним, что в начале XX в. в бытовой холодильник заправляли 250 г пропана. В веке нынешнем в герметичной системе холодильника такого же объема — лишь 20 г изобутана, причем половина его растворена в смазочном масле. Появились на автосалонах Европы в декабре 2001 г. модели микроавтобуса "Ford Transit" на сжиженном природном газе (СПГ). Автомобиль снабжен двумя газовыми баллонами на 80 л и бензобаком на 80 л. Сжиженного газа хватает на 300 км пробега при расходе его 8,9 кг на 100 км. Баллоны, вентили и сочленения трубопроводов системы СПГ снабжены многократной системой защиты. Автомобиль стал дороже, но разработчики модели предлагают сравнить затраты. Так, в Германии, где рекламировали "Форд", 1 л СПГ дешевле 1 л бензина на 0,5 евро и дешевле 1 л дизельного топлива на 0,3 евро. Соединенные Штаты регламентами ASHRAE 15, UL 250, UL 1995, как полагают, полностью защитили себя от пожаро- и взрывоопасных соединений. Ситуация между тем иногда курьезная, когда на крыше кабины "дальнобойных" автомобилей, бороздящих хайвеи США, находится 50-литровый баллон с бутаном для обо-

грева кабины и категорически запрещен даже 1 л этого газа для охлаждения напитков и кондиционирования воздуха в этой же кабине.

Термодинамически цикл паровой холодильной машины на углеводородах по ряду показателей лучше, чем цикл на R12. Об этом говорят данные, упомянутые в [6]. Два одноступенчатых цикла сравниваются в табл. 4 для достаточно напряженных параметров (при $t_0 = -25^\circ\text{C}$ и $t_k = 55^\circ\text{C}$) [12]. Цикл на смеси, как видно из табл. 4, имеет большее отношение давлений, хотя в конденсаторе давление меньше. Температура конца сжатия в углеводородном цикле в сравнении с фреоновым меньше на 15°C . Холодильные коэффициенты обоих циклов близки. В цикле на смеси углеводородов появился температурный глайд — распространенное в мире обозначение неизотермичности в процессах фазового перехода — кипения и конденсации. Глайд обусловлен зеотропичностью смеси; для испарителя и конденсатора он примерно одинаков — шесть с небольшим градусов. Отметим, что глайд — особенность цикла на зеотропной смеси (независимо — фреонового или углеводородного), причем с глайдом в холодильной технике за прошедшие 10 лет свыклись и достаточно успешно используют эту особенность. Неущербность, осторожно говоря, углеводородных циклов в сравнении с циклами на озоноразрушающих фреонах, тем более для циклов на озонобезопасных фреонах, делает углеводороды в сочетании с совершенным компрессором экономически выгодными, хотя оценки сроков наступления этой выгоды различны и по самым осторожным прогнозам [5] переваливают за 20 лет.

Углеводороды постепенно входят в наш обиход. Бытовых холодильников на углеводородах в мире изготовили более 10 млн штук, главным образом в Германии. Даже для эколого-термоэкономического анализа в [5] был взят серийный немецкий бытовой холодильник на изобутане, потребляющий в сутки 1,19 кВт·ч электроэнергии при полезном объеме 425 л. Компрессоры на изобутане дороже фреоновых примерно в 2,5 раза, однако, принимая во внимание высокую эффективность цикла, фирмы считают возможным окупить затраты за два года. Тепловые насосы на 5 кВт в Голландии строят

Нюрнберг, Германия
16.10 – 18.10.2002



IKK 2002 Nürnberg

23-я международная
специализированная выставка
«Холодильная техника и
кондиционирование»

Правильное решение для будущего.

Организатор

VDKF Wirtschafts- und
Informationsdienste GmbH
Kaiser-Friedrich-Straße 7
D-53113 Bonn
Tel. +49(0)2 28. 2 49 89-48
Fax +49(0)2 28. 2 49 89-49
info@vdkf.com
www.vdkf.com

Проведение

NürnbergMesse GmbH
Messezentrum
D-90471 Nürnberg

Информация

Представительство немецкой
экономики в РФ
1-й Казачий пер., 7
109017 Москва
Тел.: +7.0 95. 2 34 49 50
Телефакс: +7.0 95. 2 34 49 51
sedowa@diht.msk.ru

IKK 2002 в интернете

www.ikk-tradefair.com
www.ikk-online.com

www.ikk-tradefair.com
www.ikk-online.com



NÜRNBERG MESSE

на пропане с заправкой 1 кг хладагента. Емкость для молока охлаждается установкой на 4,5 кВт с заправкой 2 кг пропан-бутановой смеси.

Фактически мы уже живем в другой эпохе. Изменились приоритеты. Так, для углеводородных систем они основываются на минимальных (менее 70 г на 1 кВт холодопроизводительности) заправках углеводородов чистотой до 99,5 % основного продукта, на применении высокоэффективных компактных пластинчатых теплообменников, на существенно более широком использовании герметичных систем, на повышении чувствительности и надежности систем сигнализации и оповещения, на использовании меркаптанов (для придания запаха углеводородам) и ингибиторов пожароопасности, на обязательном требовании о проведении любого сервисного обслуживания только в специально оборудованных помещениях, на применении оборудования и их элементов в пожаро- и взрывобезопасном исполнении и т. д. На этом уровне понимания и реализации действительно становится перспективным исполь-

зование углеводородов в отечественной практике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архаров А.М., Лубенец В.В. Новый тип холодильной установки// Холодильное дело. 1996. № 2.
2. Афанасьева И.А., Лунин А.И. Применение озонобезопасных смесевых хладагентов в бытовых холодильных приборах// Холодильная техника. 1997. № 3.
3. Беляев А.Ю., Егоров С.Д. Озонобезопасная смесь C1 – альтернатива хладагенту R12// Холодильная техника. 1995. № 1.
4. Диметиловый эфир – топливо и хладагент для дизельных авторефрижераторов/ А.А. Жердев, С.Д. Глухов, В.Н. Богаченко, А.В. Поляков// Вестник МГТУ. Серия Машиностроение. Спец. вып. – М., 2000.
5. Железный В.П., Хлиева О.Я. Оценка перспектив применения изобутана в бытовой холодильной технике с помощью эколого-термоэкономического метода// Холодильная техника. 2001. № 9.
6. Калнинь И.М., Смыслов В.И., Фадеев К.Н. Оценка перспектив применения экологически безопасных хладагентов в бытовой холодильной техни-

ке// Холодильная техника. 2001. № 12.

7. Подчерняев О.Н., Лунин А.И., Юдин Б.В. Новые озонобезопасные рабочие вещества для холодильных установок// Холодильная техника. 1995. № 6.

8. Углеводороды вместо фреонов в бытовых холодильниках/ В.Н. Новотельнов, Е. Бодио, М. Вильчек, М. Хоровский // Холодильная техника. 1994. № 5.

9. Granryd E. Hydrocarbons as refrigerants. An overview - Preprint of reports on XXth Int. Congress of Refrigeration, IIR, Sydney, 1999.

10. Hewitt N.J., McMullan J.T., Mongey B. Some aspects of using hydrocarbons as components in refrigerant mixtures// Proc. of IIR Intern. Conference, Hannover, Germany, May 10-13, 1994.

11. Tsvetkov O.B. Les frigorigènes nonnuisibles pour l'environnement: priorités du XXI-e siècle// Proc. of IIR Intern. Conference, Sofia, 23-26 September, 1998.

12. Vollmer D., Findeisen E. Calculation of thermodynamic and thermophysical properties of the binary mixture propane/isobutane// Proc. of IIR Intern. Conference, Hannover, Germany 10-13 May, 1994.

Канд. техн. наук, проф., акад. МАХ
В.П.ЖЕЛЕЗНЫЙ,
О.Я.ХЛИЕВА, Н.П.БЫКОВЕЦ
 Одесская государственная
 академия холода

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В КАЧЕСТВЕ ХЛАДАГЕНТОВ

The prospects and problems of use of hydrocarbons in different types of refrigerating equipment have been considered. It is shown that in the evaluation of usefulness of transition of refrigerating equipment on fire hazard refrigerants one should take into consideration additional energy expenditure for the whole service life of the equipment, as well as the ecological aspects of its increased energy consumption.

В последнем десятилетии все больше внимания уделяется использованию «натуральных» веществ в качестве хладагентов. Объясняется это не только требованиями Монреальского протокола, запрещающими производство и применение озоноразрушающих веществ, но и стремлением снизить косвенный и прямой вклад в полный эквивалент глобального потепления холодильного оборудования — TEWI (Total Equivalent Warming Impact) путем выбора хладагентов, имеющих высокую энергетическую эффективность и низкий потенциал глобального потепления. В связи с этим интерес специалистов привлекают возможности более широкого использования таких «натуральных» хладагентов, как диоксид углерода, углеводороды и аммиак. Причем наибольшие перспективы применения в различных типах холодильного оборудования благодаря своим физическим, термодинамическим и токсикологическим свойствам, безусловно, имеют углеводороды. Вместе с тем у них есть один существенный недостаток — пожароопасность. Отсутствие общепризнанных методик оценки экологической целесообразности применения пожароопасных веществ является причиной принятия в ряде случаев экологически необоснованных решений и служит сдерживающим фактором при внедрении углеводородов в холодильную технику.

В качестве хладагентов углеводороды начали использовать в начале XX в. Наиболее часто холодильное оборудование заправляли пропаном. После разработки в 1930-е годы пожаробезопасных ГФУ применение в холодильной технике углеводородов постепенно практически прекратилось. Вместе с тем в последние годы наблюдается устойчивый интерес к более широкому использованию углеводородов в малых герметичных холодильных системах (прежде всего в бытовых холодильниках). Анализируются также перспективы их применения в холодильном оборудовании большой холодопроизводительности [4, 7]. Проводятся исследования по разработке новых смесевых

хладагентов на основе углеводородов [4] и смесей углеводородов с ГХФУ и ГФУ [1, 2, 6, 12].

Важной особенностью настоящего этапа развития холодильного машиностроения является наметившийся и расширяющийся раскол в технологической политике между США и Японией, с одной стороны, применяющими в холодильном оборудовании в основном ГФУ, и европейскими странами, все шире использующими углеводороды и другие натуральные хладагенты, — с другой. Государственная политика по вопросу возможности использования углеводородов в холодильном оборудовании в этих странах сильно различается. В европейских странах такой характеристике, как потенциал глобального потепления (GWP хладагента), уделяется больше внимания, чем вопросам пожароопасности в некоторых типах холодильного оборудования [10]. Различие в технологической политике между США и Европой уже нашло отражение и в стандартах [4, 9] на использование пожароопасных хладагентов.

Стандарты на использование углеводородов в качестве хладагентов отражают изменение взглядов специалистов на проблему безопасной эксплуатации оборудования и охраны окружающей среды. После начала широкого применения в качестве хладагентов ХФУ (в 1930-е годы) необходимость в пожароопасных хладагентах отпала, вследствие чего стандарты на использование углеводородов постепенно переделали таким образом, что применять их в холодильной технике стало практически невозможно. В настоящее время стандарты на использование пожароопасных хладагентов в холодильном оборудовании вновь пересматриваются, и можно сделать вывод о том, что в ближайшем будущем возможности применения углеводородов в качестве хладагентов возрастут.

В соответствии со стандартами ASHRAE 34 (США) и prEN 378 (Европа), а также с некоторыми европейскими национальными стандартами все хладагенты по пожароопасности делятся на три класса: 1 — непожароопасные; 2 — имеющие низкую пожароопасность; 3 — имеющие высокую пожароопасность. Наиболее распространенные в холодильной технике углеводороды относятся к классу 3. Пожароопасные хладагенты характеризуются такими показателями, как низший предел воспламеняемости, температура воспламенения и теплота сгорания. Основные свойства для углеводородов, наиболее широко применяемых в качестве хладагентов, приведены в таблице.

Как уже было написано выше, стандарты на использование пожароопасных хладагентов в разных странах существенно различаются. Так, стандарты США и Франции (ASHRAE15 и NF E35-400) ограничивают применение хладагентов класса 3 в промышленном оборудовании. Напротив, европейский стандарт prEN 378 и несколько национальных европейских стандартов (BS 4434, DIN 8975 и 7003) позволяют использовать в оборудовании углеводороды при обеспечении дополнительных мер, гарантирующих безопасность эксплуатации холодильной техники.

Некоторые современные стандарты по применению пожароопасных веществ основаны на ограничении количества заправляемого в холодильную систему хладагента [4, 9]. В зависимости от стандарта требуется, чтобы концентрация пожароопасного вещества при попадании в воздух всего количества заправляемого в систему хладагента не превышала 20 % (ASHRAE15 и BS 4434) или 25 % (DIN 7003) от нижнего предела воспламеняемости. Плотность углеводородов (пропан и изобутан) выше плотности воздуха, поэтому при

утечке углеводороды могут скапливаться у пола, создавая тем самым опасные концентрации [4]. Таким образом, существующие ограничения на массу заправленного в установку углеводорода не устраняют в полном объеме риск возможного возгорания.

В ряде зарубежных стандартов разрешается без ограничений использовать углеводороды при выполнении следующих условий: количество заправляемого хладагента должно быть меньше 0,15 кг, система герметична (все соединения должны быть паяными или сварными), а оборудование спроектировано таким образом, чтобы предотвратить случайные утечки в холодильную камеру [4]. Таким образом, в соответствии с этими стандартами разрешается применять углеводороды в бытовых холодильниках и морозильниках, а также в малых тепловых насосах.

Масса хладагента, заправляемого в бытовые холодильники и морозильники, незначительна, и наблюдается тенденция к ее уменьшению. Так, количество изобутана, заправляемого в современный бытовой холодильник объемом 130 л, составляет всего около 20 г, из которых примерно 12 г растворено в компрессорном масле [10]. Для сравнения отметим, что созданный в начале 1930-х годов первый бытовой холодильник содержал 250 г пропана [10].

В стандартах некоторых стран [4, 9] разрешается использование установок и с большим количеством пожароопасного хладагента, но при условии строгого соблюдения мер пожаробезопасности. Так, нет строгих ограничений на применение углеводородов при условии, что холодильный агрегат находится снаружи на открытом воздухе или в непосредственно вентилируемом пространстве (например, тепловой насос, использующий в качестве источника низкопотенциальной теплоты воздух).

Существует два основных подхода к

решению проблемы применения пожароопасных хладагентов:

1. Добавление в пожароопасные хладагенты негорючих веществ [1, 2, 6, 12]. При этом можно получить пожаробезопасную смесь, обеспечивающую лучшие энергетические характеристики оборудования, чем при использовании негорючих компонентов, входящих в состав смеси, и гарантировать необходимую взаимную растворимость смеси с минеральным маслом.

2. Соблюдение всех мер по обеспечению пожаробезопасности при эксплуатации оборудования, к числу которых относятся прежде всего меры по снижению до минимума вероятности утечек хладагента, а также организация непрерывного контроля за его утечками.

Для реализации этих мер рекомендуется [2, 6] использовать только паяные соединения труб, устранять соединения разнородных металлов, стремиться к уменьшению количества заправляемого в холодильную систему хладагента и к исключению возможных мест сбора пожароопасного газа (при утечке). Кроме того, следует применять электрооборудование в пожаровзрывобезопасном исполнении, в нерабочее время перекачивать хладагент в вынесенный наружу специальный сосуд, проводить мероприятия по защите труб теплообменников от проколов (повреждений) и др. В случае необходимости расположения холодильной установки в помещении рекомендуется заключать ее в защитный «кожух», где поддерживается давление, немного ниже атмосферного [4].

Практическая реализация всех мероприятий по обеспечению пожаробезопасности может значительно увеличить энергоемкость холодильного оборудования и, следовательно, его стоимость, которая, по оценкам [2, 6], возрастет примерно на 30 % от начальной. Кроме того, эти мероприятия могут

привести к увеличению потребления электроэнергии оборудованием [8, 11]. Например, для обеспечения пожаробезопасности автомобильных кондиционеров рекомендуется в конструкции испарителя предусматривать двойные стенки. А это мероприятие приводит к увеличению термического сопротивления в испарителе и снижению его энергетической эффективности на 4 % [11].

Более надежный способ обеспечения пожаробезопасности — использование вторичного контура, что не только увеличивает стоимость системы (по оценкам [6], более чем на 30 %), но и приводит к дополнительному расходу энергии за счет работы насоса промежуточного хладоносителя. Кроме того, из-за необходимости поддержания большей разности между температурами кипения хладагента и хладоносителя энергетическая эффективность холодильного оборудования понизится, что значительно увеличит косвенный вклад в TEWI.

В бытовых холодильниках применяют главным образом изобутан. Так, в работе [2] приведены сведения о том, что к 1996 г. 90 % всех бытовых холодильников и морозильников в Германии и 25 % по Европе в целом уже выпускали на углеводородах. В начале нынешнего столетия изобутан применяют в 35...40 % бытовых холодильников и морозильников, выпускаемых в Западной Европе, и ожидается, что его использование в будущем увеличится и распространится на другие регионы [8]. В тепловых насосах небольшой производительности широко применяют пропан. В Швеции начиная с середины 1990-х годов до наших дней было выпущено около 30 тыс. бытовых тепловых насосов малой производительности на пропане [4]. Промышленное холодильное оборудование с углеводородами в качестве хладагентов в настоящее время серийно еще почти не выпускают. Однако в Европе уже создано много образцов торгового холодильного оборудования, в том числе работающего от систем охлаждения с промежуточным хладоносителем, которые позволяют значительно уменьшить количество заправляемого углеводорода [8]. Перспективными хладагентами в этом типе оборудования считают про-

Свойства углеводородов, наиболее широко применяемых в качестве хладагентов

Хлад-агент	Название	Химическая формула	Молекулярная масса	Нормальная температура кипения, °C	Критическая температура, °C	Критическое давление, МПа	Нижний предел воспламеняемости, %	Теплота сгорания, МДж/кг	Температура воспламенения, °C	GWP за 100 лет
R170	Этан	CH_3-CH_3	30,07	-88,6	32,2	4,87	3,2	47,7	472	~20
R1270	Пропилен	$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$	42,08	-47,7	92,4	4,67	2,0	49,0	455	—
R290	Пропан	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	44,10	-42,1	96,7	4,25	2,3	50,3	466	~20
RC270	Циклопропан	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	42,08	-33,5	125,2	5,58	2,4	—	495	—
R600a	Изобутан	$\text{CH}(\text{CH}_3)_2-\text{CH}_3$	58,12	-11,6	134,7	3,64	1,8	49,4	455	~20
R600	Бутан	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	58,12	-0,5	152,0	3,80	1,9	49,5	405	~20

пан или пропилен (C_3H_4). Существуют хорошие перспективы применения циклопропана в низкотемпературных установках [4].

Углеводороды имеют отличные термодинамические и транспортные свойства, что обеспечивает высокий холодильный коэффициент и меньшее по сравнению с основными ГФУ потребление электроэнергии оборудованием. Незначительное падение давления в теплообменниках (меньше, чем для R22) и хорошие коэффициенты теплопередачи (по сравнению с R22) [2, 4] также могут быть отнесены к преимуществам углеводородов. Кроме того, углеводороды совместимы с обычными конструкционными материалами и растворимы в минеральных и алкилбензольных маслах [2, 4]. Во многих работах [2, 4, 5, 11] есть сведения, что заправка углеводородов (изобутана и пропана) в среднем составляет около половины от заправки ГФУ (в связи с более низкой плотностью углеводородов по сравнению с ГФУ). Для холодильного оборудования на углеводородах (пропан и изобутан) выгодно использовать регенеративный теплообменник (выгоднее, чем для R22) [4, 5]. С термодинамической точки зрения пропан является отличным кандидатом для замены R22 [5]. Считается [11], что пропан на практике будет иметь хорошие энергетические показатели благодаря меньшему объемному расходу по сравнению с R600a при равной холодопроизводительности и меньшему падению давления в трубах и теплообменниках.

Кроме того, углеводороды характеризуются нулевым значением ODP, практически не вносят существенного вклада в глобальное потепление, растворяются в дешевых и удобных в эксплуатации маслах и имеют низкую стоимость [7]. Затраты на создание компрессоров на углеводородах и ГФУ одного порядка [8].

При рассмотрении влияния холодильного оборудования на процессы, связанные с экономией энергетических ресурсов, а следовательно, и с глобальным потеплением климата Земли, в пользу применения углеводородов обычно приводят следующие аргументы.

- Из-за прямого вклада ГХФУ и ГФУ в глобальное потепление создание оборудования на «натуральных», озонобезопасных хладагентах является предпочтительным (с экологической точки зрения) перед оборудованием на галоидопроизводных хладагентах.

- Натуральные хладагенты, такие, как аммиак и углеводороды, характеризуются большей энергоэффективностью, чем фторуглероды. Вместе с тем даже 2–5%-ное увеличение энергетической эффективности может иметь большее значение для экологии, чем полное исключение утечек хладагента из системы [3].

- Чтобы доказать преимущество углеводородов перед другими хладагентами, достаточно вычислить TEWI оборудования, учитывая при этом прямой вклад от утечек хладагента и косвенный вклад в глобальное потепление от эмиссии CO_2 при производстве энергии.

Анализ этих аргументов показывает, что первое утверждение неверно и имеет некоторый смысл только для потребителя, если он хочет купить экологически чистый товар [8]. Второе утверждение не совсем корректно, поскольку высокая энергетическая эффективность должна соотноситься с экономической и экологической целесообразностью. Безусловно, необходимо учитывать энергоемкость и капиталовложения в оборудование (а эти показатели, как уже было отмечено выше, всегда больше для холодильного оборудования на пожароопасных хладагентах). Кроме того, на показатели эффективности значительно влияет реализация таких мероприятий по обеспечению пожаробезопасности, как применение систем охлаждения с хладоносителем или использование двойных стенок для испарителя. Третье утверждение может быть справедливым только при условии полномасштабного учета всех энергозатрат не только на эксплуатацию оборудования, но и на его создание. Совершенно очевидно, что реализация мер по обеспечению пожаровзрывобезопасности при создании оборудования не является только технологическим аспектом. Увеличение энергоемкости оборудования приводит к возрастанию антропогенного влияния эксплуатируемой холодильной техники на окружающую среду, что связано с дополнительным энергетическим загрязнением и с попаданием в атмосферу дополнительного количества диоксида углерода, оксидов серы, азота и т. д., выделяющихся при производстве электроэнергии.

Традиционно использование пожаробезопасных хладагентов аргументируется необходимостью сокращения эмиссии парниковых газов (из-за низкого GWP углеводородов и их высокой энергетической эффективности). При

этом по-прежнему недостаточно внимания уделяется корректной количественной оценке дополнительной эмиссии парниковых газов при обеспечении мер пожаробезопасности оборудования.

Сегодня становится очевидным, что выбор пожароопасного хладагента должен быть основан только на полномасштабном учете всех энергозатрат на создание и эксплуатацию холодильного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хмельнюк М. Г., Лавренченко Г. К., Тихонова Е. А. Новые азеотропные озонобезопасные холодильные агенты для замены R12, R22, R502 // Тезисы докладов IV Международной конференции по экологии «Экология, продукты питания, здоровье». — Одесса, октябрь 3–5, 1995.
2. Douglas J. D., Groll E. A., Braun J. E., Tree D. R. Evaluation of Propane as an Alternative to HCFC-22 in Residential Application // Proc. of 6th International Refrigeration Conference at Purdue University. — Purdue, USA. — July 23–26, 1996.
3. Fisher S.K., Fairchild P.P., Hughes P.S. Global warming implications of replacing CFC / ASRAE J. — April 1992.
4. Granryd E. Hydrocarbons as refrigerants — an overview // Int J. Refrig. 2001. Vol. 24.
5. Halozan H. HFCs or Naturals — What is the Future? // Proc. IIR Conference «Refrigerant Management and Destruction Technologies of CFC». — Dubrovnik, Croatia. — August 29–31, 2001.
6. Keller F. J., Sullivan L., Liang H. Assessment of Propane in North American Residential Air Conditioning // Proc. of 6th International Refrigeration Conference at Purdue University. — Purdue, USA. — July 23–26, 1996.
7. Kruse H. Current Status of Natural Working Fluids in Refrigeration, A/C, and Heat Pump Systems // Proc. International Conf. «Applications for Natural Refrigerants». — Aarhus, Denmark. 1996.
8. Kuipers L. The Impact of the Montreal and Kyoto Protocol on New Developments in Refrigeration and A/C // Proc. IIR conference «Emerging Trends in Refrigeration & Air-conditioning». — New Delhi, India. — March 18–20, 1998.
9. Standards for Flammable Refrigerants. 13th Informative note on Refrigerants, IIR/IIF Paris, France, 1997.
10. Steimle F. HCFC's and HFC's Perspectives // Proc. IIR Conference «Refrigerant Management and Destruction Technologies of CFC». — Dubrovnik, Croatia. — August 29–31, 2001.
11. Toshio Hirata, Kenichi Fujiwara Improvement of Mobile Air Conditioning System From Point of Global Warming Problems // Proc. IIR/IIF Conf. — Oslo, Norway. — 1998.
12. Yokozeki A., Zhelezny V. P., Kornilov D. V. Phase behaviors of ammonia/R-152a mixtures / Fluid Phase Equil. — 2001. — №185.

Продолжение в следующем номере журнала

Канд. техн. наук **О.В. БЕЛЯЕВА**,
канд. техн. наук **А.Ж. ГРЕБЕНЬКОВ**,
д-р. техн. наук, проф. **Б.Д. ТИМОФЕЕВ**
ГНУ ИПЭ НАНБ, г. Минск

ВЫБОР УГЛЕВОДОРОДОВ В КАЧЕСТВЕ ХЛАДАГЕНТОВ

For the substitutes of R12 and R22 refrigerants the basic thermodynamic characteristics and calculated parameters of an ideal refrigeration cycle are given at the temperatures of -10°C and 30°C for boiling and condensation, accordingly. For some compressors the data reported by manufacturers are analyzed and compared with the values of refrigerating factor evaluated for an ideal refrigeration cycle.

Обусловленная решениями Монреальского протокола необходимость замены R12 в действующем и новом холодильном оборудовании на временные альтернативные смесевые и чистые озонобезопасные хладагенты привела к появлению большого количества различных хладагентов, позволяющих решить поставленную задачу. Вместе с тем, как показывают результаты теоретических расчетов и практика, технические характеристики холодильного оборудования после ретрофита ухудшаются и возрастают эксплуатационные расходы.

Для относительной оценки эффективности холодильного цикла авторами были рассмотрены хладагенты, наиболее часто рекомендуемые в проспектах западных фирм и заводов-изготовителей в странах СНГ.

Основные термодинамические характеристики анализируемых хладагентов приведены в табл. 1. Взамен R12 и R22, значения ODP (относительная величина озоноразрушающего потенциала) которых меньше единицы, предложены смесевые хладагенты производства западных фирм и заводов России. Для ретрофита холодильного оборудования, работающего на R12, представляют практический интерес смесевые хладагенты с небольшой величиной глайда и совместимые с минеральным маслом. Менее предпочтительны хладагенты, в сочетании с которыми требуется использовать алкилбензолное или полиэфирное масла. Практически все смесевые хладагенты, за исключением "Экохола-2" и R227ea, имеют молекулярную массу, меньшую, чем у R12. В результате этого удельная работа, затрачиваемая на сжатие смесевых хладагентов, будет больше.

Проведена оценка основных показателей хладагентов, поставляемых на рынок стран СНГ, применение которых не ограничено Монреальским протоколом.

В табл. 2 даны основные параметры идеального холодильного термодинамического цикла при температурах кипения $t_0 = -10^{\circ}\text{C}$ и конденсации $t_k = 30^{\circ}\text{C}$. Как видно из табл. 2, холодильный коэффициент в идеальном термодинамическом цикле достаточно высокий — $\epsilon = 5,3 \pm 0,3$. Это говорит о

том, что на данных хладагентах могут быть созданы эффективные холодильные агрегаты.

Для замены R12 в качестве временного решения предложены смесевые хладагенты с ODP больше 0: C10M1A, "Экохол-2", "Экохол-3", смесь 0,85R22/0,15R600a, применение которых не связано с необходимостью замены минерального масла в холодильном оборудовании. Если при использовании хладагентов R134a, C10M1A, "Экохол-3" и смеси 0,85R22/0,15R600a холодопроизводительность оборудования практически сохраняется, то при работе на смесевом хладагенте "Экохол-2" она уменьша-

ется на 15–20%*. Хладагент R134a, наиболее близкий по теплофизическим свойствам к R12, используют, как правило, в новом оборудовании в сочетании с полиэфирным холодильным маслом.

Для замены R22 предлагаются R404A, R407C и R507a. Хладагент R507a бинарный и азеотропный, а из хладагентов R404A и R407C предпочтителен R404A, имеющий меньшее значение глайда. При выборе хладагента необходимо

*Сухомлинов И.Я., Головин М.В., Славущий Д.Л., Тимофеев Б.Д., Беляева О.В.
Использование отечественных смесей хладагентов для ретрофита холодильных машин с центробежными компрессорами // Холодильная техника. № 6/2001.

Таблица 1
Основные термодинамические характеристики временных и постоянных заменителей R12 и R22 в холодильном компрессорном оборудовании

Хладагент	Компоненты	Состав, мас. %	Молек. масса, г/моль	$t_{н.к.}, ^{\circ}\text{C}$	$t_{к.р.}, ^{\circ}\text{C}$	$p_{к.р.}, \text{МПа}$	ODP	GWP	Холодильное масло
R12	CCl_2F_2	100	120,91	-29,8	111,8	4,12	0,9	8500	М
R134a	$\text{CH}_2\text{F}-\text{CF}_3$	100	102,03	-26,1	101,1	4,06	0,0	1300	ПЭ
R404A, (HP-62)	R125/R143a/R134a	44/52/4	97,60	-46,5	72,1	3,73	0,0	3850	ПЭ
R407C, (Klea 66)	R32/R125/R134a	23/25/52	86,20	-43,6	87,3	4,82	0,0	1370	ПЭ
R507A, (AZ-50)	R125/R143a	50/50	98,36	-46,7	70,9	3,79	0,0	3900	ПЭ
R227ea, (Fm-200)	$\text{CF}_3-\text{CHF}-\text{CF}_3$	100	170,03	-18,3	103,5	2,95	0,0	3300	ПЭ
C10M1A, (MILE "B")	R22/R21/R142b	65/5/30	91,0	-35	117	5,0	0,05	1805	М
"Экохол-2"	R142b/RC318	42/58	141,3	-14	128	3,27	0,04	4600	М
"Экохол-3"	R22/R142b/RC318	40/48/12	100	-33	117	4,5	0,05	2730	М
Смесь	R22/R600a	85/15	80,6	-41	109,1	4,7	0,04	1450	М
R152a	CH_3-CHF_2	100	60,05	-24	113,3	4,52	0,0	140	ПЭ
R600a (изобутан)	$(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	100	58,12	-11,8	135	3,65	0,0		М
R1270 (пропилен)	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$	100	42,09	-47,7	92,4	4,62	0,0		М
RC270 (циклопропилен)	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	100	42,08	-33,5	125,2	5,58	0,0		М
R290 (пропан)	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	100	44	-42,1	96,8	4,25	0,0		М
R22	CHClF_2	100	86,5	-40,8	96,2	4,99	0,05	1700	М
Смесь	R22/R142b	60/40	91,6	-35,3	110	4,8	0,04	2000	М
C1	R152a/R600a	70/30	63,42	-30,0	120,4	4,04	0,0	98	
Смесь	R290/R600a	50/50	50,15	-33,7	113,2	3,94	0,0		М
Смесь	R290/R600	60/40	48,7	-34,7	115,6	4,08	0,0		М
C10	R22/R21	50/50	94	-29,8	134,1	5,2	0,05	1800	М

Примечание. $t_{н.к.}$ — температура кипения хладагента при нормальном атмосферном давлении; $t_{к.р.}$ и $p_{к.р.}$ — критические температура и давление хладагента; ODP — величина озоноразрушающего потенциала относительно R11; GWP — относительная величина теплового потенциала галоидопроизводных хладагентов для 100-летнего периода; М, ПЭ — тип холодильного масла на минеральной и полиэфирной основе соответственно.

МИКОЛАЇВСЬКА ДЕРЖАВНА
ОБЛАСНА УНІВЕРСАЛЬНА
НАУКОВА БІБЛІОТЕКА
ім. О. Гмирьова

Таблица 2
 Параметры идеального холодильного цикла при характерных температурах:
 $t_0 = -10^\circ\text{C}$, $t_k = 30^\circ\text{C}$

Хладагент	M , г/моль	p_1 , МПа	t_2 , $^\circ\text{C}$	p_2 , МПа	π_k	ρ_1 , кг/м ³	q_1 , кДж/кг	q_k , кДж/м ³	l , кДж/кг	$\epsilon_{ид}$	Глайд, $^\circ\text{C}$
R12	120,9	0,22	37,9	0,74	3,36	12,9	119	1535	22	5,41	0
R134a	102,0	0,20	35,4	0,77	3,85	9,92	154	1528	28	5,50	0
R404A	97,6	0,43	35	1,41	3,28	21,6	121	2614	24	5,04	0,7
R407C	86,2	0,32	43,3	1,17	3,66	13,6	174	2366	32	5,44	5,5
R507A	98,9	0,45	34,4	1,46	3,24	23,4	113	2644	23	4,91	0
R227ea	170,03	0,13	30,0	0,54	3,97	11,12	82,9	922	16,5	5,02	0
C10M1A (MILE "B")	91,0	0,19	48,3	0,74	3,89	8,35	182	1520	33	5,51	9
"Экохол-2"	141,3	0,13	30	0,50	3,85	8,96	105	941	20	5,25	0
"Экохол-3"	100	0,17	39,6	0,64	3,76	7,99	166	1326	29,6	5,61	9
0,85R22/0,15R600a	80,6	0,32	44,3	1,08	3,37	13,0	174	2262	32	5,44	2,2
R152a	66,0	0,18	44,4	0,69	3,83	5,85	247	1445	44	5,61	0
R600a	58,12	0,11	30	0,40	3,64	3,01	289	870	53	5,45	0
R1270	42,08	0,43	40,6	1,31	3,04	9,15	291	2664	54,7	5,32	0
RC270	42,08	0,25	49,4	0,83	3,35	5,04	363	1833	64,2	5,67	0
R290	44,1	0,35	35,2	1,08	3,12	7,64	284	2168	53,2	5,32	0
R22	86,5	0,35	51,8	1,19	3,40	15,2	167	2538	30,5	5,47	0
0,6R22/0,4R142b	91,6	0,19	56,3	0,92	4,74	8,60	168	1150	38,1	4,42	8,1
0,7R152a/0,3R600a	63,42	0,22	36,4	0,77	3,51	6,81	232	1577	42,1	5,5	0,5
0,5R290/0,5R600a	51,1	0,18	40,2	0,78	4,3	4,42	279	1231	62,5	4,30	7,2
0,6R290/0,4R600	48,7	0,15	47,1	0,80	5,2	3,57	294	1050	74,5	3,95	11,8
0,5R22/0,5R21	94	0,10	88,1	0,73	8,2	3,93	190	746	55,1	3,45	20

Примечание. M — молекулярная масса хладагента; p_1 — давление хладагента в испарителе на входе в компрессор; p_2 — давление хладагента на выходе из компрессора; t_2 — температура хладагента при адиабатическом сжатии на выходе из компрессора; π_k — степень повышения давления хладагента в компрессоре; ρ_1 — плотность хладагента на входе в компрессор; q_1 и q_k — удельная массовая и объемная холодопроизводительность идеального термодинамического цикла; l — удельная адиабатная работа на сжатие пара хладагента в компрессоре; $\epsilon_{ид}$ — холодильный коэффициент идеального термодинамического цикла; Глайд — температурный диапазон фазового перехода хладагента при постоянном давлении.

Таблица 3
 Характеристики компрессоров холодильного оборудования

Тип компрессора	Хладагент	t_0 , $^\circ\text{C}$	t_k , $^\circ\text{C}$	Q_0 , кВт	L , кВт	ϵ	$\epsilon_{ид}$
Danfoss, MT-18	R22	-10	40	5,663	1,22	4,64	4,11
Danfoss, MT-18	R407C	-10	40	5,763	1,11	5,19	3,93
Danfoss, MT-18	R134a	-10	40	3,883	0,84	4,62	4,03
Bitzer, 2U-3,2Y	R134a	-10	40	5,920	2,20	2,69	4,03
Bitzer, 2DL-3,2Y	R407C	-10	40	5,550	2,27	2,42	5,44
Bitzer, 2EL-2,2	R22	-10	40	5,900	2,38	2,48	4,11
BOCK, HA 4/310-4	R22	-10	30	16,8	4,3	3,90	5,45
BOCK, HAX 4/310-4	R134a	-10	30	10,5	3,2	3,28	5,43
BOCK, HAX 3/155-4	R404A	-10	30	9,27	2,6	3,56	5,04
BOCK, HAX 3/155-4	R507A	-10	30	9,27	2,6	3,56	4,91
БелОМО, ХГВ-9,0	R22	-10	30	6,52	3,0	2,17	5,45
Ярославское RGP12TB	R134a	-15	30	0,545	0,28	1,95	4,61
"Атлант", С-КМ120H2	R134a	-23,3	54,4	0,122	0,107	1,14	2,01
Danfoss, NL7F	R134a	-10	55	0,292	0,226	1,29	2,00
Danfoss, SC10CL	R507A	-10	45	0,750	0,485	1,55	2,59
Danfoss, SC12CL	R404A	-10	45	0,940	0,595	1,58	2,91

Примечание. t_0 и t_k — температура кипения и конденсации соответственно; Q_0 — холодопроизводительность; L — адиабатная работа на сжатие пара в компрессоре; ϵ и $\epsilon_{ид}$ — холодильный коэффициент соответственно действительный и в идеальном цикле.

учитывать особенности конструкции и условия эксплуатации холодильного оборудования. Смесевые хладагенты рекомендуются для холодильных агрегатов с герметичным компрессором.

При использовании углеводородов из-за более низкого значения их молекулярной массы требуется разработка нового компрессорного оборудования. Термодинамические характеристики углеводородов позволяют получить по сравнению с R12 и R22 более высокие значения холодильного коэффициента в идеальном холодильном термодинамическом цикле. Вместе с тем, учитывая пожаро- и взрывоопасность углеводородов, необходимо обеспечить специальные условия для надежной эксплуатации такого оборудования.

В табл. 3 приведены паспортные характеристики некоторых холодильных компрессоров, поставляемых на рынок зарубежными фирмами и заводами-изготовителями стран СНГ. Показано, что в современных холодильных компрессорах в основном применяются хладагенты R22, R134a, R404A, R407C и R507A. К паспортным характеристикам, приводимым в рекламных проспектах, необходимо относиться критически. Так, например, холодильный коэффициент компрессоров фирмы Danfoss типа MT-18 превышает значение, соответствующее идеальному циклу, что вызывает вопрос: за счет чего получены такие показатели? Для остальных импортных компрессоров $\epsilon/\epsilon_{ид} \approx 0,65$. Для компрессоров БелОМО (ХГВ-9,0) и Ярославского АО "Холодмаш" $\epsilon/\epsilon_{ид} \approx 0,41$, а для компрессоров фирмы "Атлант" $\epsilon/\epsilon_{ид} \approx 0,57$. Холодильные компрессоры, производимые в странах СНГ, имеют более низкие по сравнению с компрессорами зарубежных фирм холодильные коэффициенты. Поэтому необходимо провести исследования с целью определения параметров реального холодильного цикла и теплогидравлических характеристик холодильного оборудования. Это в конечном итоге позволит разработать и внедрить технические предложения по существенному повышению его эксплуатационных характеристик на предлагаемых хладагентах.

Следует отметить пассивность рекламы хладагентов, производимых в России, которые могут достойно конкурировать с импортными хладагентами на рынке стран СНГ. Особое внимание изготовители отечественных хладагентов должны обратить на качество и цену, которые являются для потребителя определяющими при выборе продукции.



УДК 621.57.047: 621.564.25

Ярославское АО «Холодмаш»: холодильные герметичные компрессоры на R600a

И.Н. БЕРЕГОВИЧ
АО «Холодмаш»

Развитие холодильной техники в настоящее время находится под влиянием трех определяемых экологическими проблемами взаимосвязанных факторов:

- требований Монреальского протокола о прекращении потребления веществ, разрушающих озоновый слой (в первую очередь широко распространенного хладагента R12) и о временном и количественном ограничении применения веществ переходной группы, имеющих малый потенциал разрушения озонового слоя (ODP);

- требований Киотского протокола к «Рамочной конвенции ООН об изменении климата» о регулировании эмиссии парниковых газов (веществ, имеющих высокий потенциал глобального потепления – GWP), к которым относятся широко применяемый хладагент R134a и многие другие вещества, используемые в холодильной технике;

- традиционного требования к повышению энергоэффективности всех видов холодильной техники, что обусловлено растущей конкуренцией на российском рынке и положениями Федерального закона «Об энергоэффективности», а в сфере бытовой техники – еще и требованиями ГОСТ Р 51565-2000 об обязательном определении и информировании потребителей о классе энергоэффективности холодильников и морозильников.

Анализируя наиболее известные, разработанные в различное время в нашей стране и за рубежом хладагенты – заменители R12, можно убедиться, что у каждого из них имеются уязвимые места с точки зрения выполнения перечисленных требований (табл. 1). Поэтому в перспективе все они могут оказаться объектами разного рода экологического регулирования, которое в конечном итоге сведется к запретам их производства и потребления.

Кроме того, для осознанного применения альтернативных веществ в производстве новой техники и сервисе эксплуатируемого парка холодильного оборудования необходимо иметь достаточно большой объем информации о термодинамических свойствах этих веществ, их взаимодействии с другими материалами и веществами в холодильной машине, а также данные о санитарно-гигиенических свойствах и т.д. Эти сведения не всегда

имеются для предлагаемых на рынке веществ, в том числе и отечественных.

Немаловажными факторами успешного внедрения новых хладагентов являются также наличие отечественного производства как самих веществ, так и компрессоров, предназначенных для работы на них, и возможность экспорта холодильной техники, работающей на таких веществах.

С учетом всего перечисленного перспективным направлением обеспечения полной экологической безопасности холодильного оборудования, в первую очередь бытового и торгового с малыми заправками хладагента, представляется применение изобутана (R600a). В пользу такого решения говорят следующие доводы.

- В Европе в настоящее время уже более 35% бытовых холодильников выпускают на R600a, в целом в мире 10% этой техники работает на углеводородах; в некоторых странах, например в Великобритании, наблюдается тенденция использования уг-

леводородов также и в торговой холодильной технике (прилавки, шкафы, витрины).

- Изобутан (R600a) – природное вещество, совместимое с минеральными маслами. Его состав определен нормативно-техническими документами, производство освоено на российских предприятиях. Так, ожиженный изобутан, производимый на опытно-экспериментальной базе ВНИИГАЗ по ТУ 51-945–90, в целом соответствует требованиям, предъявляемым к хладагенту для бытовых холодильников.

Изобутан, выпускаемый по ТУ 38.101492–75 на ПО «Киришнефтеоргсинтез» (Ленинградская обл.) и АО «Нефтехимический комбинат» (г. Новокуйбышевск), после доведения в нем содержания изобутана до 99,5% тоже может быть использован в холодильной технике. Кроме того, на Белорусском ГПЗ планируется производство R600a для завода бытовых холодильников «Атлант».

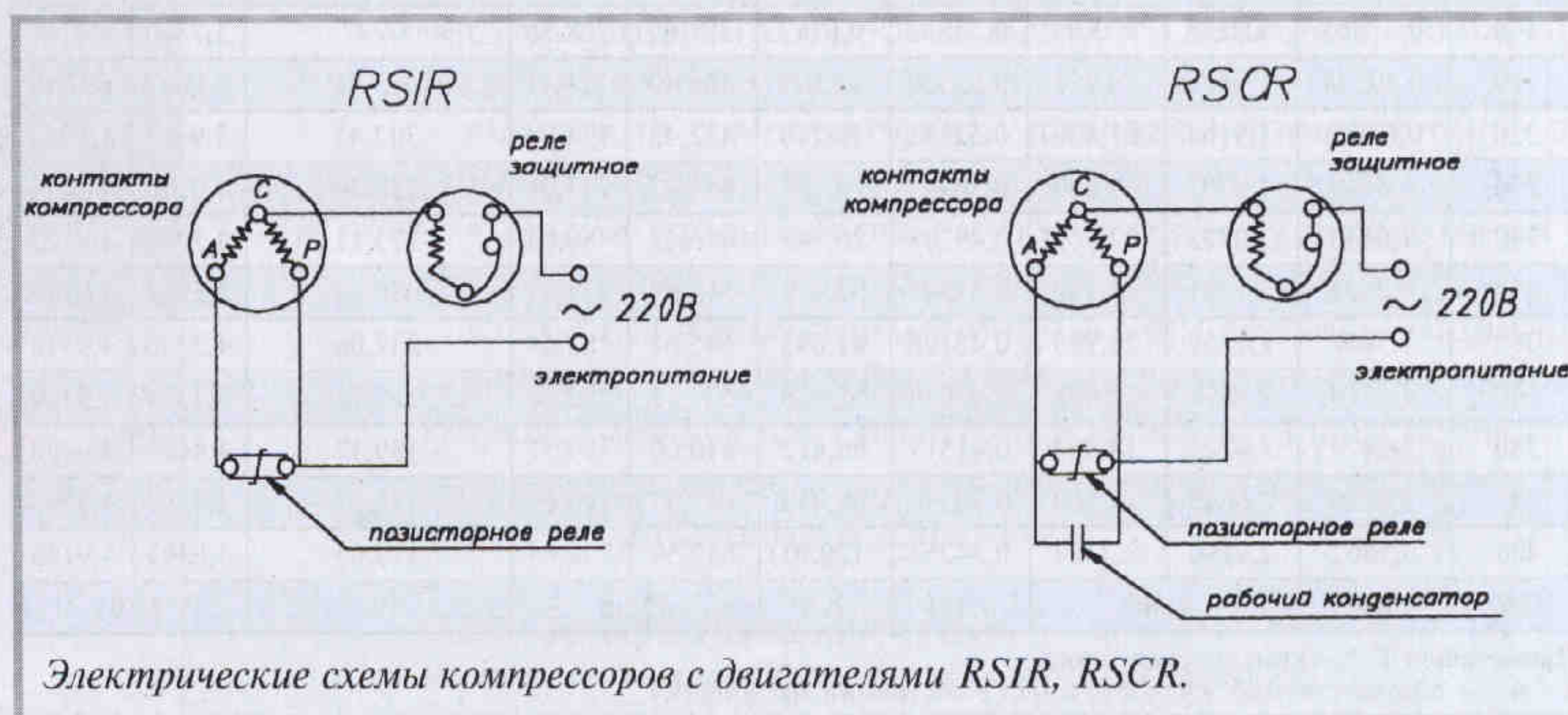
- Теоретические расчеты и практическое применение показывают, что изобу-

Характеристики хладагентов – заменителей R12

Таблица 1

Характеристики	R12	Альтернативные хладагенты									
		R134a	R401A	R401B	R409A	Смесь	C10M1	C10	M1LE	C1	R600a
Компоненты смесевых хладагентов	–	–	R22/ R152A/ R124	R22/ R152A/ R124	R22/ R124/ R142в	R22/ R142в	R22/ R142в/ R21	R22/ R21	R22/ R142в/ R21+ +при- садка	R152a/ R600a	–
Потенциал разрушения озонового слоя	0,90	0	0,030	0,035	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0	0
Потенциал глобального потепления (GWP)	8500	1300	1120	1230	1530	1700*	1700*	1700*	1700*	98	0
Горючесть		Негорючий								Горючий	

Примечание. GWP указан для компонента, имеющего в смеси наибольшее содержание.



Электрические схемы компрессоров с двигателями RSIR, RSCR.

тан имеет несколько больший энергетический КПД, чем R12 или R134a: его значения находятся в диапазоне 5 – 10% (в зависимости от уровня давления), а при оптимизации холодильной системы в целом он может быть доведен до 15%. При этом следует иметь в виду хорошие энергетические показатели R600a при высоких температурах окружающей среды.

Изобутан – горючее вещество, и до недавнего времени препятствием для его использования в бытовой холодильной технике был запрет на применение горючих хладагентов, установленный действовавшим стандартом, но с выходом новой редакции ГОСТ Р МЭК 66035-2-24–2001 это препятствие устранено.

На Ярославском АО «Холодмаш» про-

изводятся компрессоры для работы на изобутане с безыскровой пускозащитной аппаратурой в двух исполнениях (в зависимости от примененной электрической схемы: средней эффективности – RSIR или повышенной эффективности – RSCR). Кроме того, готовятся к производству перспективные высокоэффективные модели.

Электрические схемы компрессоров даны на рисунке, технические характеристики приведены в табл. 2. (Габаритные и присоединительные размеры компрессоров серии Р приведены в статье автора «Современные компрессоры Ярославского АО «Холодмаш» для торговых и промышленных холодильных установок» – «Холодильная техника» № 8/2001.)

Характеристики компрессоров средней и повышенной эффективности подтверждены испытаниями в заводской лаборатории.

Таким образом, можно сказать, что материально-техническая и нормативная база по переходу бытовой холодильной техники в России на применение изобутана в качестве хладагента имеется.

Термодинамические свойства изобутана R600a в состоянии насыщения представлены в табл. 3.

Исходя из изложенного, в качестве наиболее подходящего из известных хладагентов для использования в бытовых холодильниках может быть рекомендован изобутан R600a с содержанием изобутана 99,5%, пропана не более 0,4%, *n*-бутана не более 0,2%, других примесей не более 0,01%. Наличие воды недопустимо.

Таблица 2
Характеристики компрессоров серии Р, предназначенных для работы на хладагенте R600a

Модель	Объем цилиндра, см ³	Масса, кг	Тип двигателя	Холодопроизводительность Q , потребляемая мощность N и холодильный коэффициент ϵ		
				Q , Вт	N , Вт	ϵ
Компрессоры средней эффективности						
RHP10AA	9,93	10,0	RSIR	137	112	1,23
RHP12AA	12,10	10,4	RSIR	174	149	1,17
RHP14AA	14,31	10,7	RSIR	200	169	1,18
RHP16AA	16,14	10,9	RSIR	222	186	1,19
Компрессоры повышенной эффективности						
RHP10AH	9,93	10,0	RSCR	137	105	1,3
RHP12AH	12,10	10,4	RSCR	174	139	1,25
RHP14AH	14,31	10,7	RSCR	200	158	1,26
RHP16AH	16,14	10,9	RSCR	222	175	1,27
Компрессоры высокоэффективные (перспективные модели)						
RHPY10AA	9,93	10,0	RSIR/RSCR	148	104/97	1,43/1,50
RHPY12AA	12,10	10,4	RSIR/RSCR	192	134/128	1,43/1,50
RHPY14AA	14,31	10,7	RSIR/RSCR	220	154/147	1,43/1,50
RHPY16AA	16,14	10,9	RSIR/RSCR	240	167/157	1,44/1,53
Примечания: 1. Род тока — переменный однофазный (напряжение 220 В, частота 50 Гц); пуск обеспечивается при минимальном напряжении 187 В. 2. Холодопроизводительность, потребляемая мощность и холодильный коэффициент определены при температуре кипения — 23 °С, конденсации 55 °С, жидкости перед терморегулирующим вентилем, газа на всасывании и окружающей среды 32 °С.						

Примечания: 1. Род тока – переменный однофазный (напряжение 220 В, частота 50 Гц); пуск обеспечивается при минимальном напряжении 187 В.
2. Холодопроизводительность, потребляемая мощность и холодильный коэффициент определены при температуре кипения – 23 °С, конденсации 55 °С, жидкости перед терморегулирующим вентилем, газа на всасывании и окружающей среды 32 °С.

Таблица 3
Термодинамические свойства R600a на линии насыщения

Температура, К	Давление, МПа	Удельный объем, м ³ /кг		Плотность, кг/м ³		Энтальпия, кДж/кг		Удельная теплота парообразования, кДж/кг	Энтропия, кДж/кг	
		v' · 10 ³	v'' · 10 ³	ρ' · 10 ⁻³	ρ''	h'	h''		s'	s''
230	0,02405	1,5941	1347,3	0,62732	0,74221	219,99	614,36	394,37	3,1791	4,8938
240	0,03989	1,6211	843,2	0,61687	1,1859	241,43	627,44	386,00	3,2744	4,8783
250	0,063153	1,6496	551,11	0,60622	1,8145	263,38	640,72	377,34	3,3590	4,8683
260	0,095995	1,6798	37,38	0,59532	2,6753	285,84	654,16	368,32	3,4463	4,8629
270	0,14081	1,7119	261,69	0,58413	3,8214	308,82	667,70	358,88	3,5322	4,8614
273	0,15698	1,7220	236,43	0,58071	4,2297	315,82	671,77	355,95	3,5577	4,8616
280	0,20020	1,7464	188,22	0,57261	5,3130	332,34	681,29	348,95	3,6169	4,8631
290	0,27686	1,7835	138,54	0,56069	7,2184	356,42	694,86	338,44	3,7004	4,8674
300	0,37365	1,8238	103,99	0,54832	9,6162	381,09	708,36	327,27	3,7830	4,8739
310	0,49344	1,8678	79,371	0,53539	12,599	406,40	721,71	315,31	3,8649	4,8820
320	0,63921	1,9164	61,430	0,52181	16,279	432,42	734,84	302,42	3,9463	4,8914
330	0,8140	1,9707	48,083	0,50743	20,797	459,22	747,66	288,44	4,0276	4,9016
340	1,0210	2,0322	37,962	0,49208	26,342	486,93	760,04	273,11	4,1089	4,9122
350	1,2636	2,1031	30,142	0,47548	33,177	515,67	771,81	256,14	4,1907	4,9225
360	1,5457	2,1869	23,985	0,45728	41,693	545,63	782,69	237,06	4,2733	4,9318
370	1,8719	2,2891	19,038	0,43686	52,526	577,12	792,26	215,14	4,3574	4,9389
380	2,2479	2,4203	14,967	0,41317	66,812	610,60	799,77	189,17	4,4442	4,9420
390	2,6820	2,6043	11,500	0,38399	86,960	647,07	803,66	156,59	4,5357	4,9373
400	3,1862	2,9196	8,3329	0,34251	120,01	689,59	799,64	110,05	4,6394	4,9145
408*	3,6549	4,46		0,224	224	752,5		0		4,791

Примечания: 1. * – критическая точка.
2. ' и '' – соответственно жидкость и пар в состоянии насыщения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калнинь И.М., Смыслов В.И., Фадеков К.Н. Оценка перспектив применения экологически безопасных хладагентов в бытовой холодильной технике // Холодильная техника. 2001. №12.
2. Калнинь И.М., Афанасьева И.А., Смыслов В.И. Требования к тестированию и представлению новых хладагентов // Холодильная техника. 1999. №2
3. Цветков О.Б. Обзор установочных докладов на XX Международном конгрессе по холоду // Холодильная техника. 1999. №12
4. Франсуа Бийяр. Холодильная техника и кондиционеры воздуха: что нового на нормативном уровне? Доклад на конференции в Словакии, сентябрь 2001 г.
5. ГОСТ Р МЭК 60335-2-24–2001 «Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Дополнительные требования к холодильным приборам, морозильникам и устройствам для производства льда и методы испытаний».
6. Каталоги зарубежных фирм по фреонам.
7. Техническая документация по лицензионным компрессорам.

С.К. ГРИГОРЬЕВ,
ОАО «Альфа Лаваль Поток»

Новинки холодильного оборудования Альфа Лаваль

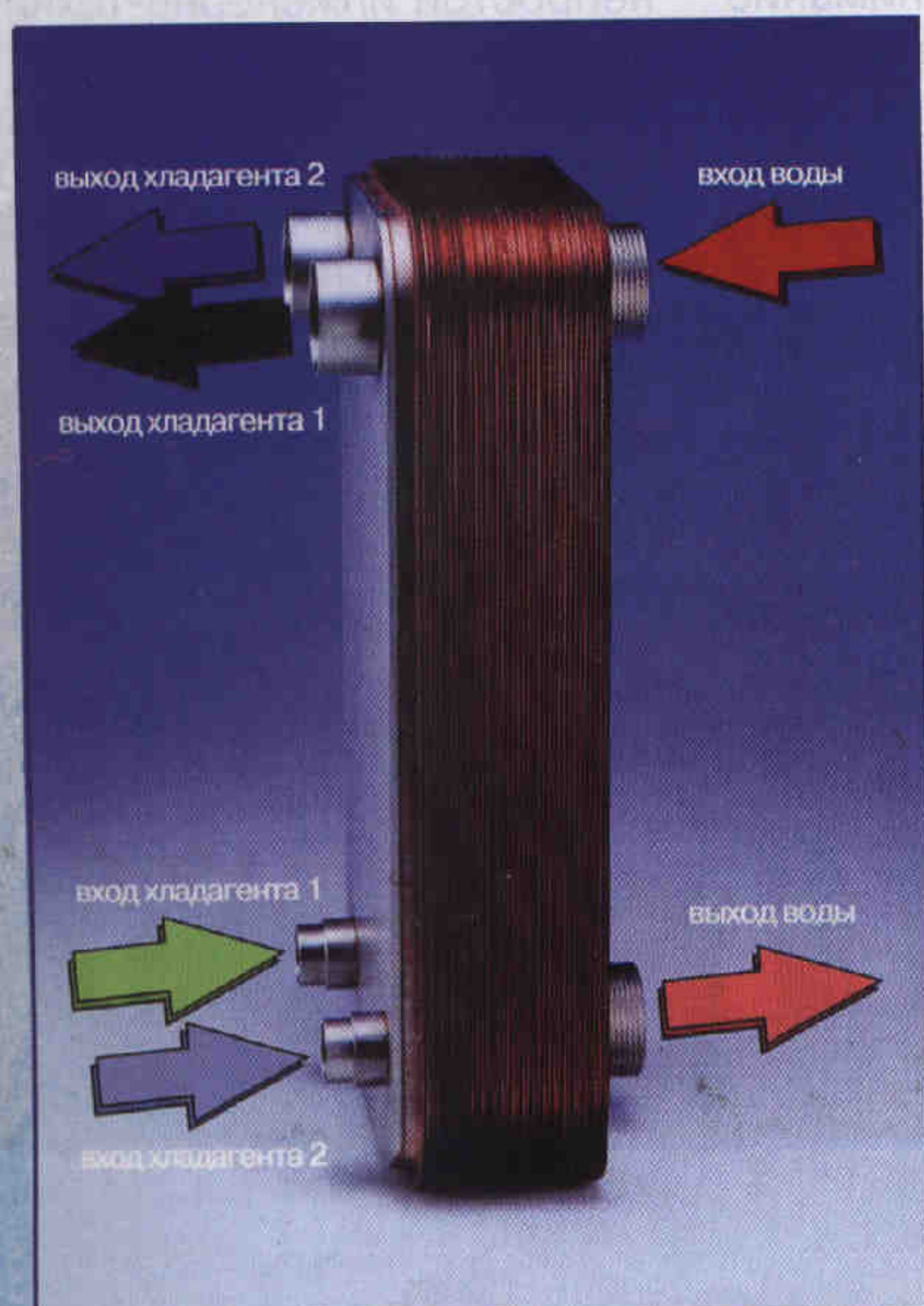
В новом тысячелетии компания «Альфа Лаваль» предлагает ряд новых решений для систем холодоснабжения и кондиционирования. Одно из таких решений – уникальный тип теплообменного оборудования – двухконтурный паяный пластинчатый теплообменник. При разработке этого оборудования был использован огромный опыт «Альфа Лаваль» как мирового лидера в создании теплообменного оборудования для холодильного дела. Реальные преимущества этой техники были использованы зарубежными производителями холодильного оборудования, такими, например, как York, Carrier, Daikin, и российскими компаниями.

Двухконтурные паяные теплообменники для холодильной техники – это новый тип пластинчатых аппаратов, разработанный компанией «Альфа Лаваль», специально для чиллеров, работающих на режимах нагрузок от 10 до 450 кВт. Их основной отличительной особенностью является наличие двух независимых контуров по хладагенту, которые постоянно находятся в контакте с контуром хладоносителя.

Такая конструкция дает возможность:

- регулировать холодопроизводительность с уменьшением затрат на системы контроля и регулирования, а также снизить риск замерзания хладоносителя;
- работать в режиме неполной нагрузки с соблюдением режима энергосбережения;
- сочетать широкий диапазон мощности (от 10 до 450 кВт) с простотой конструкции и легкостью монтажа.

Данный тип теплообменников может работать как элемент холодильной машины в качестве испарителя или конденсатора, а также в качестве составных частей тепловых насосов.



Новейшие
разработки
Альфа Лаваль



1. Dualaced System

Система двух независимых контуров

2. Equalancer System

Система равномерного распределения двухфазного потока

3. Diagonal Refrigerant flow

Улучшает теплопередачу в аппарате

В новых аппаратах компанией «Альфа Лаваль» применены и запатентованы следующие технические новинки:

Equalancer system – система равномерного распределения двухфазного потока хладагента по поверхности теплообменника. Конструктивно каждая пластина аппарата имеет специальной формы сужение на входе хладагента. В результате в пакете пластин образуется канал распределения хладагента, что позволяет значительно повысить энергоэффективность аппарата.

Dualaced system – система двух независимых контуров хладагента и одного контура хладоносителя, полностью реализованная в одном теплообменнике.

Diagonal Refrigerant flow – диагональное направление хладагента, что улучшает теплопередачу. В новых аппаратах можно использовать широкую гамму фреонов в качестве хладоносителей, в том числе R407C, R404A, R410A.

Огромный опыт «Альфа Лаваль» в производстве пластинчатых теплообменников и специальные методики, использованные при разработке конструкции данных двухконтурных аппаратов, позволили максимально оптимизировать их конструкцию и получить следующие преимущества:

- минимальную толщину пластин (от 0,3 мм) в сочетании с высоким рабочим давлением – от 35 до 45 бар;
- возможность эксплуатации в режимах повышенной циклической нагрузки по давлению и использования в качестве хладагента фреонов высокого давления, таких, как например, R410A;
- широкий температурный диапазон применения – от -50 до $+150$ °C;
- низкий удельный объем по хладагенту в сочетании с высокой холодопроизводительностью.

Таким образом, применение в холодильных машинах пластинчатого теплообменного оборудования нового типа «Альфа Лаваль» дает возможность значительно повысить компактность, простоту управления и оптимизировать режимы эксплуатации и контроля.

ОАО «Альфа Лаваль Поток»

Россия, Московская обл., г. Королёв, ул. Советская, 73.
Телефон (095) 232 1250. Телефакс (095) 232 2573

TECHNOBLOCK:

ПРОМЫШЛЕННОЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ

Термин «промышленное кондиционирование» подразумевает создание и поддержание заданных значений температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в производственных помещениях предприятий пищевой, полиграфической, текстильной и других отраслей промышленности для осуществления технологических процессов и одновременно создания комфортных условий для рабочего персонала.

В настоящее время на пищевых предприятиях практически нет ни одного процесса, связанного с холодом, где нельзя было бы использовать оборудование фирмы «Техноблок», в том числе и в области промышленного кондиционирования.

Большой опыт накоплен на мясоперерабатывающих предприятиях. Все технологические процессы на этих предприятиях по значимости для них холода условно можно разделить на две группы.

К первой группе относятся процессы, которые в принципе не могут полноценно протекать без строгого соблюдения требуемого температурного режима (посол, созревание, сушка, охлаждение, замораживание, хранение и др.); ко второй —

процессы, для которых холод не является основным элементом, но без него невозможно организовать эффективно весь технологический процесс, связанный с переработкой термолабильных материалов, например сырья биологического происхождения (цех разделки мяса, шприцовочная, цех производства фасованного мяса, отрубов и полуфабрикатов, машинно-технологический зал).

Вторая группа процессов в отличие от первой связана с использованием большого количества технологического оборудования и присутствием значительного числа людей, особенно в машинно-технологическом зале. В связи с этим требования к микроклимату в этих производственных помещениях носят компромиссный характер, удовлетворяющий и технологическим нуждам, и санитарно-гигиеническим условиям работы персонала ($t=12^\circ\text{C}$, $\phi=70\%$).

В последнее время руководство мясоперерабатывающих предприятий уделяет повышенное внимание температурным режимам в машинно-технологических залах. В условиях резко континентального климата, когда температура наружного

воздуха может достигать 40°C даже в средней полосе России, поддержание необходимой температуры сырья в процессе переработки является обязательным условием получения готового продукта высокого качества. Причем наблюдается явная тенденция к созданию более низких температур (порядка $6...10^\circ\text{C}$) в этих помещениях.

Подбор холодильного оборудования для машинно-технологического зала очень сложен, поскольку это производственное помещение, как правило, не отвечает требованиям, предъявляемым к холодильным объектам (герметичность, наличие соответствующей изоляции и др.). К тому же в нем находятся многочисленные источники нестабильного тепло- и влаговыведения. Добиться в этих условиях состояния динамического равновесия между внешним и внутренним поступлением тепла и влаги в помещение и циркуляционными потоками воздуха, которые целенаправленно создаются системой кондиционирования, является непростой инженерно-технической задачей.

Специалисты фирмы «Техноблок», используя современные методики расчета тепло- и влагообмена про-



Рис. 1. Тканевые воздуховоды в производственных помещениях Лианозовского колбасного завода (слева) и колбасного завода «Коломенский»

Модель	Холодопроизводительность, кВт	Требуемая температура, °С	Энергопотребление, кВт	Расход воздуха, м³/ч.	Модель компрессора
IBH770	23,9	15	11,2	16600	2N-7.2
IBH1020	33,8	15	13,1	16600	4T-12.2
IBH1500	40,7	15	16,7	16600	4P-15.2
IBH2002	52,1	15	20,3	33200	4N-20.2
IBM770	16,6	6	9,1	11400	2N-7.2
IBM1020	25,6	6	12,3	16600	4T-12.2
IBM1520	30,5	6	15,5	16600	4P-15.2
IBM2000	36,0	6	17,3	16600	4N-20.2

изводственного помещения, квалифицированно подбирают оборудование для создания необходимого микроклимата.

Основными источниками тепла и влаги в кондиционируемых помещениях, как известно, являются конструкции, ограждающие помещения, обрабатываемый продукт, оборудование, люди, электродвигатели, осветительные приборы.

Расчет тепломассообменных процессов ведется с учетом классификации помещений по категории выполняемой в них работы. При калорическом расчете машинно-технологического зала необходимо учитывать количество тепла, выделяемого работающим технологическим оборудованием. В машинно-технологическом зале, как правило, находится энергоемкое оборудование: куттеры, волчки, блокорежки, фаршемешалки, шприцы, льдогенераторы и др., суммарная установленная мощность которого может превышать 500 кВт. Количество отводимого от него тепла определяется с учетом коэффициента полезного действия, коэффициента использования и интенсивности производственного процесса. Тепловая нагрузка от технологического оборудования существенно влияет на потребную холодопроизводительность агрегата в сторону ее увеличения.

В настоящее время холодильные агрегаты производства фирмы «Техноблок» обеспечивают микроклимат (температура 8...15 °С) в производственных помещениях колбасного завода «Коломенский»; Лианозовского колбасного завода; ООО ТП «Мортадель» (Пушкино, Московская обл.); ООО «Русские колбасы» (Московская обл.); фирмы «Спика» (Нижевартонск); ЗАО «Колбасы и деликатесы Сетунь»; ООО



Рис.2. Воздухоохладители с отбойниками в цехе колбасного завода «Коломенский»

«Митэкс плюс» (Москва) и др.

Для систем промышленного кондиционирования применяют две серии агрегатов: IBH и IBM (см. таблицу). Первая серия используется для обеспечения температурного диапазона 10...16 °С, вторая – для 6...12 °С.

Вопрос регулирования относительной влажности воздуха решается с учетом особенностей производства и работы холодильного оборудования. Производственные помещения на мясоперерабатывающих предприятиях отличаются повышенной влажностью (как правило, не ниже 75%). В то же время воздухоохладители в процессе работы практически постоянно осушают воздух, что позволяет снизить относительную влажность в рабочей зоне до рекомендуемых значений 65 – 70%.

Важным параметром микроклимата производственных помещений является скорость движения воздуха. Если ее значение превышает 0,3 м/с, то создается ощущение сквозняка. Для холодного периода года макси-

мальную скорость движения воздуха рекомендуется принимать не более 0,1...0,15 м/с, а для теплого – не более 0,25 м/с.

Среднеобъемная скорость движения воздуха на выходе из воздухоохладителя в зависимости от мощности агрегата может достигать 10 м/с. Для ее снижения до рабочих значений предлагается ставить тканевые воздухопроводы, как это сделано, на-

пример, на Лианозовском колбасном заводе (рис. 1). В отдельных случаях на воздухоохладители целесообразно ставить отбойники, как на колбасном заводе «Коломенский» (рис. 2), что значительно дешевле и позволяет достигнуть требуемых параметров воздуха.

Как показывает зарубежный и отечественный опыт промышленных предприятий, эффективное решение данной технико-технологической задачи (кондиционирование производственных помещений) в определенном температурном и влажностном диапазоне возможно и целесообразно осуществлять не системами кондиционирования воздуха, а с помощью холодильного оборудования.

Специалисты фирмы «Техноблок» ждут вас!

Москва, 123610, Центр международной торговли, «Международная -2», офис 720.

Тел./факс: (095) 258-13-03, 258-22-36, 258-22-37, 258-22-62
www.technoblock.ru



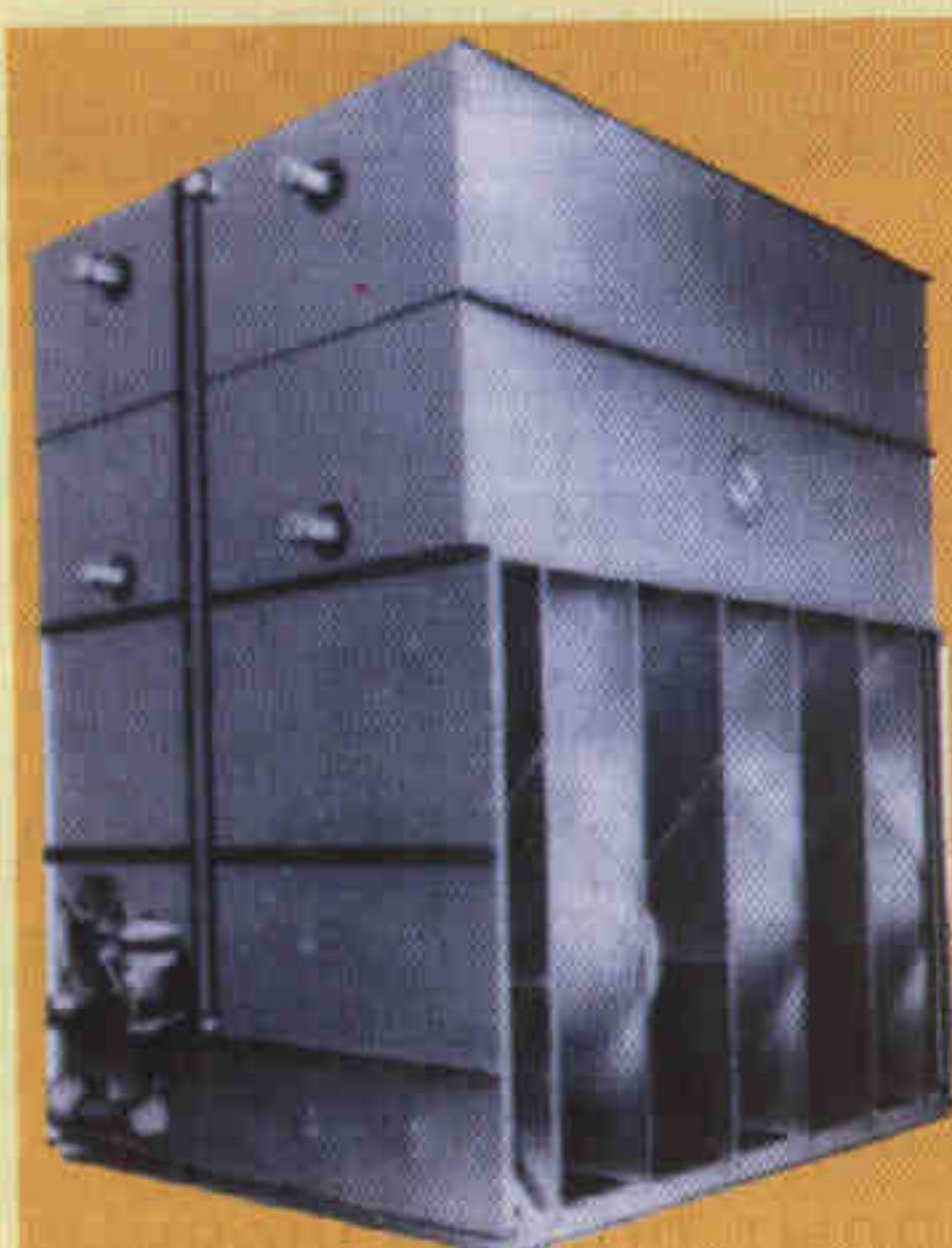
Грассо Рефрижерейшн, ООО
Grasso International GmbH / B.V.

Установки с льдогенераторами для производства сухого чешуйчатого льда Одноступенчатый компрессорный агрегат типа MEDIUM

Одноступенчатый
компрессорный агрегат
типа MEDIUM



Фирма «ГРАССО» уже в течение многих лет проектирует, комплектует, осуществляет монтажные и пусконаладочные работы, а также обеспечивает в ряде стран сервис установок для получения сухого чешуйчатого льда и входящих в их состав льдогенераторов марки GENEGLACE.



Испарительный конденсатор

Все компоненты производятся на предприятиях, входящих в мультинациональный немецкий концерн GEA. Мощные центральные установки выпускаются заводом «ГЕА ГРАССО» в Берлине (Германия) на базе винтовых компрессорных агрегатов. Установки средней мощности изготавливаются заводом «ГЕА ГРАССО» в Хертогенбоше (Голландия) на базе поршневых компрессорных агрегатов. Льдогенераторы выпускаются заводом GEA GENEGLACE во Франции.

При заказе фреоновых автономных льдогенераторов поставка целиком комплектуется на заводе GEA GENEGLACE (Франция).

Специалисты фирмы «ГРАССО» имеют опыт проектирования и обеспечения поставок как отдельных льдогенераторов, в том числе и автономных, так и льдогенераторов, включенных в состав центральной холодильной установки, работающей на аммиаке и фреонах.

Предлагаемые льдогенераторы представляют собой аппараты барабанного типа.

Такие льдогенераторы производят чешуйчатый лед (толщина чешу-

ек до 2,5 мм) с температурой -6°C , т. е. сухой переохлажденный лед, обладающий высокой охлаждающей способностью. Чешуйчатый лед имеет большую поверхность соприкосновения с охлаждаемым продуктом, не смерзается при хранении в приемных емкостях, легко транспортируется, в том числе и с помощью пневмотранспорта.

Основные элементы льдогенератора – неподвижный вертикальный теплоизолированный барабан с рубашкой, заполненной кипящим хладагентом, центральный вал и вращающаяся винтовая фреза. Вода подается насосом в верхний лоток и распределяется по хромированной внутренней поверхности цилиндра в виде непрерывной водяной пленки (за исключением участка, где скалывается лед). Избыток воды собирается в основании цилиндра и поступает на рециркуляцию. Скорость вращения винтовой фрезы составляет 50–120 об/ч. Фреза скалывает с внутренней поверхности цилиндра лед, который собирается в контейнере, расположенном под машиной.

Значительное улучшение работы льдогенератора достигается добавлением к воде соли. Это облегчает образование чешуек и скалывание льда, снижает содержание пудры и снега, а также обеспечивает плавную и бесшумную работу машины. Льдогенераторы комплектуются насосами-дозаторами для добавления соли.

Простота конструкции и применение высокотехнологичных материалов обеспечивают высокую надежность аппаратов и удобство в эксплуатации.

Льдогенераторы могут быть поставлены в комплекте с холодильными агрегатами или без них (для подключения к центральной холодильной установке, как фреоновой так и аммиачной).

Льдогенераторы, поставленные фирмой «ГРАССО», успешно эксплуатируются на многих крупных мясоперерабатывающих предприятиях Москвы и Московской области, а также в других регионах России.

Специалисты фирмы «ГРАССО» дают рекомендации по правильному подбору, монтажу и эксплуатации оборудования, а также выполняют по желанию клиента пусконаладочные работы и осуществляют гарантийное и постгарантийное обслуживание.

На льдогенераторы имеются: Гигиенический сертификат Минздрава РФ, Сертификат Соответствия ГОСТ Р, Разрешение ГОСГОРТЕХНАДЗОРа РФ на применение в составе аммиачных холодильных установок.



Льдогенератор типа F



Льдогенератор
типа PACK

Тип	Хладагент	Производительность, т/сут	Габаритные размеры, мм
F15	R22	0,5	520×400×600
F30	R22	0,65 - 1,0	650×500×700
F90	R22	1,6 - 3,5	950×800×1050
F200	R717/R22	4,5 - 6,5	1200×950×1750
F250	R717/R22	6,5 - 10,0	1300×1000×2050
F450	R22	8,0 - 10,0	1450×1200×2050
F600	R717/R22	10,0 - 14,0	1500×1200×2050
F800	R717/R22	15,0 - 20,0	1550×1550×3000
F900	R717/R22	20,0 - 30,0	1950×1950×3100

Температура воды на входе 15°C , температура льда на выходе -6°C .

Грассо Рефрижерейшн, ООО
Grasso International, Представительство в Москве:

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

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

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

УДК 621.56:59

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

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРОИЗВОДСТВА СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА ДЛЯ ГОРОДСКОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

The advantages of fuelling motor transport with liquefied natural gas are presented. The infrastructure of location of fuel stations with the use of cryogenic machines, working on Stirling cycle, is offered. Economical advantages of use of Stirling technology for fuelling motor cars are presented.

Прогрессирующее загрязнение автотранспортом атмосферного воздуха крупных городов в конце XX столетия поставило вопрос о замене традиционных нефтяных моторных топлив на альтернативные. Сейчас практически в каждой промышленно развитой стране проводятся исследовательские работы по поиску новых видов топлив, наиболее оптимальных с точки зрения экологичности, эффективности, издержек производства и величины природных запасов. Целью этих работ является разработка национальных топливных концепций и создание соответствующих двигателей, отвечающих самым жестким мировым стандартам. Среди альтернативных моторных топлив, к числу которых относятся природный газ, метанол, этанол, водород, пропан-бутан и т.д., для России наибольший интерес представляет природный газ (ПГ).

Уникальные физико-химические свойства ПГ, громадные разведанные и разработанные запасы, развитая сеть его доставки от месторождений во многие регионы страны по магистральным газопроводам и значительные экологические преимущества перед традиционными видами топлив делают ПГ для России универсальным моторным топливом XXI в.

Россия располагает крупнейшими в мире разведанными запасами природного газа (более 47 трлн м³). Ежегодная его добыча составляет 540 млрд м³, на внутренний рынок поставляется не менее 290 млрд м³.

Природный газ – это наиболее дешевое для России моторное топливо, поскольку согласно постановлению Правительства России от 15 января 1993 г. № 31 даже в условиях свободного рынка стоимость 1 м³ природного газа для транспортных средств

не может превысить 50% стоимости 1 л бензина А-76, эквивалентного ему по энергосодержанию.

Приоритетность природного газа как наиболее перспективного моторного топлива определена рядом директивных документов Правительства Российской Федерации (постановлениями Правительства РФ от 15 января 1993 г. № 31 «О неотложных мерах по расширению замещения моторных топлив природным газом» и от 2 ноября 1995 г. № 1087 «О неотложных мерах по энергосбережению»).

В проекте нового Федерального закона РФ «Об альтернативном моторном топливе – природном газе» предусматриваются разработка и реализация программы по переводу транспортных средств РФ на природный газ в качестве моторного топлива, регулирование и контроль выбросов вредных веществ транспортными средствами и немаловажные меры экономического стимулирования в области использования ПГ в качестве моторного топлива. Этим законом будут установлены обязательные для большинства автотранспортных предприятий РФ нормы по переводу на газовое топливо за 10-летний период до 20% грузовых автомобилей, автобусов, муниципальных легковых автомобилей и такси.

Таким образом, перевод автомобильного транспорта на природный газ становится важнейшей государственной задачей.

В настоящее время в ряде областей России на местном уровне уже приняты законодательные акты по исполь-

зованию природного газа на транспорте. Так, в Москве реализуется Программа по переводу автобусов городского пассажирского транспорта, муниципального грузового и ведомственного транспорта на природный газ, согласно которой к 2005 г. не менее 40% эксплуатирующейся муниципальной автотехники будет использовать ПГ и, следовательно, по экологическим характеристикам станет отвечать нормам выбросов Евро-2. Аналогичные программы приняты в Татарстане, Карелии и ряде других регионов России.

До сих пор основной акцент при переводе автотранспорта на ПГ делался на использование сжатого (компримированного) газа (КПГ). Однако необходимость применения баллонов высокого давления, значительное увеличение массы топливной системы двигателя, требование периодического освидетельствования работающего под высоким давлением оборудования, снижение дальности пробега автомобиля на одной заправке, повышенная опасность газобаллонной аппаратуры высокого давления, слабо развитая инфраструктура автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) (менее 200 единиц на огромной территории РФ), невозможность создания широкой сети гаражных мини-АГНКС на территориях автохозяйств (существующая нормативная база по безопасной эксплуатации требует размещения АГНКС на расстоянии не менее 60 м от других сооружений и объектов), а также ряд других проблем в значительной мере продолжают

сдерживать широкое применение КПГ в автомобильном транспорте.

Все перечисленные недостатки могут быть устранены при использовании на автотранспорте сжиженного природного газа (СПГ) вместо КПГ. При этом масса системы хранения газа на автомобиле уменьшается в 3–4 раза, а объем – в 1,5–3 раза. Так, для грузового автомобиля ЗИЛ-138А, конвертированного на природный газ и оборудованного криогенной емкостью объемом 300 л СПГ, пробег на одной заправке увеличивается в 1,8 раз, а суммарная масса оборудования и топлива уменьшается на 570 кг по сравнению с работой на КПГ. При эксплуатации автотранспортного средства хранение СПГ может осуществляться практически при атмосферном давлении.

В соответствии с действующими в России ТУ 51-03-03-85 физико-химические характеристики СПГ как моторного топлива должны отвечать следующим требованиям:

Объемная доля, %	
метана	92 ± 6
этана	4 ± 3
пропана и более	
тяжелых углеводородов	$2,5 \pm 2,5$
азота	$1,5 \pm 1,5$
Массовая доля	
сероводорода	
и меркаптановой	
серы, %, не более	0,005
Минимальная объемная	
теплота сгорания	
(при 0 °С и 101,325кПа),	
МДж/м ³	35,2

До настоящего времени в России проблему производства сжиженного природного газа для автомобильного транспорта предполагалось решать путем дооснащения автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) и газораспределительных станций (ГРС) криогенными ожижительными установками. Наибольший отклик эта концепция получила в Северо-Западном регионе России, где в июле 2001 г. ООО «Лентрансгаз» и ЗАО «Сигма-газ» ввели в эксплуатацию первый в России мини-завод по сжижению природного газа на базе АГНКС в г.Петродворце. Производительность мини-завода составляет около 25 т СПГ в сутки при стоимос-

ти завода 20 млн руб. и сроке окупаемости 4 года. В перспективе ООО «Лентрансгаз» предполагает создать подобные мини-заводы СПГ более чем на 15 АГНКС Северо-Западного региона и довести общую производительность по СПГ до 100 тыс. т в год. Получаемый СПГ будет доставляться в автохозяйства метановозами.

Однако предложенный способ получения СПГ имеет ряд существенных недостатков. Прежде всего это высокая стоимость продукта. Так, по оценкам специалистов «Ленавтогаз», стоимость СПГ, получаемого на существующих АГНКС, близка к стоимости бензина (но не дороже бензина марки А-92 [7]). Более того, при определении отпускной цены СПГ для автопредприятий необходимо учитывать стоимость его перевозки до непосредственного потребителя. Как показывает опыт работы ЗАО «Сигма-Газ», при расстоянии более 80 км стоимость перевозки существенно увеличивает отпускную цену СПГ (до 30%).

В целом концепция производства СПГ для автомобильного транспорта только на основе АГНКС и ГРС является повторением ошибки, сделанной в 80-е годы прошлого века при переводе транспорта на КПГ. Создание одиночных крупных установок, оторванных от основных потребителей – автохозяйств, привело к тому, что сейчас на территории России находится более 200 АГНКС-250-500, имеющих загрузку всего 5–10%, и ежегодно только одна АГНКС наносит экономический ущерб до 2 млн руб.

Для быстрого и широкомасштабного перевода автомобильного транспорта РФ на СПГ необходимо создать такую инфраструктуру получения, хранения и заправки СПГ, которая учитывала бы специфику общественного и промышленного транспорта крупных российских городов (удаленность от АГНКС и ГРС), обеспечивала низкую себестоимость СПГ, была независима от внешних поставщиков, исключала промежуточные звенья доставки СПГ (криогенные метановозы) и позволяла создать плотную сеть заправочных станций

СПГ на огромной территории Российской Федерации.

В перспективе эта инфраструктура должна включать в себя как крупные городские комплексы производства и заправки СПГ, так и гаражные заправочные станции, расположенные непосредственно в автохозяйствах. При этом основная нагрузка по обеспечению автотранспорта сжиженным природным газом должна ложиться именно на гаражные заправочные станции, а городские заправочные комплексы будут предназначаться только для дозаправки городского промышленного и общественного транспорта и при междугородных перевозках.

Описанную инфраструктуру можно создать, используя разработанные автором стирлинг-технологии, причем уже созданные научно-технический и патентный заделы [1, 2, 3] обеспечат решение этой задачи в кратчайшие сроки.

В основе стирлинг-технологий лежит идея сжижения природного газа для заправки автомобилей с применением криогенных газовых машин (КГМ), работающих по циклу Стирлинга.

Основными элементами новой инфраструктуры на базе этих технологий станут:

- индивидуальные заправочные пункты с установками получения СПГ производительностью до 40 л/ч СПГ;
- гаражные заправочные станции с установками получения СПГ производительностью до 900 л/ч СПГ;
- городские (муниципальные) заправочные комплексы с оборудованием для сжижения природного газа производительностью более 1 т/ч, в том числе на базе существующих АГНКС и ГРС.

На заправочных пунктах с установками производительностью до 900 л/ч получать СПГ предполагается только с применением КГМ Стирлинга.

Для установок производительностью свыше 1 т/ч СПГ будут использоваться как традиционные способы сжижения на основе дроссельно-детандерного цикла и вихревого эффек-

та, так и новый цикл сжижения СПГ [4,5,6].

Индивидуальные заправочные пункты (от 20 до 40 л/ч) в зависимости от требуемой производительности по СПГ оснащаются серийно выпускаемыми отечественной промышленностью одно- и двухцилиндровыми КГМ Стирлинга (ЗИФ-1000 или ЗИФ-2002).

Индивидуальные заправочные пункты (ИЗП СПГ) могут быть расположены:

- на удаленных или отдельно стоящих государственных объектах с небольшим количеством автотранспортных средств (таможенные пункты, лесные кордоны и т.д.);
- в фермерских хозяйствах (для заправки до 5 единиц автотракторной техники);
- в личных хозяйствах – на территории коттеджных участков (для заправки от 1 до 10 автомобилей типа «Волга» в сутки).

Для фермерских хозяйств и других объектов, где нет электричества, в качестве привода может быть предусмотрен газовый двигатель.

Основными источниками природного газа для ИЗП СПГ являются производственные газопроводы с давлением от 0,1 до 0,6 МПа. Для потребителей, расположенных вне зоны действия существующих газопроводов, предполагается использовать емкости с привозным компримированным природным газом. Для этого на месте расположения ИЗП создается баллонный модуль, который по требованию заказчика может комплектоваться цельнокомпонитными 400-литровыми баллонами высокого давления (до 40 МПа) ОКБ «Союз», 100-литровыми баллонами ЗАО «Оргэнергогаз» или 130-литровыми баллонами НПФ «Шторм».

Сжатый газ доставляется на заправочный пункт различными транспортными средствами, например передвижными автомобильными газозаправщиками (ПАГЗ) Каргалинского авторемзавода на полуприцепе ОДАЗ (емкостью 1400 м³) и на тракторном прицепе (2000 м³).

ПАГЗ для фермеров на прицепе вместимостью 530 м³ оборудован редукционными блоками, обеспечивающими их непосредственное подключение к установкам по сжижению СПГ. При необходимости заправки автотранспортного средства моторным топливом часть сжатого газа сжижается, остальная часть газа продолжает храниться в компримированном виде. При опорожнении баллонов производится их замена.

Гаражные заправочные станции с установками по производству СПГ должны проектироваться с учетом количества и типа автомобильного транспорта в автохозяйстве. Основными источниками природного газа для гаражных заправочных станций являются производственные и магистральные газопроводы с давлением от 0,1 до 7 МПа.

В зависимости от требуемого для однодневной заправки всех автомобилей количества СПГ в состав гаражной станции может входить от 2 до 10 двухцилиндровых КГМ Стирлинга, серийно выпускаемых на ОАО «МЗ «АРСЕНАЛ», что обеспечит общую производительность до 400 л/ч.

Технические данные двухцилиндровой КГМ Стирлинга:		
Производительность по СПГ, л/ч	До 40	
Длительность цикла непрерывной работы, ч	200	
Время отогрева и продувки КГМ для последующего пуска, ч	10	
Используемый криогенный агент	Гелий	
Рабочее давление гелия в КГМ, МПа	2,5	
Расход охлаждающей воды, м ³ /ч	2	
Мощность, потребляемая электродвигателем, кВт	34	
Масса КГМ (с залитым фундаментным блоком), кг	Не более 1000	
Габаритные размеры, мм:		
длина	1450	
ширина	1000	
высота	2000	

Для привода КГМ Стирлинга можно использовать как штатные электродвигатели, так и газовые двигатели (ДВС или двигатели Стирлинга), что позволит обеспечить полную автономность заправочных станций от внешнего электроснабжения.

Зарубежными аналогами отече-

ственных КГМ Стирлинга являются одно- и четырехцилиндровые криогенераторы SGL-1 и SGL-4 фирмы Stirling Cryogenics & Refrigeration, позволяющие получать соответственно 19 и 80 л/ч СПГ. Фирмами «Филипс» и «Веркспоор» освоено серийное производство и более мощных многоцилиндровых машин производительностью до 900 л/ч СПГ.

Технико-экономическую эффективность и срок окупаемости заправочных станций с получением СПГ на основе стирлинг-технологий определяют с учетом полных затрат (капитальных, эксплуатационных и т.д.).

Технико-экономические показатели и экономическую эффективность производства и применения взаимозаменяемых моторных топлив следует рассчитывать суммируя издержки на:

- добычу и транспорт сырья;
- производство самих моторных топлив;
- топливоснабжение потребителей;
- производство автотракторной техники с учетом специфики применения альтернативных топлив;
- эксплуатацию автотракторной техники с учетом изменения технико-эксплуатационных показателей, связанных с качеством и особенностями применения альтернативных топлив;
- природоохранные мероприятия, связанные с загрязнением окружающей среды автотранспортом и т.д.

Исследования, выполненные специалистами РАО «ГАЗПРОМ» и ВНИИгаз, показывают, что с точки зрения технико-экономической эффективности использование СПГ в качестве моторного топлива значительно выгоднее, чем КПГ [8,9]. Согласно результатам технико-экономических расчетов (ТЭР) при масштабном производстве СПГ удельные капиталовложения на производство ниже на 25–30%, себестоимость производства – на 40%, а суммарные приведенные затраты на производство-доставку-распределение – на 10–30%, чем аналогичные показатели для КПГ.

Принимая во внимание вышеприведенные данные, технико-экономический расчет эффективности и срока окупаемости заправочных станций с производством СПГ на основе стирлинг-технологий строился с учетом затрат на производство СПГ на станции, а также затрат на переоборудование и эксплуатацию автотранспортной техники на СПГ. Особенности для станций с применением стирлинг-технологий являются отсутствие транспортных затрат на доставку СПГ, поскольку его производство обеспечивается непосредственно в автохозяйствах, и возможность использования более дешевого газового оборудования (в частности, автомобильных металлопластиковых криогенных баков с пенополиуретановой изоляцией, которые в 3–4 раза дешевле баков с экранно-вакуумной изоляцией).

Технико-экономический расчет был проведен для различных типов КГМ, производимых у нас в стране и за рубежом, и для вариантов единичного и серийного производства заправочных пунктов с КГМ Стирлинга. Результаты расчета представлены в таблице.

Расчеты проводили для автомобиля ЗИЛ-130 с учетом цен на газ и дневного тарифа на электроэнергию в Санкт-Петербурге на 1.02.01г. Однако практически на всей террито-

рии РФ определено соотношение стоимости электроэнергии в дневное и ночное время, которое составляет 2–4 в зависимости от региона России. Учитывая это и сравнительно небольшие необходимые объемы СПГ, сжижение природного газа целесообразнее осуществлять в ночное время. При этом себестоимость СПГ, получаемого в гаражном заправочном пункте автохозяйства, может быть дополнительно снижена практически на 20–30%. Более того, использование СПГ в качестве моторного топлива позволяет увеличить ресурс работы двигателя на 15%, а срок службы моторных масел – на 15–20%. Переход на серийный выпуск установок по сжижению ПГ на основе стирлинг-технологий принесет дополнительное снижение себестоимости СПГ. По предварительным оценкам, стоимость 1 л СПГ, полученного на этих установках, не превысит 1,81 руб., причем окупаемость самих гаражных пунктов на основе КГМ Стирлинга составит не более 2,5 лет.

В современных экономических условиях при использовании стирлинг-технологий, являющихся сравнительно дешевым способом получения СПГ для перевода автотранспорта на природный газ, этот вид топлива становится конкурентоспособным на отечественном рынке автомобильных топлив.

Внедрение высокоэффективных индивидуальных и гаражных заправочных станций на основе КГМ Стирлинга позволит в кратчайшие сроки создать инфраструктуру производства СПГ для автомобильного транспорта, а использование сжиженного природного газа в качестве моторного топлива может стать таким же простым и легким, как и традиционных нефтяных видов топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кириллов Н.Г. Машины Стирлинга для высокоэффективных и экологически чистых систем автономного энергоснабжения//Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2000. № 12.
2. Кириллов Н.Г. Производство СПГ для автомобильного транспорта//Газовая промышленность. 2001. № 1.
3. Кириллов Н.Г. О создании инфраструктуры производства СПГ для автотранспортных средств в Российской Федерации//Нефтегазовые технологии. 2001. № 3.
4. Кириллов Н.Г. Криогенная система для ожижения воздуха по циклу Кириллова. Патент № 2154785. Бюл. № 23 от 20.08.2000.
5. Кириллов Н.Г. Криогенная система для ожижения воздуха по модифицированному циклу Кириллова. Патент № 2151980. Бюл. № 183 от 27.06.2000.
6. Кириллов Н.Г. Криогенная система для ожижения воздуха по циклу Клода–Кириллова. Патент № 2151981. Бюл. № 18 от 27.06.2000.
7. Корешонков Н.А. Проблемы заправки газом авто- и речного транспорта. Серия Природный газ в качестве моторного топлива. Подготовка, переработка и использование газа. № 5–7. – М., 1995.
8. Седых А.Д., Роднянский В.М. Политика Газпрома в области использования природного газа в качестве моторного топлива//Газовая промышленность. 1999. № 10.
9. Чириков К.Ю., Пронин Е.Н. Перспективы применения СПГ на транспорте//Газовая промышленность. 1999. № 10.

Показатели	Тип КГМ				
	ЗИФ-1000	ЗИФ-1000 (серийное производство заправочных пунктов – прогноз)	ЗИФ-2002	ЗИФ-2002 (серийное производство заправочных пунктов – прогноз)	SGL-4
Годовые затраты на СПГ для одного автомобиля ЗИЛ-130, руб. бак для топлива:					
с экранно-вакуумной изоляцией	34920	26520	27480	22680	21360
с пенополиуретановой изоляцией	32160	23760	24720	19800	18480
Годовая экономия затрат на топливо для 1 автомобиля, руб.* бак для топлива:					
с экранно-вакуумной изоляцией	37080	45480	44520	49320	50640
с пенополиуретановой изоляцией	39480	48240	47280	52200	53520
Срок окупаемости затрат на переоборудование автомобиля, руб. бак для топлива:					
с экранно-вакуумной изоляцией	1,2	0,99	1,01	0,91	0,89
с пенополиуретановой изоляцией	0,56	0,48	0,49	0,44	0,43
Годовая экономия затрат на топливо на один заправочный комплекс, руб.* бак для топлива:					
с экранно-вакуумной изоляцией	241020	295620	578760	641160	1478688
с пенополиуретановой изоляцией	258960	313560	614640	678600	1562784

*По сравнению с использованием бензина.

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОСУШИТЕЛИ ВОЗДУХА

В помещениях с повышенным уровнем влажности, таких, как бассейны, аквапарки, сауны, прачечные и т.п., непрерывно испаряется большое количество воды. Возникающая при этом повышенная влажность воздуха имеет негативные последствия как для строительных конструкций и оборудования, так и для людей, находящихся в этих помещениях.

Излишнее количество влаги приводит к выпадению конденсата на ограждающих конструкциях и оборудовании, вследствие чего происходит образование плесени и ржавчины, гниение древесины, повреждение лакокрасочных покрытий и т.д. Повышенная влажность воздуха воздействует и на человека: увеличивается нагрузка на кровеносную систему, затрудняется дыхание, появляются неприятные физические ощущения. Один из лучших способов борьбы с повышенной влажностью – установка специального осушителя воздуха.

Фирмой «Эйркул» налажен серийный выпуск промышленных осушителей воздуха. Эти агрегаты позволяют осушать воздух в помещениях до точки росы 4 °С.

Принцип работы осушителя основан на конденсации влаги из воздуха при его контакте с холодной поверхностью, имеющей температуру ниже точки росы. Воздух осушается следующим образом: вентилятор подает воздух из помещения на испаритель (холодный радиатор) холодильной установки, влага из воздуха конденсирует-

ся, стекает в поддон и удаляется в канализацию, а осушенный воздух нагревается конденсатором (теплый радиатор) и подается в помещение.

Осушитель работает в автоматическом режиме, а потребляемая им энергия возвращается при отдаче тепла нагретого воздуха в помещение.

Технические характеристики осушителей воздуха фирмы «Эйркул»

Температура воздуха на входе в осушитель, °С	15 – 20
Начальная относительная влажность воздуха в помещении, %	До 98
Температура воздуха на выходе из осушителя, °С	15 – 20
Конечная относительная влажность воздуха в помещении, %	35 – 40
Расход воздуха, м³/ч	1500, 2500, 5000
Габаритные размеры (высота×длина×ширина), мм	870×1800×800 850×1920×900 1380×2300×1300



aircool co **ЭЙРКУЛ** **ХОЛОД ВСЕРЬЕЗ**
ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ВЕНТИЛЯЦИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ
ТОРГОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

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

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

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

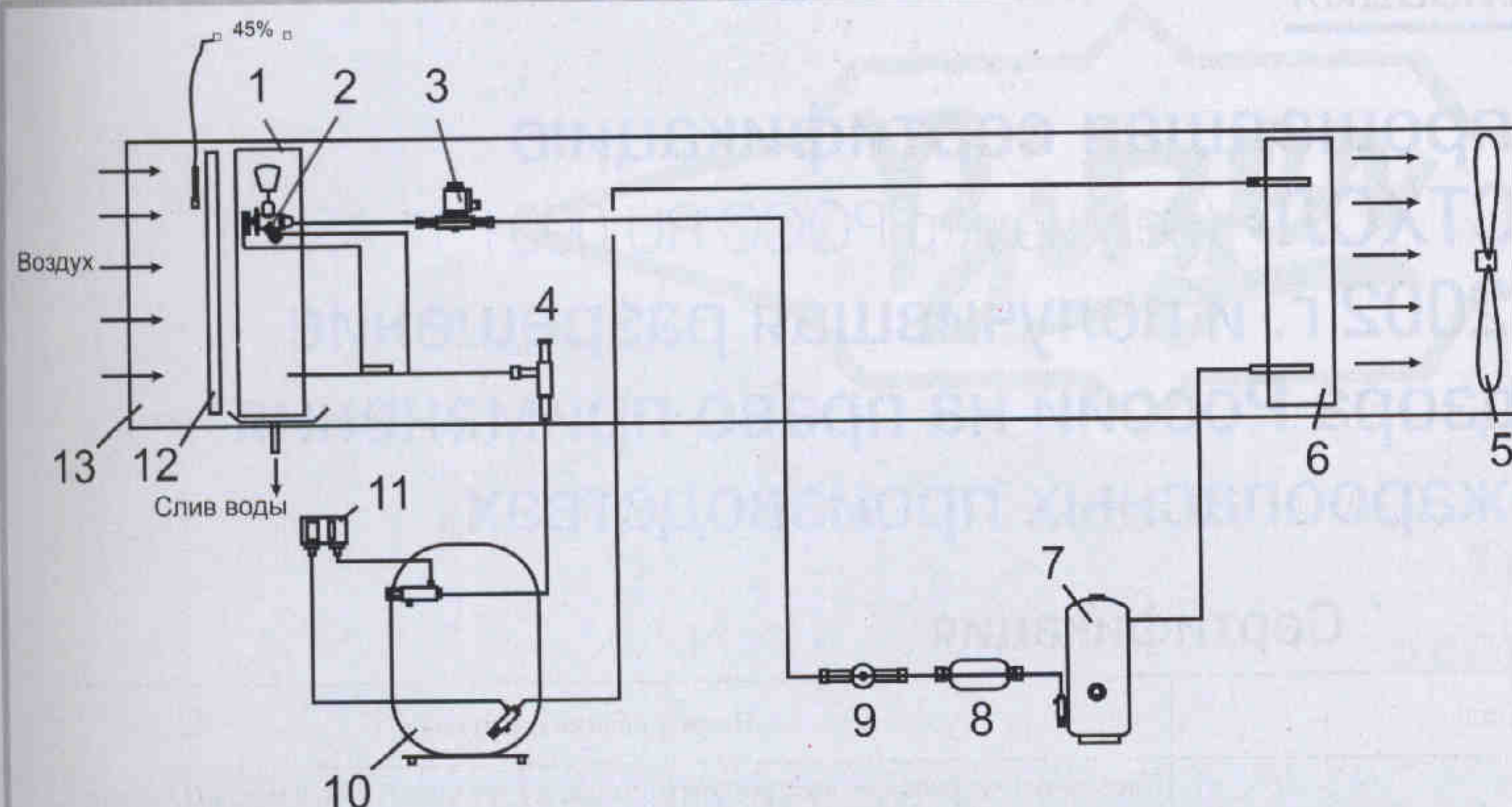
Фирма ЭЙРКУЛ-ДОН
Россия, 344007, Ростов-на-Дону, ул. Пушкинская, 54
телефон/факс: (8632) 40-35-97, 40-27-17
e-mail: aircooldon@mail.ru internet: www.accdon.ru

Фирма ЭЙРКУЛ-УРАЛ
Россия, 426009, Удмуртская Республика,
г. Ижевск, ул. Ухтомского, 24
телефон: (3412) 378855 факс: (3412) 377850

Фирма ЭЙРКУЛ-СИБИРЬ
Россия, 644046, г. Омск, ул. Маяковского 74, офис 211
телефон: (3812) 33-74-86 факс: (3812) 33-44-87
e-mail: aircoolsib@omskcity.com

СЕРВИС ЦЕНТР
BITZER
Alfa Laval
РОССИЯ

ПРОМЫШЛЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ И ТОРГОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ



Принципиальная схема осушителя воздуха:

- 1 – испаритель;
- 2 – терморегулирующий вентиль;
- 3 – соленоидный клапан;
- 4 – клапан, регулирующий давление кипения;
- 5 – вентилятор;
- 6 – конденсатор;
- 7 – ресивер;
- 8 – фильтр-осушитель;
- 9 – смотровое стекло с индикатором влажности хладагента;
- 10 – герметичный компрессор L' unite Hermétique;
- 11 – аварийный прессостат;
- 12 – воздушный фильтр;
- 13 – воздушный канал

Управляется осушитель от датчика влажности, установленного на входе воздуха в осушитель.

Основная характеристика осушителя воздуха – производительность, т. е. количество воды, удаляемой из воздуха в единицу времени при определенных температуре и влажно-

сти. Производительность осушителей фирмы «Эйркул» составляет 6 ... 17 л/ч.

Особенностью разработанных фирмой осушителей является то, что во всем рабочем диапазоне температуры и влажности исключена возможность обледенения испарителя, вследствие чего нет необходимости в

проведении его периодической оттайки.

В настоящее время осушители фирмы «Эйркул» успешно применяются предприятиями топливно-энергетического комплекса при регламентном обслуживании энергетического оборудования и кондиционировании производственных помещений



HOWDEN
COMPRESSORS
Authorized Distributor

Фирма "Сиеста-Холод" осуществляет:

- сервисное обслуживание холодильного оборудования в гарантийный и послегарантийный периоды;
- монтаж, шеф-монтаж холодильного оборудования;
- поставку оригинальных запасных частей для импортного и российского холодильного оборудования, устройств систем автоматики;
- поставку расходных материалов: хладагентов, холодильных масел, фильтров, текстурных ремней, фиттингов, труб и т.д.;
- поставку оборудования для холодильных систем;
- проектирование холодильных систем.

REFCO
BITZER
COPELAND
DWM COPELAND
REFCOMP
BOCK

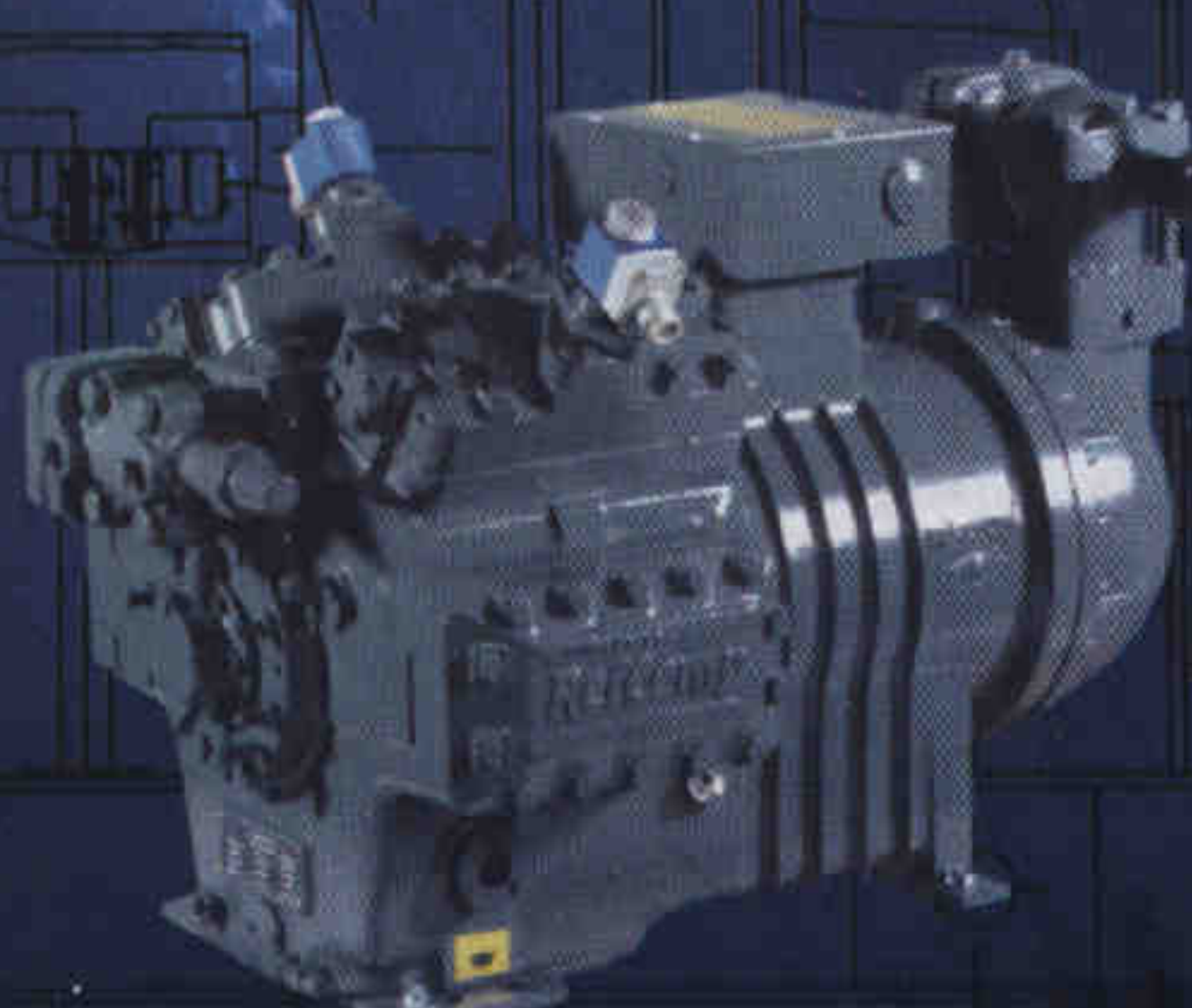
YORK
MANEUROP
L'UNITE HERMETIQUE
MITSUBISHI
ELECTROLUX
NECCHI

FISCHER
MANEUROP
KUBA
GUNTNER
ROLLER
SEARLE

WIELAND
ALFA-LAVAL
FLICA
EGELHOF
DANFOSS
ALCO CONTROLS

JOHNSON CONTROLS
CAREL
RANCO
HANSA
FAS
HERL

VIRGINIA
HARP
TEXACO



Фирма "Сиеста-Холод" 115409 Москва, Каширское шоссе, 33
Телефон: (095) 798 2516 (многоканальный); факс: 324 8255
e-mail: ref@siesta.ru

www.siesta.ru

РЫНОК БЫТОВЫХ ХОЛОДИЛЬНИКОВ

Вся мировая история указывает на общие закономерности развития бытовой холодильной техники от простейших маломощных моделей с ручным оттаиванием испарителя к вместительным и комфортным с автоматическим оттаиванием. От однокамерных к двухкамерным. От небольших отделений для хранения замороженных продуктов (менее 10% общего объема) к солидным морозильным камерам (более 40% общего объема, где можно замораживать десятки килограммов продуктов и сохранять их в аварийных ситуациях до 3 сут). От дорогого престижного холодильника, подтверждающего благосостояние семьи, к общедоступному массовому предмету первой необходимости. Общие тенденции – экономия энергопотребления и снижение затрат на оплату 1 дм³ полезного объема, а также повышение удобств при эксплуатации.

Совершенствование конструкций холодильников наглядно иллюстрируется динамикой коэффициента использования занимаемого пространства и отношения внутреннего объема V_0 к габаритному $V_{габ}$ (рис. 1).

Еще в 30-е годы в США были созданы не только напольные холодильники, но и настенные, и встроенные, а также двухкамерные с верхним, нижним и боковым расположением морозильной камеры. Перед второй мировой войной американские заводы выпускали ежегодно более 2 млн шт. бытовых холодильников, а их общий парк превышал 10 млн шт. Производство в западноевропейских странах несколько отставало от американского. С окончанием войны серийное производство холодиль-

ников развивают в Японии, Турции, Индии, Иордании (рис. 2). В 90-е годы бурно включается Китай. Он создает заводы по выпуску более 10 млн шт. холодильников в год, что превышает мощности любой страны мира.

За 50 послевоенных лет население земного шара увеличилось в 2 раза, а производство бытовых холодильников – в 8,5 раза. Насыщение рынка во всех промышленно развитых странах достигло 100%. За международный норматив обеспечения населения холодильниками принят уровень 114 шт. на 100 семей.

Освоение серийного производства первых отечественных холодильников началось сразу же после окончания второй мировой войны, сначала абсорбционных, а затем в 1951 г. и компрессионных. В 60-х годах были освоены холодильники второго поколения. С пуском новых производств были закрыты 11 мелких низкорентабельных предприятий. В 80-е годы объемы производства отечественных заводов превысили 6 млн шт. и страна вышла на второе место в мире после США. Отечественная промышленность не только полностью обеспечивала внутренние потребности, учитывающие необходимость в замене холодильников и рост новых семей, но и экспортировала в другие страны более 1 млн холодильников. Импорт холодильников в то время составлял менее 1% (рис. 3).

После развала Союза и до 1995 г. российское производство бытовых холодильников переживало кризис. Объемы выпуска на ряде заводов упали в десятки раз. Закрыты Московский завод абсорбционных холодильников «Иней» (ранее «Север»), Златоус-

товский завод холодильников «Полюс», Уссурийский завод холодильников «Океан». Естественно, не выдержало конкуренции нарождавшееся производство холодильников «Симбирск» и морозильников «Арктика» в Ульяновске. Избежал кризиса только построенный по итальянской лицензии Липецкий завод холодильников «Стинол», специалисты которого наладили производство моделей итальянских конструкций на итальянском оборудовании. Этот завод продолжал наращивать выпуск до полного освоения проектных мощностей (в 2001 г. изготовлено более 1 млн шт.!) и поставлять на рынок больше холодильников, чем все российские заводы, вместе взятые. С 2002 г. в связи с переходом под управление концерном Merloni завод выпускает параллельно с холодильниками «Стинол» модели марки INDESIT.

Со второй половины 90-х годов началось возрождение производства на заводах в Красноярске, Саратове и Татарстане, заметно повлиявшее на российский рынок. Проявились явные тенденции роста доли отечественных моделей.

В 2002 г. на российском рынке представлены холодильники любых типоразмеров – от простейших автомобильных мини-холодильников до сложнейших многодверных комбайнов. Отмечается относительное снижение продаж однокамерных холодильников. Наиболее востребованы двухкамерные модели общей вместимостью около 350 л с морозильной камерой вместимостью около 100 л. Через 5 лет прогнозируется увеличение этих показателей на 50 л, а 5 лет назад они были на 50 л ниже. Предлагаемый ассортимент включает сотни моделей отечествен-

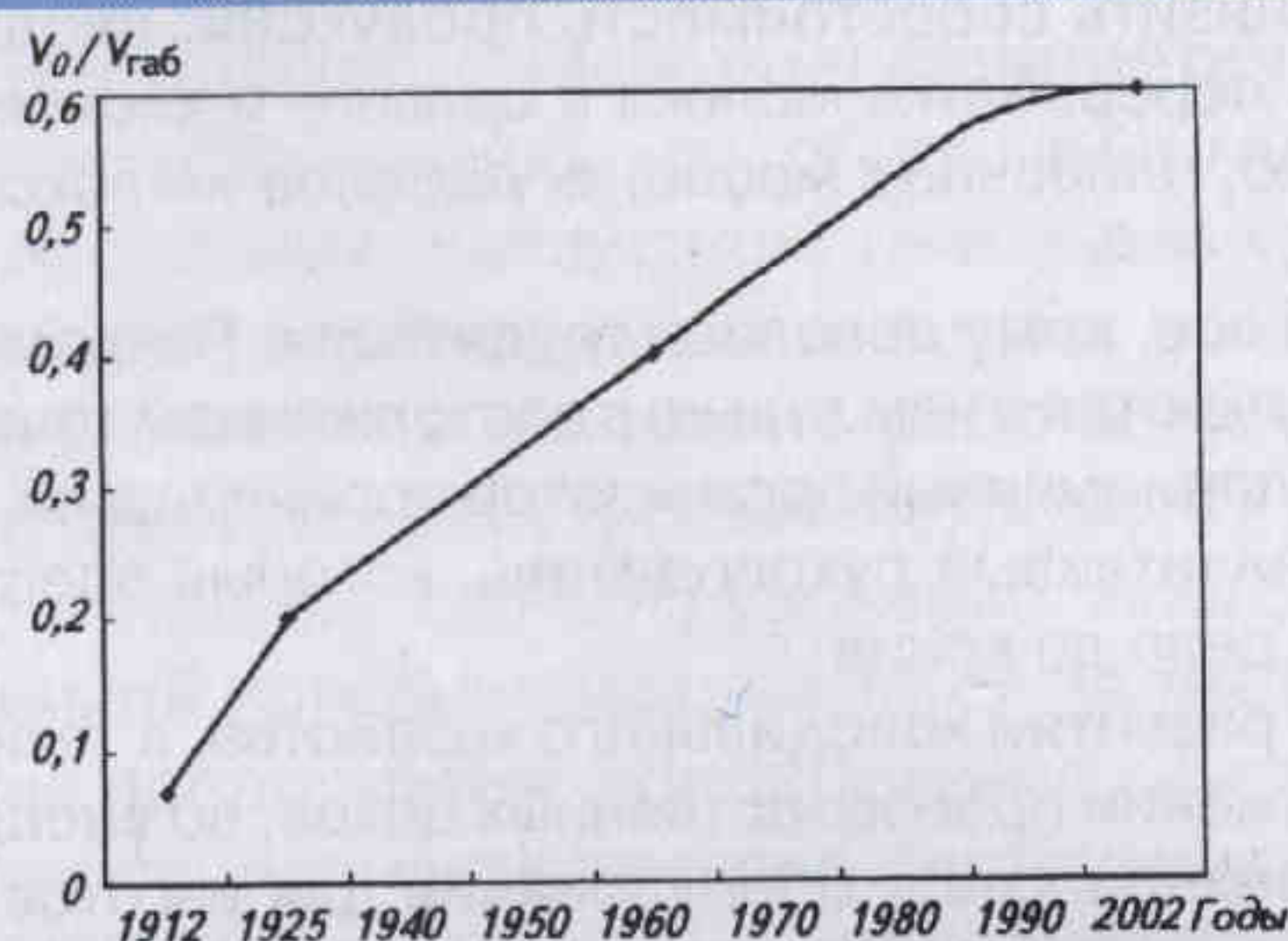


Рис. 1. Динамика коэффициента эффективности использования пространства, занимаемого бытовым холодильником, $K = V_0 / V_{габ}$

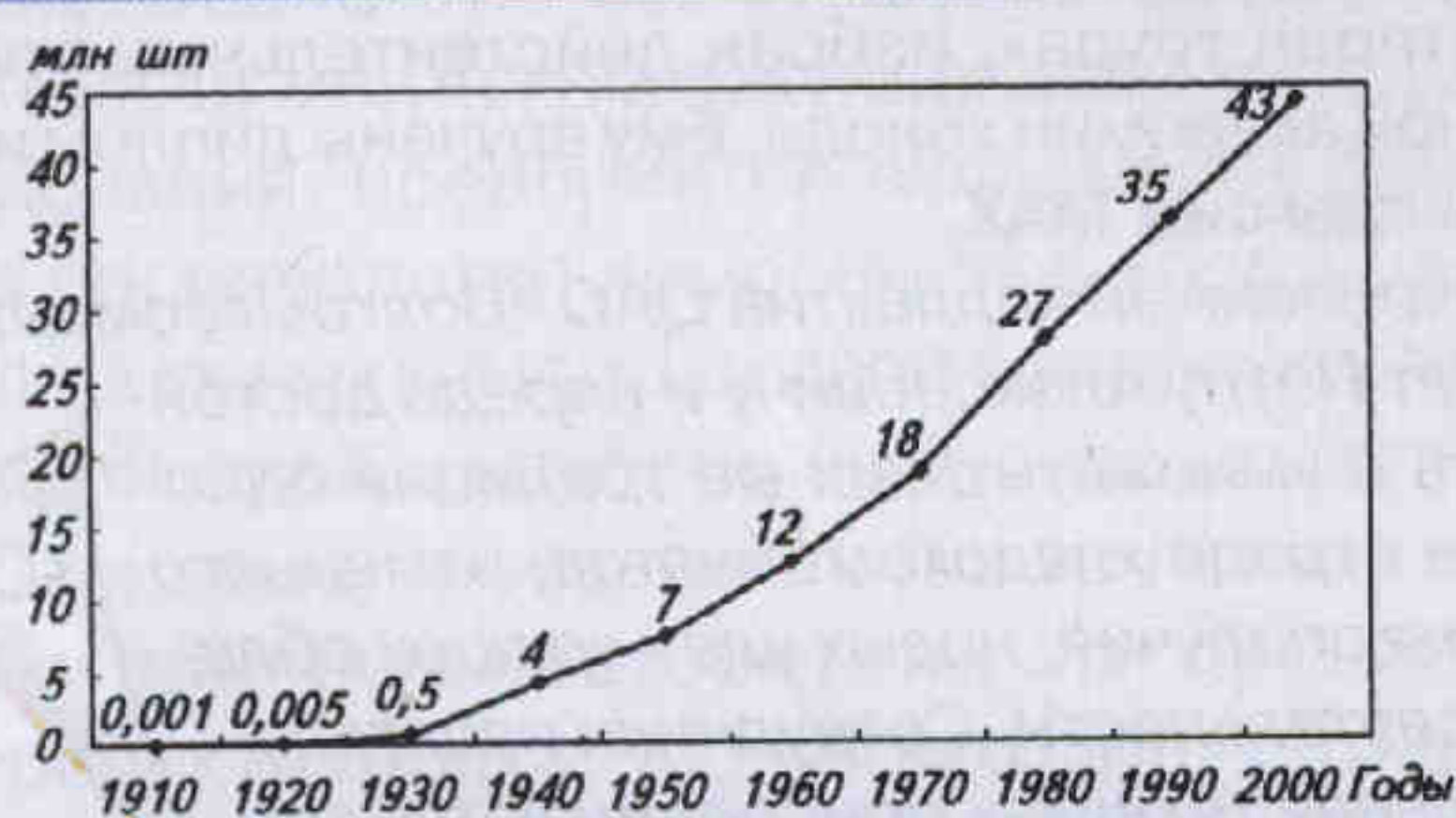


Рис. 2. Динамика производства бытовых холодильников в мире

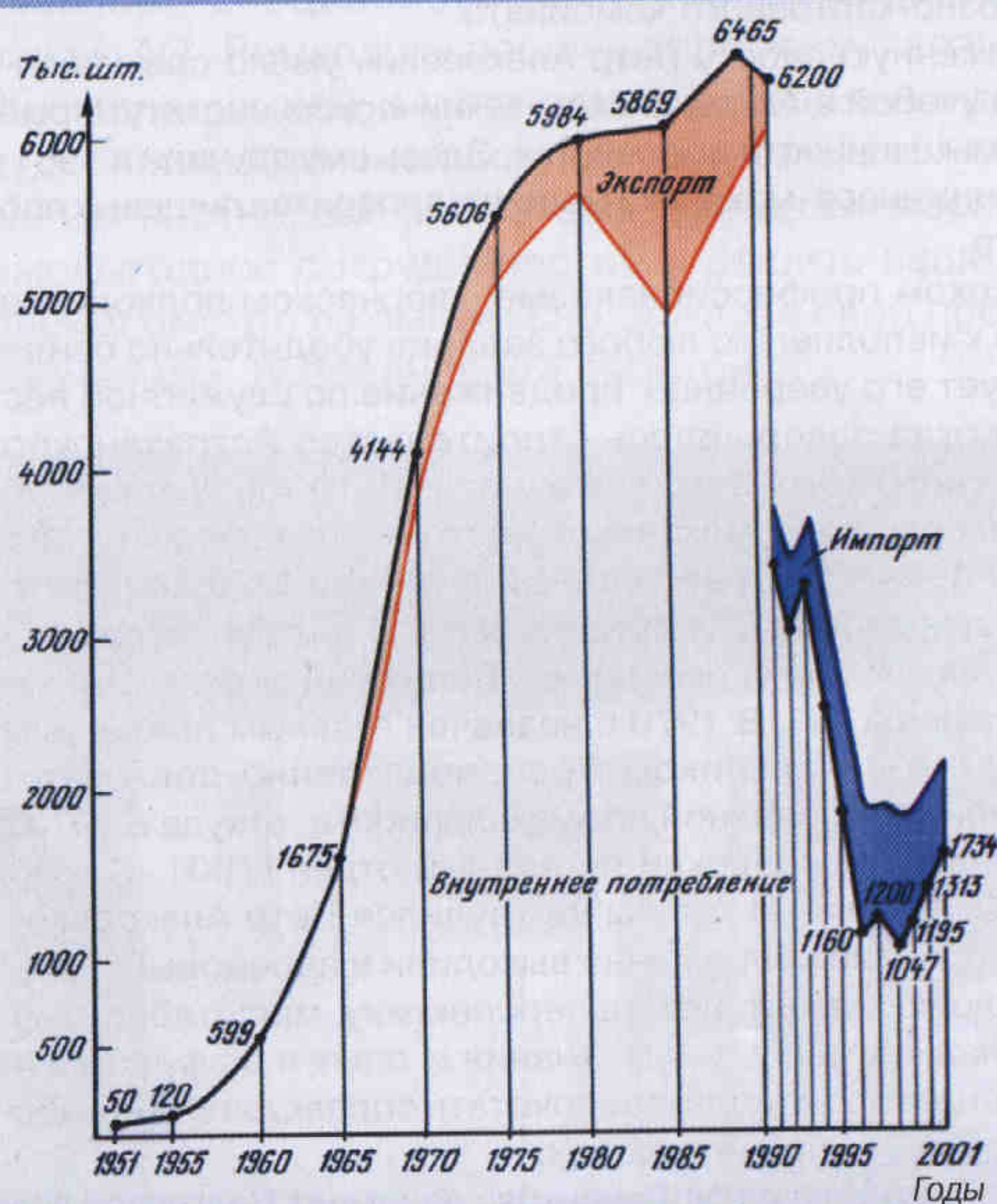


Рис. 3. Динамика производства отечественных бытовых холодильников

ного и зарубежного производства. Информацию о характеристиках предлагаемых моделей или их аналогах можно получить в [2].

Несмотря на обилие импорта, отечественные холодильники остаются наиболее востребованными. Они не только отражают общемировые тенденции развития, но и наиболее полно учитывают национальные особенности эксплуатации и уровень жизни россиян.

В последние годы отечественная промышленность освоила двухкамерные холодильники и комбинированные холодильники-морозильники с двумя компрессорами и независимым охлаждением в камерах общей вместимостью до 400 л. Существенно улучшены дизайн и удобства пользования. Значительно снижен уровень шума.

Безусловными лидерами остаются холодильники марок «Атлант» и «Стинол». Причем спрос на первые лишь незначительно выше, чем на «Стинолы». На основе одной базовой модели заводы изготавливают до десяти и более модификаций с различными комплектациями. Разница в ценах модификаций одной модели может составлять несколько тысяч рублей. Наиболее дорогие модификации с художественной росписью, необмерзающими стенками морозильной камеры (типа «Frost free»), стеклянными полками. В магазинах торговой компании «М-видео» разброс цен на модификации базовой модели холодильника «Атлант-1717» общей вместимостью 350 л с морозильной камерой вместимостью 115 л составляет от 14350 до 18200 руб. (Уровень цен в торговой сети магазинов «Аристон» ниже на 10–16 %.) Цены на «Стинолы» ниже на 10–20 %, на аналоги из дальнего зарубежья выше в



Рис. 5. Комбинированный холодильник-морозильник «Атлант МХМ1733» Минского завода холодильников. Общий объем 400 л. Объем холодильной камеры 285 л, морозильной 115 л. Габаритные размеры (ширина×глубина×высота) 600×630×2050 мм. Класс экономичности В. Время безопасного хранения замороженных продуктов в аварийных ситуациях 18 ч



Рис. 6. Холодильный шкаф-витрина «Атлант ШВУ-0,4-1,3». Общий объем 410 л. Габаритные размеры (ширина×глубина×высота) 700×570×2005 мм

1,6–3 раза. Цены на холодильники меньшей вместимости и других отечественных марок значительно ниже. Разница в ценах модификаций с одним и двумя компрессорами около 1 тыс. руб., с ручным и автоматическим оттаиванием морозильной камеры – около 2 тыс. руб. Спрос на более сложные и дорогие модели с принудительной циркуляцией воздуха и необмерзающими стенками в морозильной камере (типа «Frost free») несколько ниже, чем на более простые, надежные и дешевые модели с естественной циркуляцией воздуха и ручным оттаиванием морозильной камеры.

По потребительским показателям отечественные модели не уступают западноевропейским, но значительно дешевле. Возрождающиеся отечественные заводы заставляют импортеров потесниться и снижать цены, поскольку цена остается одним из главных показателей конкурентоспособности (рис. 4). Новинки 2001 г. показаны на рис. 5 и 6.

Российские заводы пока не изготавливают холодильники вместимостью более 400 л, двухкамерные модели с необмерзающими стенками типа no frost в обеих камерах, распашные с камерами рядом, многодверные и ряд других менее востребованных типоразмеров эксклюзивного исполнения. Все эти ниши занимает импорт.

Предложения зарубежных изготовителей даже несколько опережают уровень спроса. Наиболее экстравагантные модели пока не по карману подавляющему большинству россиян. Рынок дорогих и престижных моделей сокращается. Торговые фирмы, ориентированные ранее на американские, австралийские и израильские холодильники, ушли с рынка. Практически исчезли из ассортимента многодверные корейские модели, а также дорогие распашные немецкие и шведские. Лидерами в дизайне остаются

корейцы, несмотря на значительное сокращение ассортимента. Привлекательно смотрится распашной двухкамерный холодильник Samsung S20 с зеркальными дверями. Холодильник имеет встроенный бар и устройство для выдачи через дверь охлажденной воды и льда в кубиках или дробленом виде. Цена такого холодильника около 80 тыс. руб. Аналогичный холодильник General Electric год назад стоил около 150 тыс. руб.

Существенную помощь, способствующую возрождению заводов, оказывают новые технологии продвижения товаров на рынок, организация сервиса и реклама. Продажа в кредит с предоплатой 15–20 % стоимости товара значительно расширяет возможности покупателей с низкими доходами. Системы скидок, бесплатная доставка, увеличение срока гарантийного обслуживания направлены на привлечение покупателей.

Интернет-магазины позволяют, не выходя из дома, получить информацию о рынке холодильников, отобрать несколько наиболее подходящих моделей, провести сравнительный анализ их технических характеристик и стоимости, заказать понравившуюся модель. Например, на сайте www.003.ru в любое время суток можно получить информацию о наличии холодильников в сети магазинов московской компании «Аристон», условиях оплаты, доставки, гарантийного и послегарантийного сервиса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вейберг Б.С., Вайн Л.Н. Бытовые компрессионные холодильники. – М.: Пищевая промышленность, 1974.
2. Пискунов В.В. Как выбрать холодильник. Российский рынок бытовой холодильной техники. Справочное руководство. – М.: Колос, 2000.
3. Portrait of the european appliance industry, Appliance Edition, 1985.

В.В. ПИСКУНОВ

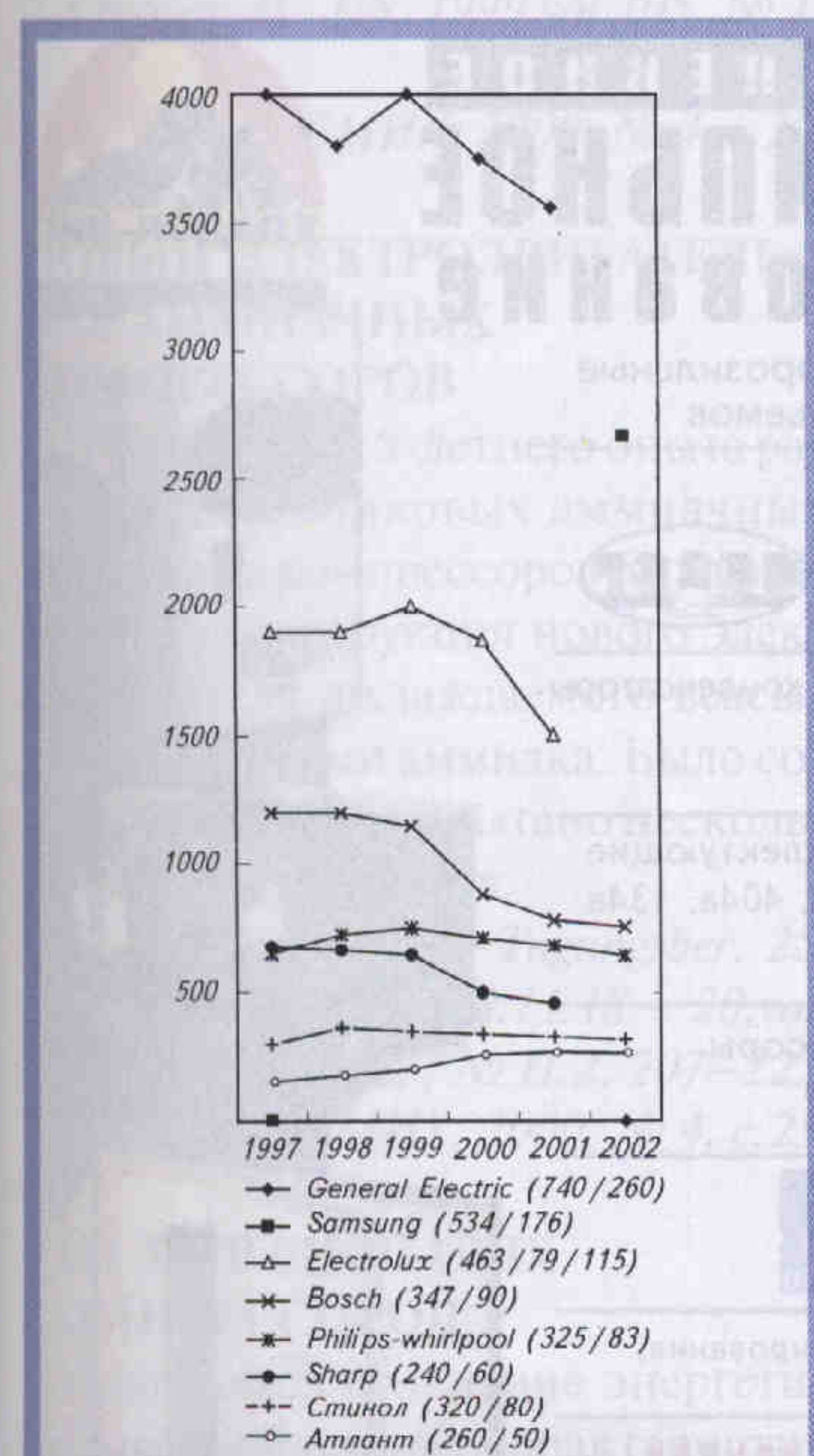


Рис. 4. Динамика средних рыночных цен импортных холодильников (в скобках приведены общий объем и объемы низкотемпературного и холодильного отделений в литрах)



Из Бюллетеня МИХ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХОЛОДИЛЬ- НОЙ МАШИНЫ НА CO₂

Необходимость снижения вредного для окружающей среды влияния хлорфторуглеродов заставила вновь обратить внимание на диоксид углерода как хладагент. Был создан стенд для исследования рабочих характеристик водоохлаждающей машины на CO₂ и R22. Теоретически холодильный коэффициент идеального цикла на CO₂ составляет всего 50 – 60 % от значения этого показателя для R22, однако в реальном эксперименте CO₂ показал себя так же хорошо, как R22. Эту разницу между идеальным и реальным циклами можно объяснить хорошими термодинамическими и физическими свойствами диоксида углерода.

Y. Hwang, R. Radermacher // *ASHRAE Trans./ASHRAE, Winter Meet., Chicago, IL, US, 1999. vol. 105, № 1, 1219 – 1227.*
БМИХ, 2000, № 4, с. 23.

НОВЫЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ ДЛЯ АММИАЧНЫХ КОМПРЕССОРОВ

На основании 5-летнего опыта работы бессальниковых аммиачных поршневых компрессоров была разработана конструкция нового электродвигателя, охлаждаемого всасываемыми парами аммиака. Было создано и успешно испытано несколько опытных образцов.

S. Laute // *DKV-Tagungsber. 25, Wurzburg, DE, 1998. 11. 18 – 20, vol. 25, № II. 2, 207–222.*
БМИХ, 2000, № 4, с. 23.

КПД ХОЛОДИЛЬНЫХ КОМПРЕССОРОВ

Приводится сравнение энергетических и объемных характеристик наиболее часто используемых в Нидерландах холодильных компрессоров различных современных типов.

Наивысшим КПД обладают поршневые компрессоры. Неожиданно было выявлено, что малые открытые холодильные компрессоры имеют лучшие характеристики, чем крупные.

C. A. Infante-Ferreira, S. Touber // *Koude Luchtbehandel., NL, 1999. 11, vol. 92, № 11, 30 – 37.*
БМИХ, 2000, № 4, с. 23.

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА В СУПЕРМАРКЕТАХ НА ОТТАЙКУ И ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ ХОЛОДИЛЬНЫХ СИСТЕМ

По данным проведенных в двух супермаркетах наблюдений, при снижении относительной влажности воздуха на 1% потребление энергии холодильной системой уменьшается почти на 10 кВт·ч в день, что составляет около 0,4% среднегодового потребления энергии.

Осуществление оттайки по температуре снижает расход энергии в зимний период почти на 70 кВт·ч в день (при средней относительной влажности в помещении 22%), причем экономия возрастает на 4 кВт·ч в день с каждым процентом уменьшения относительной влажности. Общая величина снижения расхода энергии в одном из супермаркетов составила 12 кВт·ч в день на 1% снижения относительной влажности и 15 кВт·ч в день в другом.

H. I. Henderson, M. Khattar // *ASHRAE Trans./ASHRAE, Winter Meet., Chicago, IL, US, 1999, vol. 105, № 1, 508–517.*
БМИХ, 2000, № 4, с. 30.

ОХЛАЖДАЕМЫЕ КОНТЕЙНЕРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ CO₂ В КАЧЕСТВЕ ХЛАДАГЕНТА

Мировой парк охлаждаемых контейнеров насчитывает 400 000 еди-

ниц. Большинство из них, выпущенные до 1994 г., работают на R12. В новых контейнерах применяют R134a, R22 или R 404A. R22 вызывает разрушение озонового слоя, а другие названные хладагенты влияют на глобальное потепление. Жизнеспособной альтернативой в перспективе представляется CO₂.

M. Kauffeld, K. G. Christensen // *Koude Luchtbehandel., NL, 1999. 07, vol. 92, № 7, 27, 29.*

БМИХ, 2000, № 4, с. 68.

СОЗДАНИЕ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АММИАЧНЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН

Минеральные масла, подвергнутые гидроочистке, полиальфаолефины и полигликоли приходят на смену традиционным нафтоновым и парафиновым минеральным маслам. Эти современные смазочные материалы способствуют улучшению как тепловых, так и энергетических рабочих характеристик оборудования и служат дольше. В частности, использование специально разработанных полигликолей упростило эксплуатацию аммиачных испарителей.

B. Spence, M. Watson // *Proc. Eur., Semin. latest Technol. Refrig. Air Cond., Milano, IT, 1999. 06. 18–19, 83–88.*

БМИХ, 2000, № 5, с. 37.

ХИМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬ- НОСТЬ В ХОЛОДИЛЬНЫХ СИСТЕМАХ НА ПРИРОДНЫХ ХЛАДАГЕНТАХ

Проблемы химической активности природных хладагентов в холодильных системах не так значительны, как при использовании CFC, HCFC или HFC. Особое внимание уделяется физическим свойствам природных хладагентов. Так,

Комэс упаковка

Производство пластиковой упаковки для салатов, кондитерских изделий, полуфабрикатов, мороженого, заливного, желе, сухофруктов.
Изготовление эксклюзивной упаковки.

Филиалы:

Волгоград	тел. (84-42) 971-366; 931-206
Екатеринбург	тел. (34-32) 592-813; 344-474
Казань	тел. (84-32) 185-454; 168-805
Краснодар	тел. (86-12) 640-713; 640-419
Н. Новгород	тел. (83-12) 693-727; 693-756
Новосибирск	тел. (38-32) 101-963; 103-625
Омск	тел. (38-12) 257-495; 257-413
Пермь	тел. (34-22) 221-233; 211-251
Ростов-на-Дону	тел. (86-32) 902-220; 228-255
Самара	тел. (84-62) 707-047; 707-049
Саратов	тел. (84-52) 277-000; 277-002
Санкт-Петербург	тел. (812) 147-2662; 320-67-67
Уфа	тел. (34-72) 315-321; 646-824

Наш адрес: 125047, Москва, ул. Фадеева, д.5
Тел./факс: 785-21-50, 785-21-51 785-21-52
Склад-магазин: Москва, ул. Боровая, д.20
Тел./Факс: 360-65-01, 360-86-91

растворимость масла в диоксиде углерода непостоянна в закритических циклах.

Аммиак, широко применяемый в больших системах, в малых установках может вызвать ряд проблем, особенно при использовании герметичных и полугерметичных компрессоров.

Обсуждаются возможные последствия химических реакций аммиака, диоксида углерода и углеводородов в холодильных системах в сравнении с результатами химической активности галогенсодержащих хладагентов.

F. Broesby-Olsen // Proc. Int. Symp. HCFC altern. Refrig., Kobe, JP, 1998.11.26-27, 165-171
БМИХ, 2000, № 5, с.37.

ДИОКСИД УГЛЕРОДА КАК ЗАМЕНИТЕЛЬ R22

Проводится сравнение характеристик холодильной машины при ра-

боте на R22, CO₂ (R744) и других заменителях. При использовании CO₂ давление нагнетания не может быть определено однозначно. Рабочие характеристики машины определяются температурой окружающей среды (конденсации), которая и выбрана как основной контролируемый параметр.

M. R. Brusin, S. Nari, G. Lampugnani // Proc. Eur. Semin. latest Technol. Refrig. Air Cond., Milano, IT, 1999.06.18-19, 120-125.
БМИХ, 2000, № 5, с.37.

ХАРАКТЕРИСТИКИ СМЕСЕЙ ХЛАДАГЕНТОВ, АЛЬТЕРНАТИВНЫХ R22

В тепловом насосе испытывали 14 смесей хладагентов, состоящих из R32, R125, R134a, R152a, R290 (пропан) и R1270 (пропилен), с целью найти замену R22. Результаты испытаний показывают, что тройные смеси R32/R125/R134a имеют

более высокий коэффициент преобразования и большую (на 4-5 %) холодопроизводительность, чем R22. С другой стороны, у тройных смесей R125/R134a/R152a более низкие значения коэффициента преобразования, чем у R22. При использовании бинарной смеси R32/R134a коэффициент преобразования повышается на 7 % при такой же холодопроизводительности, как у R22. Азеотропная смесь R290/R134a повышает коэффициент преобразования и холодопроизводительность на 3-4%. Температура нагнетания компрессора на испытываемых смесях гораздо ниже, чем на R22, т.е. эти смеси обеспечивают большую надежность системы и увеличивают срок службы машины.

D. Jung, Y. Song, B. Park // Int. J. Refrig., GB, 2000.09, vol. 23, № 6, 466-474.

БМИХ, 2000, № 5, с.38