ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ

Издается с января 1912 г. Москва

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

Учредитель — Издательство «Холодильная техника»

Холодильная Техника

1 • 2004

Kholodilnaya Tekhnika

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ
Минпромнауки России
Международной академии холода

Главный редактор
Л.Д.Акимова

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

Ответственный секретарь
Е.В.Плуталова
Дизайн и компьютерная верстка
Т.А.Миансарова
Компьютерный набор
Н.А.Ляхова, Н.В.Гераскина
Корректор *Т.Т.Талдыкина*

Ответственность за достоверность рекламы несут рекламодатели. Рукописи не возвращаются.

Адрес редакции:
107045, Москва,
Уланский пер., д. 21, стр. 2, оф. 1
Тел.: (095) 207-2396, 207-2426, 207-1145
Тел./факс: (095) 207-2066
E-mail: holodteh@ropnet.ru
http://www.holodteh.ru

Подписано в печать 21.01.2004.
Формат 60x88 1/8. Офсетная печать.
Усл. печ. л. 6,0.

Отпечатано в ООО «АфиксСистема»

© Холодильная техника, 2004

В НОМЕРЕ: **IN ISSUE:**

К ЗНАМЕНАТЕЛЬНЫМ НАУЧНЫМ ДАТАМ — **TO THE REMARKABLE SCIENTIFIQUE DATES**

Архаров А.М., Архаров И.А., Жердев А.А., Суровцев И.Г., Сычев В.В. **О движущей силе низкотемпературной теплоты (холода) или еще раз о предельных значениях коэффициентов взаимного преобразования теплоты и работы (коэффициентах Карно)** — 2

Arkharov A.M., Arkharov I.A., Zherdev A.A., Surovtsev I.G., Sychov V.V. **About moving force of low-temperature heat (refrigeration) or once more about limit values of coefficients of mutual transformation of heat and work (Carnot coefficients)**

XXI МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС ПО ХОЛОДУ — **XXI INTERNATIONAL CONGRESS OF REFRIGERATION**

Франсуа Бийяр **Холод на службе человечества – вклад Международного института холода** — 8

Francois Billard. **Refrigeration at the service of mankind – contribution of the International Institute of Refrigeration**

НАУКА И ТЕХНИКА — **SCIENCE AND TECHNIQUE**

Кириллов Н.Г. **Перспективные технологии XXI века: жидкий азот как экологически чистый хладагент** — 16

Kirillov N.G. **Promising technologies of XXI century: liquid nitrogen as ecologically pure refrigerant**

ГЕА ГРАССО — *GEA GRASSO*

Проектирование и поставка холодильного оборудования — 20 **Designing and delivery of refrigerating equipment**

КРИОТЕК — *CRYOTECH*

Толкачев В.А. **Электрические щиты управления для холодильных установок** — 22

Tolkachev V.A. **Electric control panels for refrigerating installations**

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ — **PROBLEMS OF ECOLOGY**

Целиков В.Н. **О необходимости присоединения Российской Федерации к Копенгагенской, Монреальской и Пекинской поправкам к Монреальскому протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой** — 24

Tselikov V.N. **On the necessity of joining of the Russian Federation the Copenhagen, Montreal and Peking corrections to the Montreal Protocol on substances depleting ozone layer**

БЕЗОПАСНОСТЬ АММИАЧНЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК — **SAFETY OF AMMONIA REFRIGERATING INSTALLATIONS**

Конференция по безопасности аммиачных холодильных установок — 29 **Conference on safety of ammonia refrigerating installations**

Янюк В.Я. **Анализ нарушений и отступлений от требований действующих правил безопасности при проектировании АХУ** — 30

Yanuk V.Ya. **Analysis of violations and deviations from the requirements of the existing safety rules when designing AHU (ARI)**

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ — **STANDARDIZATION AND CERTIFICATION**

Продукция, прошедшая сертификацию в НП «СЦ НАСТХОЛ» в декабре 2003 г. и получившая разрешение Госгортехнадзора России на право применения во взрывопожароопасных производствах — 36 **Products having passed certification at NP «Sts NASTHOL» in December of the year 2003 and obtained the permit of Gosgortekhnadzor of Russia to be used in explosion-fire hazard production processes**

ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ! — **CONGRATULATIONS ON THE JUBILEE!**

Иосифу Александровичу Рогову 75 лет — 37 **Iosif Aleksandrovich Rogov is 75 years old**

МУЛЬТИПЛАЗ — *MULTIPLAZ*

Ермишин Ю.М. **Результаты практического применения портативного плазменного сварочного аппарата «Мультиплаз-2500»** — 38

Ermishin Yu.M. **Results of practical use of portable plasma welding apparatus «Multiplaz-2500»**

ЗАРУБЕЖНЫЕ НОВОСТИ — 40 **FOREIGN NEWS**

В МЕЖДУНАРОДНОМ ИНСТИТУТЕ ХОЛОДА — **AT THE INTERNATIONAL INSTITUTE OF REFRIGERATION**

Из Бюллетеня МИХ — 41 **From Bulletin of IIR**

УНИВЕРСАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА им. О. Гмирьова

Михаил Васильевич Ломоносов (1711–1765)

Никола Леонар Сади Карно (1796–1832)

(Прижизненные портреты из кабинетной галлереи А. М. Архарова)

Статья подготовлена к знаменательным датам публикации двух гениальных сочинений: 260-летию диссертации Михаила Ломоносова «Размышления о причине тепла и холода» (1744 г.) и 180-летию мемуара Сади Карно «Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу» (1824 г.), которые легли в основание классической термодинамики.

The remarkable dates of publication of two works of genius have induced this article: 260 anniversary of the dissertation of Mikhail Lomonosov "Reflections on the cause of heat and cold" (1744) as well as 180 anniversary of the memory of Sadi Carnot "Reflections on a motive power of fire and on machines apt to develop this power" (1824); both works became the basis of classical thermodynamics.

О движущей силе низкотемпературной теплоты (холода) или еще раз о предельных значениях коэффициентов взаимного преобразования теплоты и работы (коэффициентах Карно)

Д-р техн. наук, проф. **А.М. АРХАРОВ**, канд. техн. наук **И.А. АРХАРОВ**,
д-р техн. наук **А.А. ЖЕРДЕВ**, канд. техн. наук **И.Г. СУРОВЦЕВ**
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Д-р техн. наук, проф. **В.В. СЫЧЕВ**
МЭИ (Технический университет)

Теплота давно и успешно используется для получения механической работы и электроэнергии. Единственное, что отличает понятия теплоты и холода, – это температура. Холод, как и утверждал М.В. Ломоносов, является низкотемпературной теплотой. Непрерывное преобразование теплоты в механическую работу или электроэнергию реализуется энергоустановками, в которых теплота переходит от источника с высокой температурой к приемнику с более низкой температурой в точном соответствии с ходом рассуждений С. Карно и его аналогией с падением воды. Пока существует разность температур источника и приемника теплоты, возможно ее преобразование в работу. В области умеренных и низких температур эти принципы, разумеется, сохраняются.

По Карно, максимально возможный коэффициент непрерывного* преобразования теплоты в механическую работу или электроэнергию не зависит от свойств рабочего тела цикла и определяется выражением, современный вид которого восходит к Р. Клаузиусу:

$$\eta_к = (T_и - T_{пр})/\ T_и = (\ T_г - T_{пр})/\ T_г,$$

где $T_и\,(T_г)$ – температуры источника теплоты (горячего «резервуара»);

$T_{пр}$ – температура приемника (стока) теплоты или холодного «резервуара».

Коэффициент $\eta_к$ – величина безразмерная, однако она имеет конкретный физический смысл: это отношение полученной работы к подведенной при $T_г$ теплоте (Дж/Дж). Физический смысл этого соотношения сохраняется и при выражении в единицах мощности (Вт/Вт).

Техническая работоспособность (эксергия) теплоты горячего источника определяется произведением ее величины на коэффициент преобразования.

Обратим внимание на то обстоятельство, что значения $\eta_к$ стремятся к единице в двух случаях: при $T_г \to \infty$ и любых реальных значениях $T_{пр}$, а также при $T_{пр} \to 0$ и любых реальных величинах $T_г$.

Для планеты Земля, на которой нашей цивилизацией построена феноменологическая термодинамика, существует понятие температуры излучательного равновесия T_0, приблизительно оцениваемой в 300 К (27 °С). Эту температуру часто считают осредненной температурой окружающей среды и при оценке предельной эффективности практических энергетических

* *Речь идет о непрерывном преобразовании, осуществляемом посредством организации циклов. В отдельно взятых (дискретных) процессах теплота может целиком переходить в работу, например в процессах изотермического расширения идеального газа.*

систем для получения электрической мощности ее приравнивают температуре приемника или стока теплоты $T_{пр}$. В этих случаях графическая зависимость $\eta_к = f(T_г)$ имеет вид кривой *1* на рис. 1.

В действительности температура нашей планеты неоднородна, и на Земле существуют достаточно емкие источники и стоки теплоты с температурой как выше, так и ниже 300 К. К их числу можно отнести теплые и холодные течения, гейзеры, вулканы, «вечную мерзлоту», природные льды, воду, воздух, грунт с характерными сезонными и суточными изменениями температуры и др.

Температурная неоднородность (анизотропия) характерна также для атмосферы Земли и для объектов, находящихся в ближнем космосе, для Луны и других планет Солнечной системы. Анизотропия окружающей среды может использоваться как для получения энергии, так и в процессах ее утилизации. Создание солнечных источников тока, солнечных холодильных и тепловых установок, использование природного холода в технике уже началось. Заметим, что существующие на Земле «механическая» и гравитационная неоднородности, проявляющиеся в форме разнообразных течений воздуха и воды, также давно используются для получения энергии (ветро- и гидро- энергоустановки, приливные гидростанции и др.). Нельзя исключать и возможности практического использования существующих электрической и магнитной неоднородностей, а также создания в будущем установок, которые одновременно утилизировали бы различные неоднородности окружающей среды. По-видимому, анизотропия в широком смысле – одна из фундаментальных особенностей физического пространства.

Существование и расширяющееся использование как естественных (природных), так и искусственных «резервуаров» низкотемпературной теплоты (холода) побуждает к более внимательной оценке ее технической работоспособности. На первый взгляд это может показаться абсурдным, поскольку низкотемпературный тепловой резервуар может быть только приемником теплоты и никакой движущей силой не обладает (когда не существует еще более низкотемпературного приемника). Если в низкотемпературный резервуар может быть передана теплота от более теплого, но тоже низкотемпературного источника, то корректная постановка вопроса о движущей силе низкотемпературной теплоты может относиться только к этой передаваемой теплоте. При таком подходе следовало бы поставить в кавычки слова о движущей силе низкотемпературной теплоты в названии статьи.

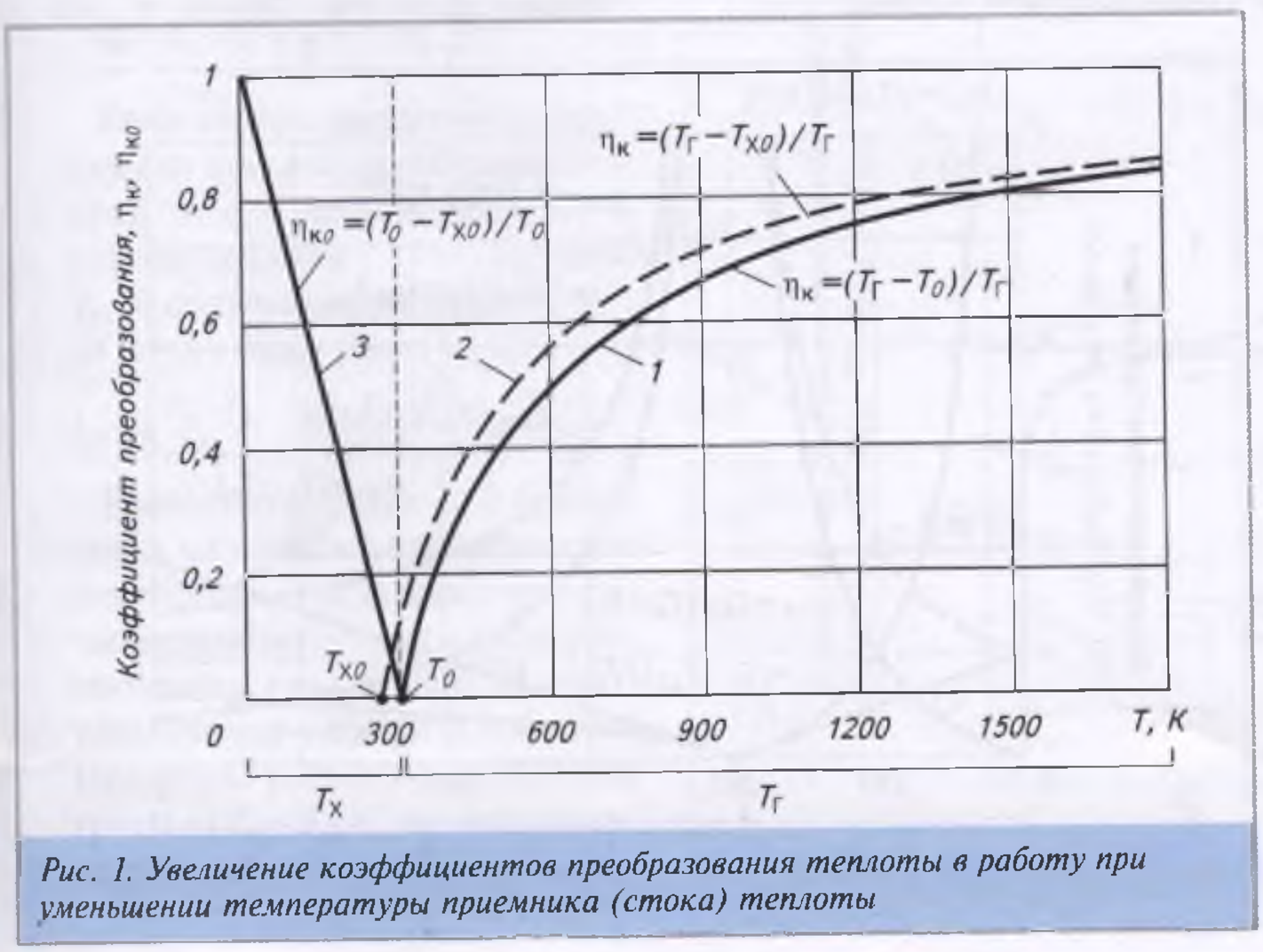


Рис. 1. Увеличение коэффициентов преобразования теплоты в работу при уменьшении температуры приемника (стока) теплоты

Однако возможен и иной ход рассуждений. Очевидно, что двигатели, работающие с более холодными приемниками теплоты, способны произвести бо́льшую (или дополнительную) работу по сравнению с двигателями, работающими в стандартных условиях. Вообще говоря, работу такие двигатели могут производить, если тепло отбирается от окружающей среды и передается источнику холода, температура которого ниже температуры окружающей среды. В последнем случае субъектом, обусловившим термодинамическое неравновесие с окружающей средой, будет источник холода и можно, сохраняя терминологию Карно, говорить о «движущей силе холода».

Любое движение, включая и перенос теплоты, возникает тогда, когда нарушается какое-либо равновесие. Роль движущей силы принадлежит субъекту, не находящемуся в равновесии с окружающей средой. В классической схеме Карно это «огонь», а в данном конкретном случае – «холод». С этой точки зрения выражение «движущая сила холода» представляется вполне корректным. Разумеется, и в этом случае для совершения работы будет расходоваться теплота, отбираемая из более теплого источника, например атмосферы.

Если (в случае использования температурной неоднородности) для стоков теплоты принимать значения температур равными $T_{пр} = T_{х0} < T_0$, то и значения $\eta_к$ соответственно изменятся в бо́льшую сторону (кривая *2* на рис. 1).

При наличии теплового резервуара (стока теплоты) с температурой, более низкой, чем T_0, теплота окружающей среды будет обладать потенциальной работоспособностью, максимальная величина которой пропорциональна коэффициенту преобразования Карно $\eta_{к0}$ (линия *3* на рис. 1):

$\eta_{к0} = (T_0 - T_{x0})/T_0$ – отношение полученной работы к подведенной при T_0 теплоте, Дж/Дж.

Обратная величина

$\zeta_{кх} = T_0/(T_0 - T_{x0})$

определяет количество теплоты в Дж при T_0, необходимой для генерации 1 Дж работы. Естественно, что при $T_{x0} \to T_0$ величина $\zeta_{кх}$ устремится к бесконечности (рис. 2).

Развитие холодильной техники, а в широком смысле техники и физики низких температур, в конце XIX века и в XX столетии реально обратило тепловой двигатель в тепловой насос и убедительно подтвердило гениальную универсальность положений Карно. Искусственный холод генерируется только при соответствующих затратах, например, электрической или тепловой энергии. Минимально необходимая величина электрической мощности при получении холода определяется соотношением Карно. Например, при генерации холодопроизводительности (холодильной мощности) на температурном уровне T_x и передаче отводимой теплоты и затрачиваемой энергии в тепловой резервуар с температурой T_0 коэффициент удельных затрат мощности:

$(\varphi_{min})_x = \varphi_{кх} = (T_0 - T_x)/T_x$ – отношение затраченной электрической мощности к генерированной холодильной мощности при T_x, Вт/Вт.

Чем ниже требуемая температура T_x, тем бо́льшую мощность необходимо затратить. При $T_x \to 0$ $\varphi_{кх} \to \infty$ (см. рис. 2), что вполне подтверждается практикой получения криогенных и сверхнизких температур. Обратная величина $1/\varphi_{кх} = \varepsilon_{кх}$, называемая холодильным коэффициентом Карно (в зарубежной литературе COP), представляет собой предельно возможное значение коэффициента преобразования затрачиваемой работы (электрической мощности) в холодопроизводительность (холодильную мощность):

$(\varepsilon_{max})_x = \varepsilon_{кх} = T_x/(T_0 - T_x)$ – отношение холодильной мощности, генерированной при T_x, к затраченной мощности, Вт/Вт.

Значения $\varepsilon_{кх}$ могут быть как больше, так и меньше единицы.

Холодильная техника стала базой создания тепловых насосов, в том числе для так называемого динамического отопления, для которых коэффициент непрерывного преобразования $\varepsilon_{кт}$ электрической мощности в тепловую мощность на температурном уровне $T_г > T_0$ больше единицы:

$(\varepsilon_{max})_т = \varepsilon_{кт} = T_г/(T_г - T_0)$ – отношение тепловой мощности, генерированной при $T_г$, к затраченной мощности, Вт/Вт. Коэффициент $\varepsilon_{кт}$ в зарубежной литературе обозначается тоже как COP. В этом случае на температурный уровень $T_г$ переносится теплота окружающей среды, предельная величина которой определяется соотношением Карно:

$\zeta_{кт} = T_0/(T_г - T_0)$ – отношение переносимой тепловой мощности при T_0 к затраченной мощности, Вт/Вт.

Значение $\zeta_{кт}$ стремится к бесконечности при $T_г \to T_0$.

Обратная величина $(\varphi_{min})_{кт} = \varphi_{кт} = (T_г - T_0)/T_0$ – отношение затраченной мощности к перенесенной тепловой мощности при T_0, Вт/Вт – определяет величину минимально необходимой затраты энергии для переноса теплоты с температурного уровня T_0 на уровень $T_г$. Понятно, что при $T_г \to T_0$ величина $\varphi_{кт}$ стремится к нулю. При температуре более 600 К коэффициент $\varphi_{кт}$ принимает значение больше единицы. Эта ситуация отражена на рис. 2.

Линия $\varepsilon_{кт}$ на рис. 2 соответствует предельным значениям коэффициента преобразования электрической мощности в теплоту на температурном уровне $T_г$. В этом случае также логично, что при $T_г \to T_0$ величина $\varepsilon_{кт} \to \infty$, а при $T_г \to \infty$ $\varepsilon_{кт} \to 1$. Эта ситуация получила полное практическое подтверждение при создании тепловых насосов и систем динамического отопления.

Мы подошли к вопросу, имеющему определенное методологическое значение. Линия $\eta_{к0}$ на

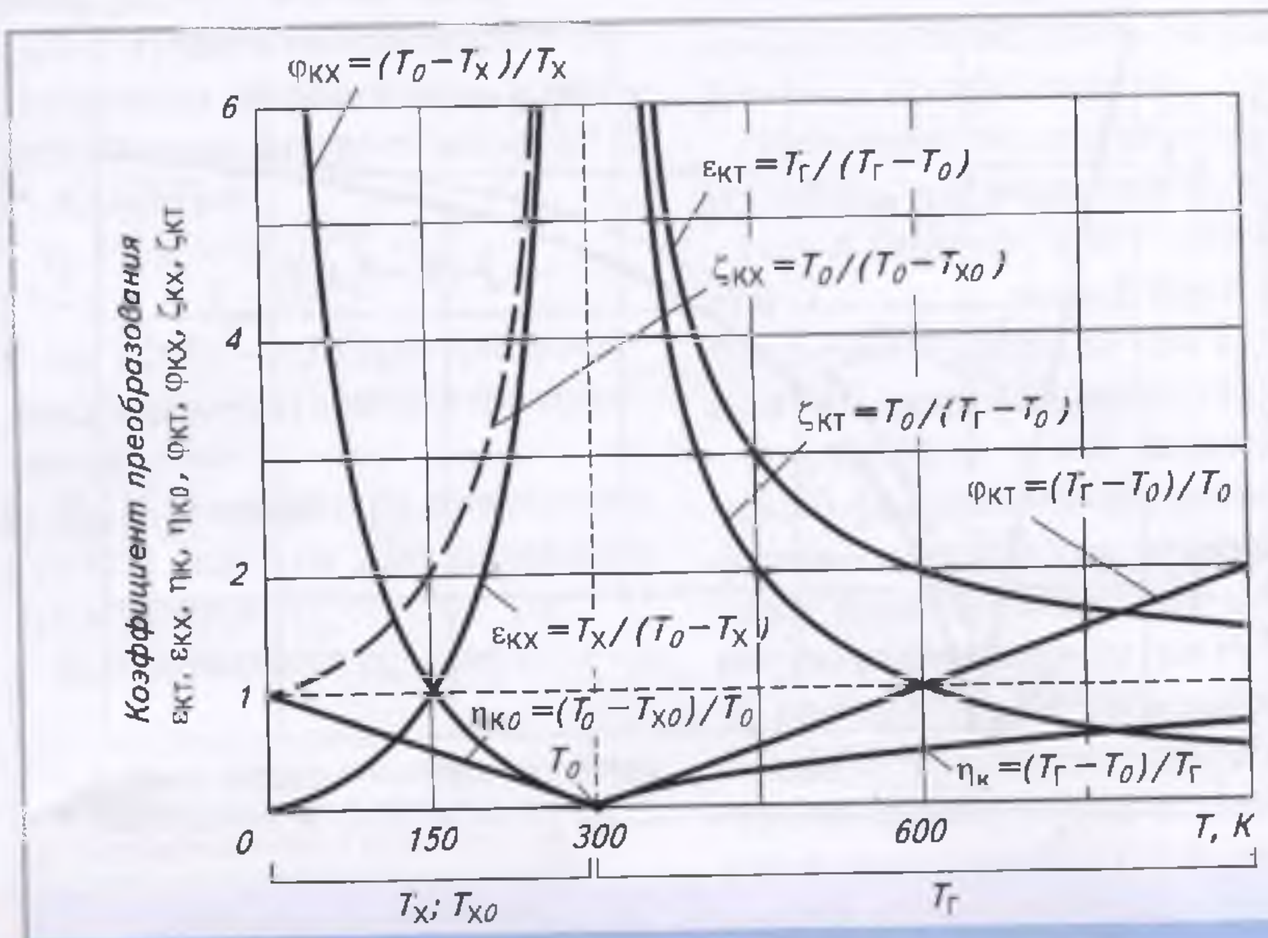


Рис. 2. Коэффициенты преобразования как функции температуры

рис. 2 — это максимальные значения коэффициента преобразования теплоты окружающей среды в работу при наличии, например, более холодного приемника теплоты с температурой T_{x0}. Поскольку рассматриваются полностью обратимые превращения, то кривая $\varphi_{кх}$ помимо своего прямого смысла формально выражает максимально возможный коэффициент обратного преобразования генерированного холода в работу (формально потому, что при наличии холодного стока с температурой T_{x0} работа будет генерироваться в результате перехода теплоты с более высокого температурного уровня, например из окружающей среды, на уровень T_{x0}). Именно поэтому кривые $\eta_{к0}$ и $\varphi_{кх}$ не совпадают. Это можно пояснить следующим образом. Предположим, располагая окружающей средой с температурой T_0, мы генерировали холод в количестве q_x на температурном уровне T_x. При этом в идеальном варианте в холодильной машине Карно необходимо затратить работу

$$l_{кх} = q_x \frac{T_0 - T_x}{T_x}$$

и передать в окружающую среду энергию q_0, равную сумме

$$q_0 = q_x + q_x \frac{T_0 - T_x}{T_x} = q_x \frac{T_0}{T_x}.$$

Если теперь представить идеальный процесс преобразования теплоты q_0 в работу, располагая стоком теплоты с температурой T_x, то полученная работа двигателя Карно будет равна

$$l_{кд} = q_0 \frac{T_0 - T_x}{T_0} = q_x \frac{T_0}{T_x} \frac{T_0 - T_x}{T_0} = q_x \frac{T_0 - T_x}{T_x}.$$

Равенство величин $l_{кх}$ и $l_{кд}$ подтверждает, что в итоге ничего не изменилось, так как все процессы были обратимыми и такое рассмотрение правомочно. Из него следует, что работоспособность (эксергия) теплоты окружающей среды $q_0(T_0 - T_x)/T_0$ численно равна величине $q_x(T_0 - T_x)/T_x$, т. е. величине минимально необходимой для генерации холода работы. Понятно, что, располагая величиной q_x, потенциально можно получить работу $l_{кд}$, т. е. может быть возвращена работа $l_{кх}$.

Что же это за величина $q_x(T_0 - T_x)/T_x$, как ее правильно называть — работоспособностью (эксергией) холода q_x или движущей силой холода q_x? Или это всего лишь величина минимально необходимой затраты энергии в идеальных процессах генерации холода q_x, которые по определению обратимы, и поэтому $l_{кх}$ может быть возвращена? Нам представляется, что в соответствии с приведенными выше суждениями возможны все три толкования этой величины.

Техническим системам безразлично, естественный или искусственный холодный резервуар принимает теплоту. Поэтому понятие работоспособности теплоты (эксергии) следует относить к теплоте, отбираемой из более высокотемпературного источника. С этой точки зрения низкотемпературная теплота (холод) обладает работоспособностью (движущей силой), когда существует еще более низкотемпературный приемник теплоты. С другой стороны, можно рассматривать тепловую машину, работающую в температурном диапазоне между нагретым за счет сжигания топлива (или иным способом) горячим источником и холодным источником, температура которого может быть как больше, так и меньше атмосферной. В последнем случае можно говорить об участии в получении работы как «движущей силы огня», так и «движущей силы холода». Поэтому движущую силу холода можно определить как работу двигателя Карно, у которого теплота подводится при средней температуре окружающей среды, а отводится при температуре холодного источника, или как дополнительную работу двигателя Карно, совершаемую им при использовании холодного источника с температурой ниже средней температуры окружающей среды.

Предельные значения коэффициентов преобразования имеют принципиальное значение, поскольку позволяют однозначно оценить степень термодинамического совершенства самых раз-

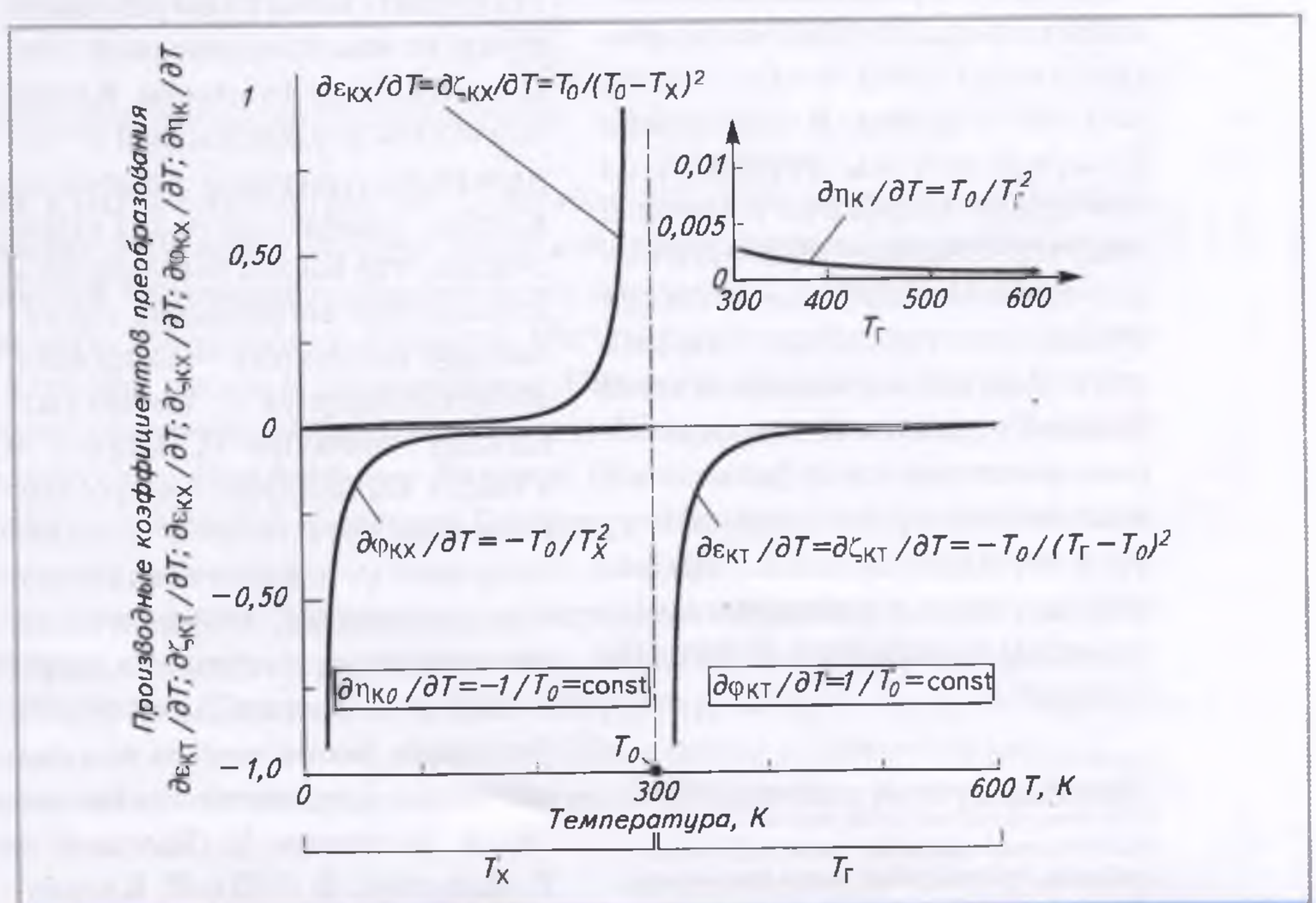


Рис. 3. Производные коэффициентов преобразования как функции температуры

личных циклически работающих технических систем, преобразующих теплоту в работу или работу в теплоту (холод). Это хорошо известно. Напомним в качестве примера, что степень термодинамического совершенства генераторов холода определяется соотношением

$$(\zeta_{терм})_x = \frac{(\varphi_{min})_x}{(\varphi_д)_x} = \frac{(\varepsilon_д)_x}{(\varepsilon_{max})_x},$$

где $(\varphi_д)_x$ и $(\varepsilon_д)_x$ – действительные значения коэффициента удельных затрат мощности φ и холодильного коэффициента ε для реальных криогенераторов. Производные величины коэффициентов преобразования по температуре показывают, в каких диапазонах температур они изменяются наиболее сильно, а где несущественно (рис. 3).

Надо сказать, что вопрос об эксергетической ценности холода в отечественной литературе был, по-видимому, впервые поставлен профессором В.С. Мартыновским*. Однако никаких графических интерпретаций им не давалось. Ряд работ в этом направлении опубликован профессором В.М. Бродянским. Несомненно, что различные методологии имеют свои особенности, чем они и ценны. В ходе наших рассуждений мы исходили из принципа Норберта Винера о том, что «никакая обработка информации не может увеличить ее объема», и стремились показать это в отношении основной идеи Карно о независимости предельных значений коэффициентов взаимного преобразования теплоты и работы от свойств рабочих тел циклов применительно ко «всем мыслимым тепловым машинам».

** Термин «эксергия» был введен в 1956 г., и по смыслу корней слов, его образующих, означал внешнюю работу или работоспособность, претендуя на более лаконичное название известного понятия «техническая работоспособность», синонимом которого этот термин и является.*

Небезынтересна история мемуара Сади Карно. Его фундаментальный труд был издан в 1824 г. и в течение многих лет оставался не замеченным современниками, несмотря на то, что именно в те годы проблема преобразования теплоты в механическую работу интенсивно разрабатывалась. Этому обстоятельству есть свои объяснения. Уже после смерти Карно его труд был оценен Б.Клапейроном (в 1834 г. он ввел цикл, состоящий из двух изотерм и двух адиабат, который принято называть циклом Карно), а спустя 24 года, в 1848 г., основополагающий характер сочинения Карно был заново раскрыт У. Томсоном (лордом Кельвином). В частности, шкала температур Кельвина, окончательно принятая как международная только в 1968 г., была построена именно на идеях Карно. Выводы Карно и его теорема, которые были сформулированы, исходя из отвергнутой им же впоследствии концепции «теплорода» как материальной, но невесомой субстанции, в настоящее время составляют незыблемую часть фундамента классической термодинамики (выводы Карно оказались независимыми от понимания природы теплоты). Кстати, профессор А.А. Гухман считал, что Карно был близок и к введению координаты термического состояния – энтропии. В своем мемуаре С. Карно различает понятия «Chaleur» и «Valeur Calorifique» (в русском переводе «теплота» и «теплотворность» соответственно). Представляется, что, если бы не его внезапная смерть от холеры в 1832 г., он неизбежно нашел бы этому более глубокие обоснования. Его работу продолжили и развили У. Томсон и Р. Клаузиус. В 1850 г. Р. Клаузиус окончательно разрушил концепцию «теплорода», ввел понятие энтропии и обосновал современную запись для коэффициента максимально возможного преобразования теплоты в работу по Карно.

В 2004 г. исполняется 260 лет со времени представления М.В. Ломоносовым в Академию наук диссертации «Размышления о причине тепла и холода», в которой сформулирована исходная концепция корпускулярной, а впоследствии механической, теории теплоты: «Достаточное основание теплоты заключается в движении. А так как движение не может происходить без материи, то необходимо, чтобы достаточное основание теплоты заключалось в движении какой-то материи». (Избранные труды по химии и физике. – М.: АН СССР, 1961.)

М.В. Ломоносов предвидел существование абсолютного нуля (нуля термодинамической температуры). Он писал: «Следовательно, по необходимости должна существовать наибольшая и последняя степень холода, которая должна состоять в полном прекращении вращательного движения частиц». И далее: «Хотя высшая степень холода возможна, однако нет недостатка в данных, говорящих о том, что таковая на земноводном шаре нигде не существует».

Характерно, что М.В. Ломоносов различал теплоту и холод только по значению температуры: «Первая и нижняя температурная область начинается от самого низкого градуса теплоты, или – что то же самое – от наибольшего градуса стужи, который пока еще никем не отмечен и не показан. Она оканчивается при температуре начинающегося замерзания воды...».

Любопытен интерес М.В. Ломоносова к задачам получения низких температур. Он писал: «Смешением поваренной соли со снегом или толченым льдом фи-

зики получают материю, называемую по производимому ею действию холодильной, так как вода, поставленная в нее в каком-либо сосуде, превращается в лед». Он дал объяснения этим процессам и предложил новые варианты: «Селитра, в (теплой же) воде разведенная, дает столь сильную стужу, что она (в пристойном сосуде) среди лета замерзает».

Работа С. Карно появилась на 80 лет позднее труда М.Ломоносова! Многие исследователи полагали, что Карно был достаточно знаком с идеями о механической природе теплоты, которые развивались и в Европе (Дэви, Томпсон – лорд Румфорд, Юнг, Ампер и др.), однако он не воспользовался ими в своем мемуаре. Он сформулировал свою исходную позицию следующим образом: «Чтобы рассмотреть принцип получения движения из тепла во всей его полноте, надо его изучить независимо от какого-либо механизма, какого-либо определенного агента; надо провести рассуждения, приложимые не только к паровым машинам, но и ко всем мыслимым тепловым машинам, каково бы ни было вещество, пущенное в дело, и каким бы образом на него не производилось воздействие». Из его последующих рукописей становится ясным, что он полностью отошел от концепции теплорода: «Тепло – это не что иное, как движущая сила, или, вернее, движение, изменившее свой вид... Это движение частиц тел ...» (Публикация 1878 г.). Тем не менее никаких изменений в текст своего мемуара он не внес.

Два гения России и Франции – Михаил Ломоносов и Сади Карно – проложили пути к пониманию как природы теплоты (холода), так и возможностей ее преобразования. Благодарные потомки отдают им дань глубокого уважения и признания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ломоносов М.В.* Избранные труды по физике и химии. – М.: АН СССР, 1961.
2. *Carnot S.* Reflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres a developper cette puissance. A PARIS, CHEZ BACHELIER LIBRAIRE 1824. Перевод на русский язык есть в сборнике «Второе начало термодинамики». – М.– Л.: ГТТИ, 1934.
3. *Мартыновский В.С.* Анализ действительных термодинамических циклов. – М.: Энергия, 1972.
4. *Бродянский В.М.* Перспективы использования низких температур окружающей среды в теплоэнергетике и холодильной технике// Холодильная техника. 2003.№ 8.
5. *Архаров А.М.* Возможности и проблемы криологии// Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2002. № 7.
6. *Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е.* Техническая термодинамика. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
7. *Гухман А.А.* Об основаниях термодинамики. АН Казахской ССР, 1947.
8. *Марио Льоцци.* История физики. – М.: Мир, 1970.

Поздравляем с наградой!

*Указом **ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ** от 13 декабря 2003 года присуждена **Государственная премия Российской Федерации 2002 года** в области науки и техники и присвоено **звание лауреата Государственной премии Российской Федерации** в области науки и техники **Архарову Алексею Михайловичу**, доктору технических нвук, заведующему кафедрой Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана, руководителю работы, **Матвееву Валерию Александровичу**, доктору технических наук, руководителю научно-учебного комплекса, **Митрохину Владимиру Николаевичу**, доктору технических наук, профессору, **Рождествину Валерию Николаевичу**, доктору технических наук, руководителю научно-учебного комплекса, **Соленову Владимиру Ильичу**, доктору технических наук, профессору, – работникам того же университета; **Буториной Антонине Валентиновне**, доктору медицинских нвук, главному научному сотруднику Российского государственного медицинского университета; **Никитину Альберту Николаевичу**, доктору технических наук, бывшему генеральному директору ассоциации «Космонавтика – человечеству»; **Цыганову Дмитрию Игоревичу**, доктору технических наук, заместителю директора открытого акционерного общества «Московский комитет по науке и технологиям», – **за создание медицинской криогенно-сверхвысокочастотной аппаратуры и разработку технологии ее применения в области детской хирургии.***

Горячо поздравляем лауреатов с присуждением Государственной премии и желаем дальнейших успехов в научной деятельности!

Холод на службе человечества – вклад Международного института холода

ФРАНСУА БИЙЯР
Международный институт холода, Париж.

Serving the needs of mankind is a continuous role of the IIR since its outset. The presentation details in a first chapter the history of the IIR and its major contributions in the context of health and well being of society. It then gives an overview of the most significant activities of the IIR today and finally highlights major achievements for the refrigeration sector and the challenges for the future.

ВВЕДЕНИЕ

Тысячи лет человечество было вынуждено бороться с холодом, который расценивался им как враг. В XIX в. с изобретением искусственного охлаждения холод превратился в друга. Новая эра холода началась с подписания Венской конвенции и Монреальского протокола по озоноразрушающим веществам в 1980 г. и принятия Рамочной конвенции по изменению климата Земли и Киотского протокола в 1990 г. В результате сегодня искусственное охлаждение рассматривается, с одной стороны, как необходимая составляющая повышения благосостояния человечества, а с другой – как источник загрязнения окружающей среды из-за отрицательного влияния экологически опасных хладагентов на озоновый слой и их вклад в глобальное потепление планеты.

1. ИСТОРИЯ МЕЖДУНАРОДНОГО ИНСТИТУТА ХОЛОДА И ЕГО РОЛЬ В ОБСЛУЖИВАНИИ ПОТРЕБНОСТЕЙ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Трудно разграничить историю развития искусственного охлаждения и историю МИХ, так как МИХ всегда был центром всех основных разработок и новых методов использования холода в течение 95 лет. Деятельность института разделяется на 4-годичные периоды проведения конгрессов (за исключением времени двух мировых войн). Сама тематика некоторых конгрессов отражает ту роль, которую МИХ отводит себе в обслуживании потребностей человечества:

- Венеция (1979 г.): холод и сохранение мировых ресурсов;
- Париж (1983 г.): холод на службе человечества;
- Вена (1987 г.): развитие холодильного сектора как развитие общества;
- Гаага (1995 г.): за лучшее качество жизни;
- Вашингтон (2003 г.): обслуживание потребностей человечества.

В Уставе и Стратегическом плане МИХ также подчеркивается эта роль: Статья 1 Международного соглашения по МИХ гласит, что «Договаривающиеся Стороны приняли решение тесно сотрудничать в изучении научно-технических проблем, имеющих отношение к холоду и его применению, которые улучшают жизненные условия человечества»; в Стратегическом плане, принятом в 1999 г., говорится, что «в основе деятельности МИХ лежит принцип улучшения качества жизни и окружающей среды, в которой мы живем».

1.1. Рождение Международной холодильной ассоциации (МХА)

МХА была создана спустя несколько лет после открытия основных принципов физики и термодинамики, ставших основой процессов искусственного охлаждения. Вильям Куллен экспериментальным путем получил искусственный лед в начале 1755 г. Затем в середине XIX в. были сделаны ключевые открытия: в 1834 г. Якоб Перкинс (1766–1849), американец, работавший в Лондоне, создал первую парокомпрессионную машину; в 1844 г. Джон Гори (1803–1855), американский врач, разработал первую холодильную машину на воздушном цикле, а в 1859 г. француз Фердинанд Каррэ (1824–1900) – первую абсорбционную машину.

Среди областей применения холода одной из наиболее впечатляющих было его использование при морских перевозках охлажденного и замороженного мяса между континентами. Успешные результаты были получены Шарлем Теллье в 1876 г. на пароходе «Лё Фригорифик». Мясо сохранялось свежим в течение 3 месяцев при перевозке из Руана в Буэнос-Айрес благодаря использованию парокомпрессионной машины на метиловом эфире [16]. Однако толчок к широкому применению холода был дан гораздо позднее, за несколько лет до начала XX в., австралийцем Джеймсом Харрисоном и немцем Карлом фон Линде.

Необходимость контактов между лицами, заинтересованными в новой промышленности, начала ощущаться в последнем десятилетии XIX в. Первой национальной холодильной ассоциацией стала Британская ассоциация по холодильному хранению и льду, основанная в декабре 1899 г., за ней последовало создание Американского общества инженеров-холодильщиков в 1904 г.

Значительный интерес к холоду был продемонстрирован в период 1908–1912 гг. В 1908 г. были организованы Сербский комитет по холоду, Голландская и Французская холодильные ассоциации, в 1909 г. появились Немецкая и Австрийская холодильные ассоциации и Российский комитет по холоду, затем последовало создание в 1910, 1911 и 1912 гг. ассоциаций и комитетов Бельгии, Венгрии, Швейцарии, Италии, Дании, Швеции, Аргентины и Уругвая.

Создание МИХ связано с I Международным конгрессом по холоду, который состоялся в сентябре 1908 г. в Сорбонне в Париже. На нем было представлено и опубликовано 200 докладов, 3000 делегатов приняли участие в этом большом мероприятии [16]. На церемонии открытия конгресса Камерлинг Оннес, «самый холодный человек в мире», предложил основать международную организацию с целью, как он объявил: «объединить все умы, интересующиеся низкими температурами». 25 января 1909 г. учредительная Генеральная ассамблея, на которой присутствовали представители 35 стран, единогласно утвердила Положение о Международной холодильной ассоциации (МХА).

Р. Тевено [15] рассказывает, что «Международная холодильная ассоциация была пионером в этой области. Дух, направлявший ее на выполнение задач, в основном был духом пропаганды. Она прилагала усилия, чтобы заинтересовать отдельные личности и профессии в применении новой техники, которая была встречена даже не с безразличием, а с открытой враждебностью. В связи с возросшей важностью сохранения пищевых продуктов накануне Первой мировой войны роль Международной холодильной ассоциации, которая в основном заключалась в обмене идеями по дальнейшему развитию холодильной науки и технологии, больше не ставилась под сомнение».

Два конгресса, состоявшиеся перед Первой мировой войной в Вене (1910 г.) и в Чикаго (1913 г.), способствовали дальнейшему росту роли МХА.

1.2. Период между двумя мировыми войнами

Сразу же после Первой мировой войны Генеральная ассамблея МХА приняла решение преобразовать Ассоциацию в межправительственную организацию под названием Международный институт холода (Institut International du Froid/International Institute of Refrigeration). 21 июня 1920 г. 43 страны мира подписали соответствующее международное соглашение. Научно-техническая деятельность института осуществлялась в рамках 16 комиссий. А в 1937 г. для координации действий комиссий был создан Технический совет. В период между войнами было проведено четыре конгресса: в Лондоне (1924 г.), Риме (1928 г.), Буэнос-Айресе (1932 г.) и Гааге (1936 г.).

Этот период был отмечен ключевыми техническими новшествами, которые оказали значительное влияние на жизненный уклад людей. Среди них были появление домашнего механического холодильника (кельвинатор) в 1918 г., значительное развитие кондиционирования воздуха (первый опыт его применения относится к 1902 г. – это Нью-Йоркская биржа с кондиционированием воздуха). Должны быть названы три других изобретения, хотя свое развитие они получили только после Второй мировой войны: винтовой компрессор (изобретен в 1934 г. А. Лишолмом, Швеция), контролируемая газовая среда для хранения фруктов (Ф. Кидд и К. Уэст, Великобритания – работа над «хранением в газовой среде» началась в 1918 г.), а также быстрое замораживание.

1.3. Период после Второй мировой войны до 1970-х годов

История МИХ после Второй мировой войны известна лучше. В 1951 г. МИХ был реорганизован. Его Устав был пересмотрен, и страны были приглашены подписать и ратифицировать новый договор. До 70-х годов деятельность МИХ была особенно плодотворной, а сферой его влияния в основном были промышленно развитые страны.

Этот период был отмечен рядом ключевых достижений. Коммерческие межконтинентальные перевозки природного сжиженного газа на судне «Метан Пионер» начались в 1959 г. (емкость 5000 м^3).

В 1961 г. жидкий водород был использован в качестве ракетного топлива (совместно с жидким кислородом) на американской ракете «Атлант Кентавр».

Воздушная холодильная машина была использована для охлаждения самолета компанией «Локхид» в 1944 г.

Первая абсорбционная бромисто-литиевая холодильная машина была разработана в 1945 г.

Винтовые компрессоры впервые были применены в холодильной технике в 1958 г.

Этот период был также отмечен началом развития криобиологии благодаря открытию защитной роли глицерина с низкой температурой в сохранении половых клеток, органов и чуть позже – эмбрионов.

Первое применение искусственного охлаждения в медицине – сублимационная сушка плазмы – относится к 1940 г. Затем появились гипотермия, были созданы банки тканей и органов, стало возможным хранение органов в низкотемпературных условиях перед трансплантацией, начала развиваться криохирургия (первый криозонд был изобретен Бритоном Купером в 1960 г.).

В области пищевых технологий: первые готовые замороженные блюда были предложены компанией «Максон» для авиалиний в 1945 г. Несколько лет спустя, в 1954 г., транслируемые по телевидению обеды, на которых предлагались готовые замороженные продукты, произвели ажиотаж в США. Новая технология быстрого замораживания методом флюидизации была создана в 1959 г. в Швеции (П.О. Персон, бывший

президент секции D МИХ). В течение этого периода экстенсивно развивались холодильные цепи распределения скоропортящихся пищевых продуктов.

Домашние холодильники вошли в каждый дом в Европе и Японии, много лет спустя и в США. Значительные достижения в холодильном авто- и железнодорожном транспорте в 60-х годах привели к созданию в 1970 г. международных норм АТП.

1.4. Период с 70-х годов

В 70-х годах завершилось создание холодильных цепей в промышленно развитых странах. Отдельные лица и правительства заявили, что в области охлаждения больше нечего открывать. В действительности же после 70-х годов появилось много новых разработок: невероятное количество исследовательских работ было выполнено в области биологии охлажденной продукции; быстро развивалось хранение в модифицированной газовой среде на плодоовощных базах; изучались новые технологии охлаждения мяса – электростимуляция мясных туш, охлаждение орошением и т.д.; общий объем промышленных холодильников и различных холодильных емкостей вырос примерно до 300 млн м^3 [13]; штабелевание пищевых продуктов стало всеобщим; кондиционирование воздуха вошло практически в каждый дом в США и Японии и начало применяться в Европе (в основном в общественных зданиях, офисах и больницах).

Первый энергетический кризис 1973 г. положил начало исследованиям и разработкам в области сокращения энергопотребления. Американский домашний холодильник производства 1997 г. потреблял уже на 48% меньше энергии, чем его предшественник в 1980 г. [6].

Тепловые насосы и перспективы использования солнечной энергии послужили толчком для образования Научным советом в 1971 г. комиссии Е2.

Исследования в области очень низких температур были стимулированы значительным интересом к сверхпроводимости. Открытия сверхтекучего гелия и высокотемпературных сверхпроводников (Нобелевская премия 1996 и 1987 гг. соответственно) являются выдающимися примерами активной деятельности в области низкотемпературной физики. В ЦЕРНе проект «Large Hadron Collider» дал доступ к высоким энергиям, необходимым для подтверждения фундаментальных теорий элементарных частиц; магнитно-ядерный резонанс в наши дни является распространенным применением этой технологии, которая внесла значительный вклад в диагностирование рака на ранних стадиях.

Со времени вступления в силу Монреальского протокола произошли не столь большие изменения, как в прошлом, но они носят революционный характер. Вот несколько примеров таких коренных изменений: появление новых хладагентов, в частности гидрофторуглеродов (HFC); разработка новых смазочных материалов, таких, как POE и PAG; широкое использование бинарных и тройных азеотропных и зеотропных смесей; применение углеводородов в качестве хладагентов и вспенивателей изоляционных материалов в бытовых холодильниках; возрастающий интерес к использованию CO_2, в частности, в автомобильных кондиционерах; разработка микроканальных теплообменников, трубных теплообменников с некруглыми трубами и огромная эволюция в области формы и компоновки внутренних ребер.

1.5. Показатели деятельности МИХ

В качестве показателей, характеризующих деятельность МИХ на протяжении всего времени его существования, можно назвать следующие:

• Начиная с 1908 г. было опубликовано 538 Бюллетеней МИХ. В них содержится 189 550 аннотаций, что составляет в среднем 352 аннотации в одном Бюллетене. В настоящее время в одном номере публикуется примерно 550 аннотаций.

• Электронный банк данных МИХ появился в 1986 г. Когда копирование дискет встало на коммерческую основу, в 1991 г. он получил название «Фридок».

• С 1908 г. МИХ создал коллекцию книг из 6926 экземпляров по всем областям производства и применения холода; в нашей библиотеке можно получить консультацию.

• Список из 2000 книг [5], внесенных в электронный банк данных с 1993 г., был опубликован в Бюллетене № 3 за 2001 г. вместе со списком 1450 их авторов.

• Начиная с 1952 г. МИХ провел 172 конференции с публикацией их трудов. Конференции организуются между конгрессами. За последние три периода между конгрессами было проведено соответственно 13 конференций (1992–1994 гг.), 20 конференций (1996–1998 гг.) и 18 конференций (2000–2002 гг.).

• За период 1999–2003 гг. МИХ опубликовал в целом 1349 докладов: 441 доклад на конгрессе в Сиднее и 908 докладов на 18 конференциях (что составило в среднем 50 докладов на одну конференцию).

• Международный журнал по холоду начал выходить в 1978 г. За период с 1999 по 2002 г. в нем было опубликовано 289 научно-технических статей. Максимум – 111 статей – был достигнут в 2002 г.

1.6. Штат МИХ и добровольные сотрудники

Небольшая команда из 14 человек выполняет каждодневную работу МИХ. Бюджет МИХ, составляющий около 1 млн долл. США в год, относительно невелик. Но ключевая роль в работе МИХ принадлежит добровольцам, что весьма примечательно и, вероятно, уникально для подобных организаций. Члены Исполнительного комитета, Административного комитета и Науч-

ного совета – это люди, выполняющие свои обязанности исключительно на добровольной основе без оплаты затраченного труда и времени, поездок или проживания в гостинице. Вся добровольная работа базируется на высоком уровне специальных знаний (многие члены МИХ являются учеными высокого уровня), на доброжелательности и атмосфере взаимного уважения и дружбы. Это одна из сильных сторон МИХ.

Среди ученых, которые заслуживают особой благодарности за свою прошлую или настоящую активную деятельность в МИХ, можно назвать такие известные имена, как Камерлинг Оннес, Рудольф Планк, Йоганн Куприянофф, Густав Лоренцен, Лино Маттароло, Карл Д. Тиммерхаус, Фриц Штаймле, Эрик Гранрид, Альберто Кавалини и Хенк ван дер Ри. Я хотел бы упомянуть и бывших директоров МИХ: Роже Тевено, Мишеля Анкэ, Андре Гака и Луи Люка́. Хочется также горячо поблагодарить 57 действующих почетных членов МИХ.

Как было упомянуто во введении, соглашения по охране окружающей среды полностью изменили холодильную технику, вызвав рост интереса к новым холодильным агентам, новым технологиям и способствуя осознанию важности объединения специалистов для обмена идеями новых разработок. Эти соглашения или протоколы возвестили о наступлении новой эры в МИХ.

2. ОСНОВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МИХ В НАШИ ДНИ

Текущая деятельность МИХ в наши дни основана на Стратегическом плане, который был утвержден на Генеральной конференции в Сиднее в сентябре 1999 г. Двести пятьдесят делегатов из 30 стран мира приняли участие в его обсуждении. Работы по осуществлению Стратегического плана велись весь период с 1999 по 2003 г. И сейчас уже ясно видны первые результаты. Среди ключевых достижений отметим следующие.

2.1 Легкодоступный банк данных

Банк данных МИХ содержит 70 000 аннотаций, охватывающих период с 1982 г. Для удовлетворения нужд рынка с 2001 г. отправлять запросы и получать ответы можно через Интернет. Этим быстрым и легким способом получения информации могут пользоваться подписчики банка данных «Фридок», а также индивидуальные и корпоративные члены МИХ, имеющие бесплатный доступ к банку. Эта новая услуга была задействована для обеспечения информацией членов МИХ.

2.2. Образовательные курсы

В соответствии со Стратегическим планом МИХ разработал ряд базовых образовательных программ и методических материалов к ним и организует курсы по следующим направлениям:

- практические занятия по холодильной технике и технологии (проведены в Бурунди, Чаде, на Коморских островах, Береге Слоновой Кости, в Габоне, Гвинее, Мали, планируется их проведение в Иране);
- курсы по проблемам холодильной промышленности и окружающей среды (проведены в Алжире и во Франции);
- курсы по холодильному хранению рыбы (проведены в Алжире и планируются в Камеруне);
- курсы по холодильному хранению плодов и овощей (проведены в Алжире и планируются в Марокко);
- образовательный курс по получению и использованию холода (находится в процессе подготовки).

Эти курсы и методические материалы в основном предназначены для развивающихся стран. Они способствуют как охране окружающей среды, так и обеспечению потребителей безопасными и качественными пищевыми продуктами, т. е. двум ключевым целям человечества.

2.3. Информационные материалы и политические заявления

Информационные материалы и политические заявления были признаны важными инструментами для правительств, которые основывают свою политику на научно обоснованных документах, подготовленных независимой организацией – МИХ.

МИХ были подготовлены официальное заявление [4] для 6-й конференции стран, подписавших Рамочную конвенцию в Гааге, Нидерланды, в 2000 г. (COP-6) по изменению климата Земли, и другое заявление для Встречи на высшем уровне по устойчивому развитию в 2002 г. под названием: «Обязательства холодильного сектора по отношению к устойчивому развитию и смягчению влияния изменения климата Земли» [7]; было опубликовано и распространено 35 000 экз.

МИХ готовит новое официальное заявление для COP-9 в Милане, Италия (1–12 декабря 2003 г.). МИХ также подготовил важное официальное заявление о роли холода в обеспечении безопасности пищевых продуктов для Всемирного форума по регулированию пищевой безопасности в Марракеше, проводимого Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН (ФАО) совместно со Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) [8].

2.4. «Новости МИХ»

В соответствии с пожеланиями участников выполнения Стратегического плана с ноября 2000 г. МИХ начал выпуск (2 раза в месяц) «Новостей МИХ» – «Newsletter of the IIR». Издание помогает шире проинформировать общественность о деятельности МИХ и услугах, которые он может оказать.

2.5. Международный журнал по холоду (International Journal of Refrigeration)

МИХ гордится своим научным журналом, который позволяет научной общественности быть в

курсе современных достижений и последних результатов исследований в основных областях деятельности МИХ. Число авторов журнала растет. Число его страниц увеличилось с 650 в 2000 г. до 1180 в 2002 г. Это сказалось на росте индекса цитирования с 0,418 в 2000 г. до 0,895 в 2001 г. Международный журнал по холоду по популярности занимает сейчас 19-е место среди 102 технических журналов (41-е в прошлом году) и 12-е среди 36 журналов в области термодинамики (18-е в прошлом году).

2.6. Переиздание Международного словаря по холодильной науке и технике

МИХ занимается переизданием этого словаря. Число терминов в нем увеличится с 3250 до 4185. К 7 языкам словаря добавятся арабский, китайский, японский. Новое издание облегчит обмен знаниями между странами.

2.7. Новый сайт МИХ в Интернете

В марте 2001 г. МИХ открыл новый сайт в Интернете. Ежемесячно его посещают 6000 пользователей. Два комитета постоянно обновляют сайт и готовят новые страницы. В результате создано несколько тематических файлов по нормам, стандартизации и новым технологиям.

2.8. Научный совет

Роль Научного совета из операционной превратилась в управляющую со сосредоточением на разработке и модернизации четырехгодичных планов. Эти планы служат полезным ориентиром для руководителей комиссий и их членов, частных и корпоративных членов МИХ, а также стран–членов МИХ. Были созданы новые рабочие группы по разработке важных тем (ледяная шуга, кондиционирование воздуха на автотранспорте, шкафы-витрины, кодирование быстрозамороженных продуктов и т.д.).

2.9. Стратегические связи

МИХ вступил в партнерские отношения с несколькими организациями. Соглашения о сотрудничестве были разработаны, а затем подписаны с Международным энергетическим агентством по программе тепловых насосов (IEA/Heat Pump Program) – в Оксфорде в ноябре 2000 г., с Американским обществом инженеров по отоплению, холодильной технике и кондиционированию воздуха (ASHRAE) – в Париже в июне 2002 г., с Немецкой ассоциацией по кондиционированию воздуха (DKV) – в Нюрнберге в октябре 2002 г., с Федерацией европейских ассоциаций по отоплению и кондиционированию (REHVA) – во Франкфурте, в марте 2003 г., с Трасфригорут Интернэшнл (Transfrigoroute International) – в 2003 г.

3. ДОСТИЖЕНИЯ В ХОЛОДИЛЬНОМ СЕКТОРЕ И НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В БУДУЩЕМ

С помощью международных экспертов МИХ оценивает современные достижения и будущее холодильного сектора. В этой связи было опубликовано заявление «Холодильная промышленность как партнер в концепции устойчивого развития» для Встречи на высшем уровне по устойчивому развитию в Йоханнесбурге. Холодильная промышленность является важной отраслью индустрии и может быть охарактеризована следующими цифрами [6]:

- 2 млрд людей во всем мире заняты в холодильной промышленности;
- ежегодная продажа холодильного оборудования, оборудования для кондиционирования воздуха и тепловых насосов оценивается примерно в 200 млрд долл. США;
- ежегодно продается охлажденных пищевых продуктов на 1200 млрд долл. США. Конечно, само охлаждение пищевых продуктов составляет только часть этой суммы, тем не менее нужно отметить, что без охлаждения многие из этих продуктов просто не существовали бы (замороженные продукты, мороженое и т. д.) либо не смогли бы дойти до потребителя неиспорченными (охлажденные продукты);
- кондиционирование воздуха способствует социальному и экономическому развитию в районах с жарким и влажным климатом;
- многие другие отрасли используют холодильные технологии: химическая и пищевая промышленность, отопление (тепловые насосы), здравоохранение (криотерапия, криохирургия, сохранение вакцин и т. д.), сохранение биоразнообразия (криобиология), энергетика (природные сжиженные газы, сверхпроводимость и т. д.).

Достижения в холодильном секторе за последние 10–15 лет впечатляют.

Например, сотрудничество промышленно развитых и развивающихся стран в рамках Монреальского протокола дало возможность холодильной промышленности полностью исключить применение хлорфторуглеродов (ХФУ) и ограничить использование гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ), которые разрушают озоновый слой. В 2000 г., согласно данным Организации по охране окружающей среды при ООН (UNEP), производство ХФУ снизилось на 8% по сравнению с его наивысшим уровнем, пришедшимся на 1988 г.

В настоящее время Монреальский протокол рассматривается как модель международного регулирования. Холодильный сектор таким образом способствовал, с одной стороны, выравниванию и снижению концентрации хлора в стратосфере, начиная с 2000 г., а с другой стороны, – ограничению глобального потепления. Следует отметить, что в 2000 г. радиационное излучение (увеличивающее парниковый эффект от 1750 до 2000) от ХФУ и ГХФУ составляло 14 % от общего радиационного излучения произведенных человеком парниковых газов [9].

Основные направления дея-

тельности института в будущем таковы:

• обращение к проблемам глобального потепления;

• сокращение потребления энергии для нужд холодильной цепи;

• преодоление разрыва между промышленно развитыми и развивающимися странами.

3.1 Обращение к проблемам глобального потепления

Вступит Киотский протокол в силу или нет, МИХ будет развивать свою деятельность в области изменения климата так, чтобы способствовать сокращению эмиссии парниковых газов. Подобная направленность деятельности основана на концепции анализа жизненного цикла фреонов и анализа воздействия парниковых газов на окружающую среду за весь жизненный цикл (LCCP). В результате можно ожидать сокращения эмиссии двумя путями:

• сокращение прямого выброса гидрофторуглеродов (ГФУ) благодаря росту осведомленности и образования участников, стандартизации и сертификации компонентов и введению в строй новых установок, подготовке квалифицированных кадров, использованию малофреоноемких технологий и нефреоновых хладагентов там, где они рекомендованы, а также мониторингу и учету холодильных агентов, извлекаемых из установок и заправляемых в них;

• уменьшение выброса CO_2 путем сокращения энергопотребления благодаря квалифицированной подготовке персонала, правильному проектированию оборудования, сертификации компонентов, постоянному поддержанию оборудования в хорошем рабочем состоянии, а также мониторингу удельного потребления энергии холодильным оборудованием.

Выбор хладагента включает две возможности:

• продолжать использовать гидрофторуглероды, которые являются парниковыми газами, но безопасны в эксплуатации и в основном дают возможность получить достаточную энергоэффективность;

• применять альтернативные хладагенты без прямого вклада в парниковый эффект (аммиак, углеводороды, CO_2, воздух и вода), некоторые из которых небезопасны в эксплуатации, а для других еще следует определить энергоэффективность.

К выбору между ГФУ и другими хладагентами надо подходить с точки зрения их использования. Для каждой области применения следует выбирать решение, которое меньше вредит окружающей среде, принимая во внимание надежность, безопасность, эффективность и стоимость. МИХ рекомендует использовать в качестве инструмента оценки LCCP, который учитывает общий – прямой и непрямой – вклад в глобальное потепление (выраженный в эквиваленте CO_2) за полный жизненный цикл холодильной системы, начиная с производства, эксплуатации и до утилизации отработавшего оборудования.

3.2. Сокращение потребления энергии для холодильной цепи

Одной из основных тем для обсуждения в пищевом секторе является сокращение соотношения между энергией, требуемой для производства, сохранения и распределения пищевых продуктов, и энергетической ценностью пищевых продуктов. Если рассматривать полную холодильную цепь как совокупность выращивания, уборки урожая, хранения, обработки, упаковки, сохранения, распределения и переработки сельхозпродукции, то это соотношение составляет примерно 10 кДж/кДж [14]. Значение энергетической ценности пищи, которую мы потребляем, примерно 12 500 кДж/день/человек. Таким образом, мы затрачиваем 125 000 кДж/день/человек энергии на пути от производства до потребления пищевых продуктов (35 кВт·ч/день)

Следующие примеры иллюстрируют многообразие направлений решения проблемы:

• в экспериментальных условиях холодильный шкаф с витриной, оборудованный стеклянными дверями , потребляет на 68 % меньше энергии, чем открытая витрина [2];

• в среднем пищевой продукт перевозится на расстояние 2100 км , перед тем как окажется на тарелке потребителя [14];

• воздушный транспорт потребляет в 49 раз больше горючего, чем морской транспорт на единицу массы;

• пищевая цепь потребляет 15–20 % мировой энергии [12];

• на производство говядины энергетической ценностью 1 кал требуется затратить в 11 раз больше энергии [1].

3.3 Преодоление разрыва между развитыми и развивающимися странами

Другим главным моментом в деятельности МИХ будет преодоление разрыва между промышленно развитыми и развивающимися странами. В развивающихся странах направления деятельности для достижения этой цели будут следующими:

➢ *Образование и обучение*: образование – это краеугольный камень развития холодильного сектора во всех отношениях, включая конструирование, установку, работу и обслуживание холодильного оборудования. Основываясь на исследованиях, проведенных Гаком в 1987 г. [3], нехватка образованного персонала может быть оценена сегодня приблизительно в 65 000 человек [6].

➢ *Сокращение потерь после уборки урожая*: скоропортящиеся продукты составляют 31 % общего объема пищевых продуктов, потребляемых в развивающихся странах [10]. Только 1/5 часть из них подвергается холодильной обработке, что выливается в высокие потери во время сбора урожая, убоя скота, рыбной ловли или сбора молока. Пищевые потери в результате отсутствия охлаждения скоропортящихся пи-

щевых продуктов в развивающихся странах были оценены в 300 млн т [11].

➢ *Развитие холодильной цепи*: обеспечение как качества пищи, так и безопасности ее потребления для 5 млрд жителей развивающихся стран благодаря созданию эффективной холодильной цепи является главной задачей холодильного сектора. Все растущие размеры крупных городов делают холодильную цепь все более востребованной.

➢ *Передача технологий*: развивающиеся страны имеют возможность перескочить через трудности, с которыми сталкивались развитые страны, и получить уже устойчивые технологии. Развивающиеся страны будут иметь преимущество, так как смогут воспользоваться техническими достижениями развитых стран для создания новых надежных, безвредных для окружающей среды, низкозатратных и высокоэффективных технологий, а жители развивающихся стран смогут получить практические навыки и образование. Развивающиеся страны должны избегать использования старых загрязняющих окружающую среду, неэффективных энергоемких технологий, даже если их начальная стоимость привлекательно низка.

➢ *Создание компетентных органов*: создание и усиление организующих структур является первостепенным для развития холодильной промышленности: в этом отношении незаменимую роль играют национальные холодильные советы, нейтральные, одобренные государством независимые, авторитетные национальные холодильные ассоциации и торговые организации.

➢ *Сбор данных*: сбор данных о существующем оборудовании и мониторинг используемых хладагентов являются первым шагом, облегчающим создание фокусированных программ и обеспечивающим деятельность в различных областях (инфраструктура, технологии, обучение). Они также дают возможность дать оценку достигнутому прогрессу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вклад МИХ в обслуживание потребностей человечества в прошлом, настоящем и будущем можно подытожить следующим перечнем тех областей, где холод приносит пользу:

- сохранение пищевых продуктов на всех этапах пищевой холодильной цепи – сокращает потери после сбора урожая и обеспечивает потребителей безопасными пищевыми продуктами;
- кондиционирование воздуха – способствует социальному и экономическому развитию в регионах с жарким и влажным климатом, делает возможным создание рабочих условий с желаемыми комфортными параметрами;
- сжижение природного газа, представляющего собой источник энергии, безопасный для окружающей среды, – обеспечивает его экономную перевозку;
- сверхпроводимость – создает интенсивные магнитные поля без потерь энергии;
- тепловые насосы – обеспечивают отопление и охлаждение, сокращая выброс CO_2 путем применения возобновляемых источников энергии (вода, воздух, тепло земли);
- криобиология – способствует сохранению биоразнообразия: делает возможным криохранение генетического материала в криобанках;
- хранение вакцин, крови, половых клеток и тканей;
- криохирургия – имеет широкий спектр применения в области здравоохранения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *FAO*, 1996, World Food Summit, Report 96/TECH/10.

2. *Faramarzi, R.T., Cobum, B.A., Sarhadian, R.*, 2002, Performance and Energy Impact of Installing Glass Doors on an Open Vertical Deli/Dairy Display Case, ASHRAE Transactions, Atlantic City, USA: p. 673–679.

3. *Gac A.*, 1987, The Campaign «Refrigeration for Development», Proceedings of the 17th International Congress of Refrigeration, IIF/IIR, Vienna, Austria: p. 90-107.

4. *IIR*, 2000, Statement of the IIR for the 6th session of the Conf. of Parties to the U.N. Framework Convention on Climate Change, The Hague, The Netherlands: 2 p.

5. *IIR*, 2001, The IIR Library's Catalogue - 1993-2000, Bulletin of the IIR. vol. 81, no. 3: p. 3-55.

6. *IIR*, 2002a, Industry as a partner to sustainable development: refrigeration, UNEP: 77 p.

7. *IIR*, 2002b, The Refrigeration Sector's Commitment to Sustainable Development and Mitigation of Climate Change, Responding to Climate Change, Entico Corporation Ltd, UK: p. 33-37.

8. *IIR*, 2002c. Food Safety and Refrigeration, Statement of the IIR for the Joint FAO/WHO Global Forum of Food Safety Regulators: 3 p.

9. *TPCC*, 2001, Climate Change 2001, Summary for Policymakers and Technical Summary of Working Group I Report. Cambridge University Press, WMO, UNEP, 98 p.

10. *Jul M.*, 1985, Refrigeration and world food requirements, Int. J. Refrig., vol. 8, no.1: p. 6-12.

11. *Kaminski W.*, 1995, Refrigeration and the world food industry, IIF/IIR, Paris: 33 p.

12. *Lorentzen G.*, 1987, Le froid dans le monde, Proceedings of the World Conference, IIR: p. 22-36.

13. *Mattarolo L.*, 1990, Refrigeration and food processing to ensure the nutrition of the growing world population. Proceedings Dresden meeting, IIF/IIR: p. 43-54.

14. *Miller G.T.*, 2001, Environmental Science, 8th Edition, Brooks/Cole.

15. *Thevenot R.*, 1968, 60 Years of International Co-operation in the Field of Refrigeration: 1908-1968, Bulletin of the IIR. vol. 48, no. 6: 89 p.

16. *Thevenot R.*, 1978, History of refrigeration throughout the world, IIF/IIR, Paris: 507 p.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ XXI ВЕКА: ЖИДКИЙ АЗОТ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЙ ХЛАДАГЕНТ

Канд. техн. наук **Н.Г. КИРИЛЛОВ**,
федеральный эксперт научно-технической сферы
ВКА им. А.Ф. Можайского, ООО «ИИЦ «Стирлинг-технологий»

A possibility of use of low-temperature Stirling machines (KGM) for development of nitrogen cooling closed systems which are the alternative to straight-flow nitrogen systems is considered. The advantages of closed systems based on KGM Stirling are their independence, long operation time, low weight and dimensions. These systems can be used for thermostatting of the objects, for elimination of losses during storage of oil products and cryogenic liquids, in construction for production of high-quality concrete.

В последнее время в связи с ужесточением экологических требований к современной холодильной технике все более актуальной становится проблема поиска и создания экологически безопасных способов получения холода. Одним из перспективных направлений в этой области являются низкотемпературные технологии на основе жидкого азота.

Замкнутые системы азотного охлаждения

В настоящее время в России созданы и эксплуатируются безмашинные проточные (расходные) системы азотного охлаждения. По сравнению с традиционной холодильной техникой они отличаются высокой надежностью в эксплуатации и скоростью замораживания, обеспечивающей практически полное сохранение качества и внешнего вида охлаждаемого продукта.

Однако проточные системы азотного охлаждения имеют ряд недостатков, препятствующих их широкому применению:

- относительно невысокая рентабельность из-за высокой стоимость жидкого азота;
- однократное использование ценного криоагента – азота с последующим выбросом его в атмосферу и т.д.

Область применения проточных систем азотного охлаждения ограничивается в основном переработкой и хранением продуктов питания.

Практика показывает, что при существующем уровне цен на жидкий азот системы азотного охлаждения расходного типа целесообразно применять, только если потенциальный потребитель расположен в непосредственной близости от производителя дешевого жидкого азота и при этом имеется достаточно транспортных средств с криогенными емкостями. По мнению многих специалистов, проточные системы азотного охлаждения могут составить конкуренцию традиционным решениям только в случае снижения цены жидкого азота в 2 раза [1].

Однако проблема значительного удешевления и быстрого внедрения технологий с применением жидкого азота на территории Российской Федерации может быть решена путем применения замкнутых систем азотного охлаждения. Такие системы, разработанные специалистами ООО «Инновационно-исследовательский центр «Стирлинг-технологий» ВКА им. А.Ф. Можайского,

Характеристики низкотемпературных машин Стирлинга, применяемых для замкнутых систем сезонного охлаждения

Модель КГМ	Тип привода	Холодопроизводительность, кВт	Мощность электродвигателя, кВт	Масса машины, кг	Фирма-изготовитель
PLA-107 (1)	Кривошипно-шатунный механизм (КШМ)	0,87	11	250	Philips
PLA-433 (4)		3,5	40	1000	
PPG-2500		25	120	5500	
SGL-1 (1)	То же	0,7	11	250	Stirling Cryogenics
SGL-4 (4)		3,0	34	1000	
Werkspoor (1)	Ромбический привод	9,2	110	1600	Werkspoor
Werkspoor (2)	То же	18,4			
Werkspoor (3)	КШМ	36	240	6000	
Модель B (4)	КШМ	3,4	34		North American Philips
Модель C (1)		11,6	87		
Модель D		46,9	352	7000	
ЗИФ-1000	КШМ	1,0	17	500	МЗ "Арсенал"
ЗИФ-2002		2,0	30	500	
КГМ-9000/80	Ромбический привод	9,6	110	1500	НПО "Гелий-маш"
КГМ-1500/80		1,5	38	840	
КГМ-15		6,0	70	3600	

включают процессы охлаждения объекта, регенерации и хранения жидкого азота. Это позволяет использовать холодильный потенциал жидкого азота при полном исключении безвозвратных потерь самого криоагента [3].

В замкнутых системах азотного охлаждения применены криогенные газовые машины (КГМ) Стирлинга (для переконденсации паров жидкого азота и исключения его безвозвратной потери). При использовании этих систем отпадает (или значительно сокращается) необходимость в постоянном приобретении и транспортировке большого количества жидкого азота, обеспечивается постоянное криогенное охлаждение при резком снижении потребления жидкого азота.

В настоящее время в России и за рубежом серийно выпускается достаточно много различных модификаций низкотемпературных высокоэффективных машин Стирлинга, работающих на температурном уровне жидкого азота, т. е. 77 К (–196 °С).

Основные технические характеристики зарубежных и отечественных низкотемпературных машин Стирлинга, которые могут быть использованы при создании замкнутых систем азотного охлаждения, представлены в таблице [2, 4, 6].

Уже создан необходимый научно-технический и патентный задел для создания замкнутых систем азотного охлаждения в кратчайшие сроки.

В отличие от применяемых до настоящего времени расходных систем с жидким азотом замкнутые системы азотного охлаждения с КГМ Стирлинга для термостатирования объектов имеют следующие преимущества:

- автономность (нет необходимости постоянной дозаправки системы жидким азотом, возможна эксплуатация без обслуживающего персонала);
- большая продолжительность работы, гарантируемая высоким ресурсом современных КГМ Стирлинга;
- малые масса и габариты (небольшой исходный объем жидкого азота при продолжительном сроке эксплуатации) и т.д.

Области применения замкнутых систем азотного охлаждения

Термостатирование объектов.

На рис. 1 представлена принципиальная схема автономной замкнутой системы азотного охлаждения для термостатирования объектов с одновременной выработкой электроэнергии (патент № 2159910).

Система работает следующим образом. Жидкий азот из емкости *1* подается погружным центробежным насосом *2* в воздухоохлаждающую панель *4*, расположенную в теплоизолированном охлаждаемом объеме *3*, охлаждает его до нужной температуры, при этом сам переходит в газообразное состояние. Затем азот расширяется, производя полезную работу, в расширительных турбинах *5* и *8* высокого и низкого давлений с промежуточным подогревом в теплообменнике *7*.

Из расширительной емкости *10* азот засасывается в конденсатор *12* криогенной холодильной машины (КХМ) Стирлинга *11*, где конденсируется, переходя в жидкую фазу, и сливается самотеком в сосуд Дьюара *14*, из которого насосом высокого давления *15* снова подается в емкость *1*. Нагре-

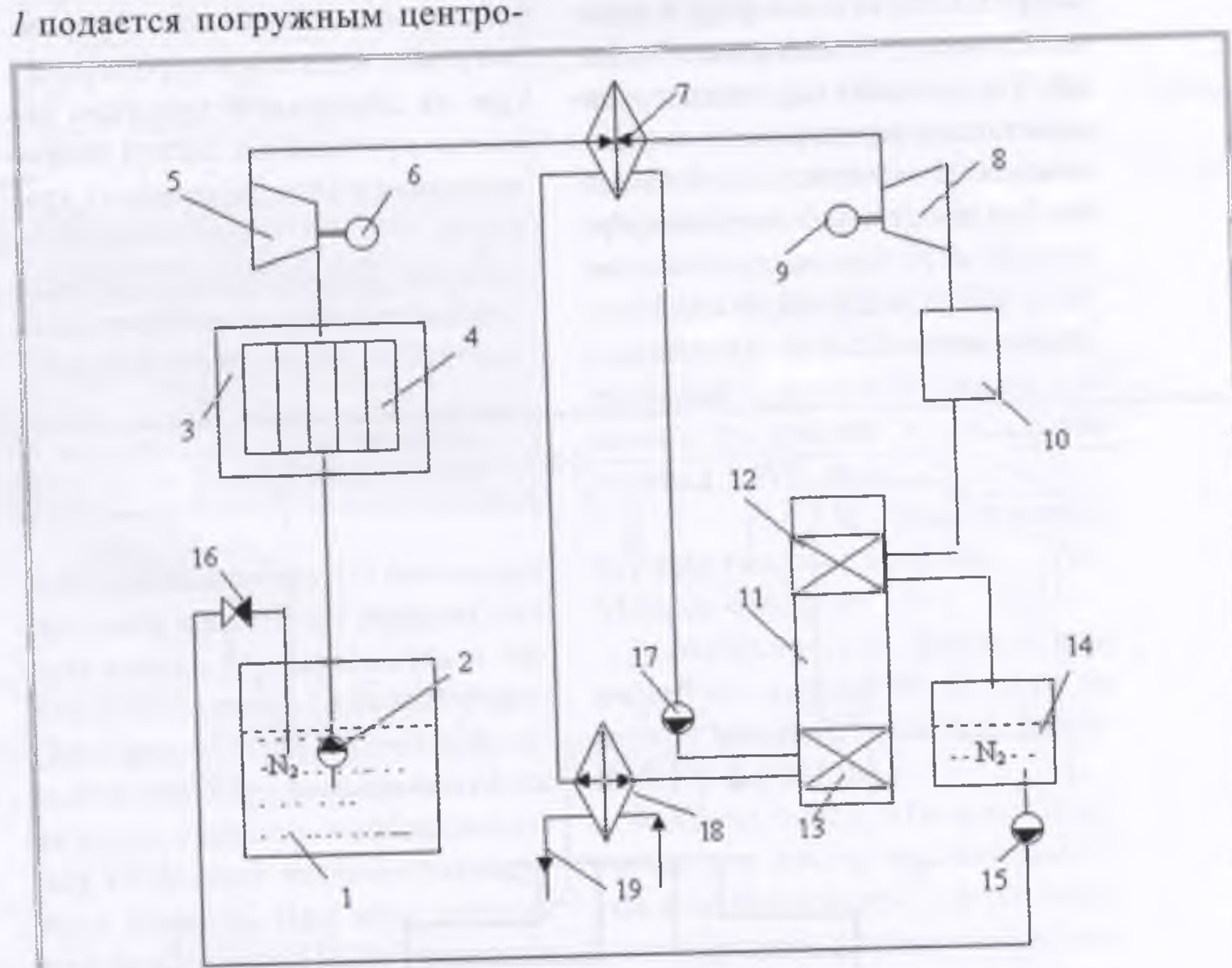


Рис. 1. Автономная замкнутая система азотного охлаждения для термостатирования объектов с одновременной выработкой электроэнергии: азотный контур: 1 – емкость с жидким азотом; 2 – погружной центробежный насос; 3 – теплоизолированный охлаждаемый объем; 4 – воздухоохлаждающая панель; 5 – расширительная турбина высокого давления; 6 – электрогенератор на одном валу с турбиной; 7 – теплообменник подогрева азота; 8 – расширительная турбина низкого давления; 9 – электрогенератор; 10 – расширительная емкость; 11 – криогенная холодильная машина Стирлинга; 12 –конденсатор КХМ; 13 – холодильник КХМ; 14 – сосуд Дьюара; 15 – насос высокого давления; 16 – обратный клапан. Контур охлаждения криогенной машины: 17 – насос; 18 – теплообменник; 19 – трубопроводы

МИКОЛАЇВСЬКА ДЕРЖАВНА
ОБЛАСНА УНІВЕРСАЛЬНА
НАУКОВА БІБЛІОТЕКА
ім. О. Гончарова

тая рабочим телом КХМ охлаждающая жидкость из холодильника *13* подается для охлаждения в теплообменник *18* (теплообмен с окружающей средой) и далее в теплообменник *7* (охлаждение азотом). Привод холодильной машины Стирлинга *11* может осуществляться от электродвигателя, специального теплового двигателя или двигателя транспортного средства.

Хранение нефтепродуктов. Одна из специфических особенностей хранения нефтепродуктов (бензина, керосина, дизельного топлива и др.) – испаряемость легких фракций углеводородов (ЛФУ), что является основной причиной технологических потерь ценного сырья, вредных выбросов в окружающую атмосферу и ухудшения качества моторного топлива. Так, за одно наполнение вертикального резервуара вместимостью 5000 м^3 теряется в среднем 4 т бензина, так как каждый кубический метр паровоздушной смеси в таком резервуаре содержит летом около 0,56 кг бензиновых паров, а зимой – до 0,35 кг. В зависимости от условий (температуры окружающей среды, объема газового пространства в резервуаре и т.д.) концентрация бензина в паровоздушной смеси может повыситься до 1,2 кг в 1 м^3.

Исключение потерь нефтепродуктов возможно при применении замкнутой системы азотного охлаждения на основе криогенной машины Стирлинга в установке для улавливания легких фракций углеводородов с барботажем ЛФУ, подробное описание работы и принципиальная схема которой даны в [5].

Хранение криогенных жидкостей. Одним из наиболее перспективных путей борьбы с потерями криогенных жидкостей (жидкого кислорода, сжиженного природного газа, жидкого водорода и т.д.) при их длительном хранении является применение систем долговременного (бездренажного) хранения.

На рис. 2 представлена принципиальная схема установки для долговременного хранения криогенных жидкостей на основе азотного экрана с использованием системы азотного охлаждения замкнутого типа (патент РФ № 2150057).

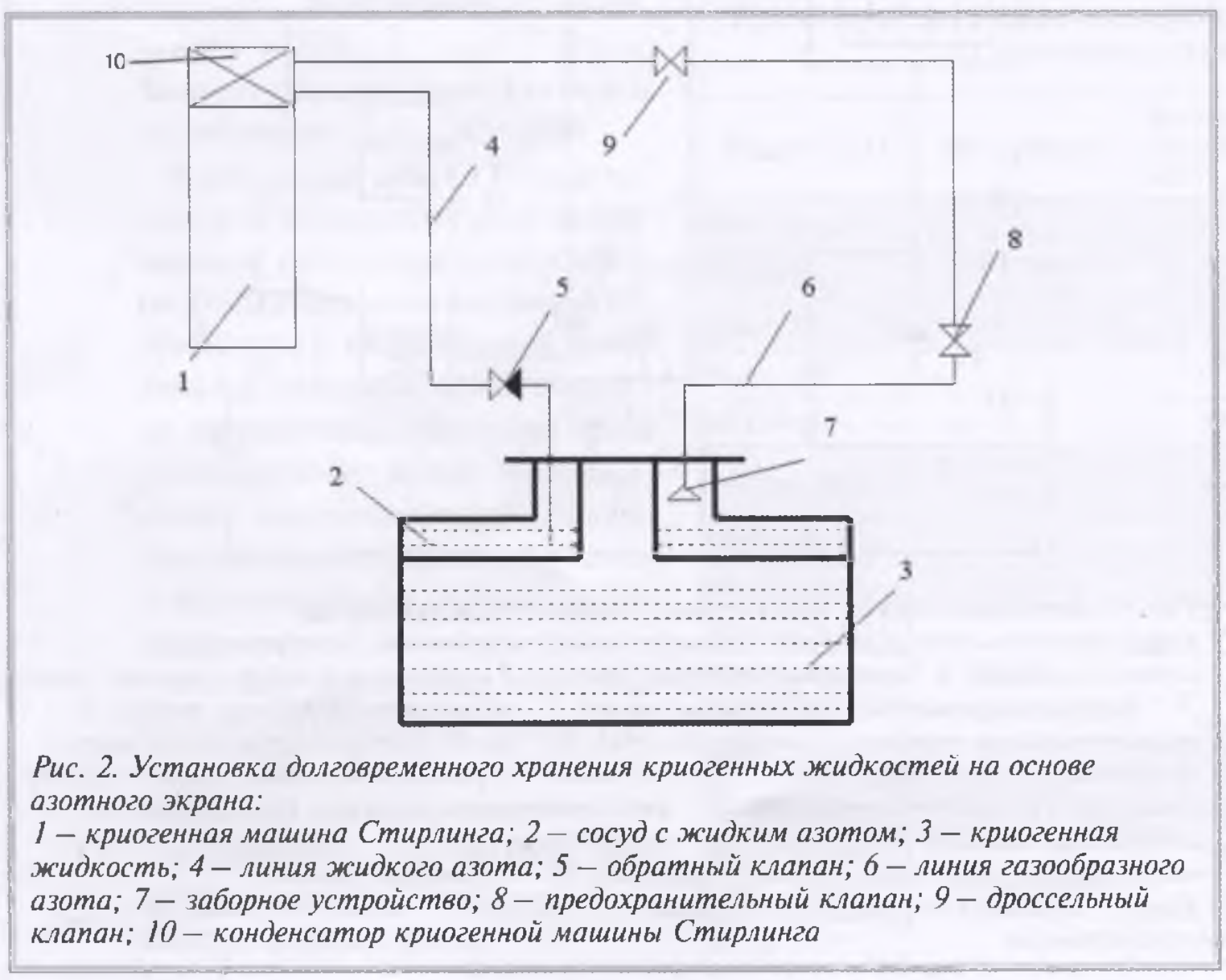


Рис. 2. Установка долговременного хранения криогенных жидкостей на основе азотного экрана:
1 – криогенная машина Стирлинга; 2 – сосуд с жидким азотом; 3 – криогенная жидкость; 4 – линия жидкого азота; 5 – обратный клапан; 6 – линия газообразного азота; 7 – заборное устройство; 8 – предохранительный клапан; 9 – дроссельный клапан; 10 – конденсатор криогенной машины Стирлинга

В состав установки входит криогенная машина Стирлинга *1* с рабочим телом – гелием, замкнутый контур азота, соединяющий теплоизолированный сосуд *2* с жидким азотом с конденсатором *10* КГМ Стирлинга. Внутри сосуда с жидким азотом *2* расположен теплоизолированный сосуд с сохраняемой криогенной жидкостью *3*, защищенной от внешних теплопритоков жидким азотом.

За счет внешних теплопритоков в верхней части сосуда *2* образуются пары азота. При достижении определенного давления срабатывает предохранительный клапан *8*, что служит сигналом для включения КГМ Стирлинга. В результате этого по линии *6* газообразный азот высокого давления через заборное устройство *7* и предохранительный клапан *8* проходит в дроссельный клапан *9*, предварительно охлаждается, а затем поступает в конденсатор *10* КГМ Стирлинга. Переход паров азота в жидкую фазу в конденсаторе *10* КГМ создает необходимый перепад давлений в линии *6*. Сжиженный азот по линии *4* через обратный клапан *5* сливается в теплоизолированную емкость *2*.

Строительное дело. Жидкий азот давно применялся в строительном деле в основном для замораживания грунтов при подземной проходке туннелей. Разработанные специалистами ООО «ИИЦ «Стирлинг-технологий» ВКА им. А.Ф. Можайского замкнутые системы азотного охлаждения позволяют значительно расширить область применения жидкого азота в строительстве. Так, совместно со специалистами «ЛенСпецСМУ» была разработана технология криопомола для производства высокомарочных и

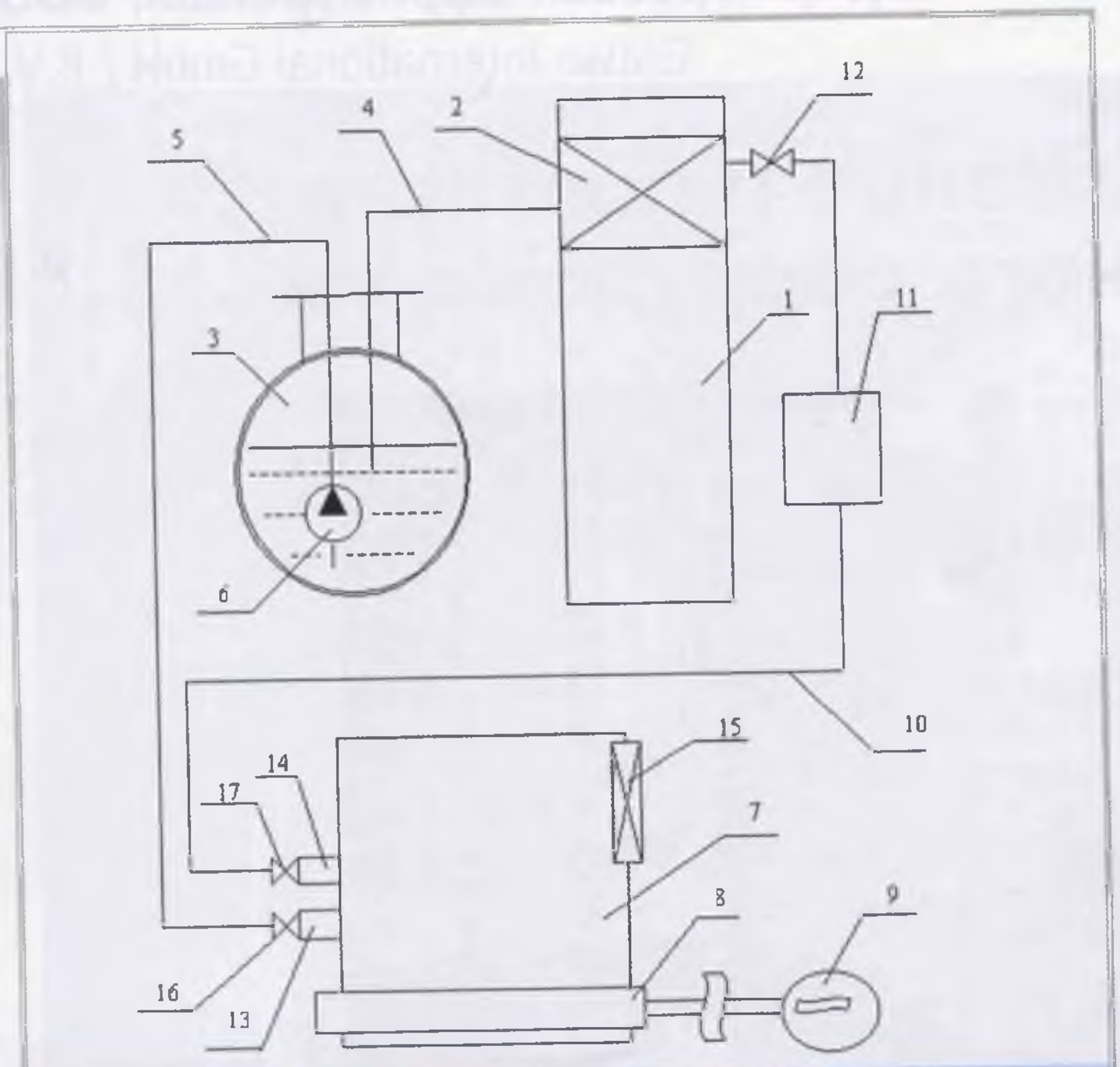


Рис. 3. Криогенный комплекс по производству высококачественного цемента: 1 – криогенная машина Стирлинга (КГМ); 2 – конденсатор КГМ; 3 – емкость для хранения жидкого азота; 4 – линия слива жидкого азота; 5 – линия подачи жидкого азота; 6 – насос высокого давления; 7 – помольный криостат; 8 – приводной ролик криогенной мельницы; 9 – электродвигатель; 10 – линия подачи выпара жидкого азота из криостата; 11 – механический фильтр; 12 – дроссельный вентиль; 13 – патрубок для периодического соединения криостата с линией подачи жидкого азота; 14 – патрубок для периодического соединения криостата с линией подачи выпара жидкого азота; 15 – отверстие со съемной крышкой; 16, 17 – запорные вентили

быстротвердеющих марок цементов (патенты РФ № 2184614, 2191632). Криоизмельчение в среде жидкого азота является новым технологическим приемом получения высокомарочных и быстротвердеющих цементов на основе рядовых клинкеров.

Схема криогенного комплекса по производству высококачественного цемента на основе криопомола (патент РФ № 2191632) представлена на рис. 3.

Из емкости *3* с помощью насоса *6* по линии подачи жидкого азота *5* через патрубок *13* и запорный клапан *16* жидкий азот поступает в помольный криостат *7*, куда предварительно через отверстие *15* загружаются измельчающиеся материалы и шихта. По окончании заправки криостата *7* жидким азотом клапан *16* закрывается и линия *5* отсоединяется от криостата. Электродвигатель *9* через приводной ролик *8* вращает криостат *7* в течение времени, необходимого для получения высококачественного цемента. При этом жидкий азот испаряется. После остановки криостата к нему через патрубок *14* с закрытым запорным клапаном *17* подсоединяется линия выпара *10*. Клапан *17* открывается, и выпар жидкого азота через механический фильтр *11* и дроссельный вентиль *12* поступает по линии *10* в конденсатор *2* криогенной машины Стирлинга *1*. Значительная часть выпара жидкого азота сжижается и самотеком сливается в емкость *3*. Запорный клапан *17* закрывается, и линия *10* отсоединяется от криостата. Полученный цемент выгружается из криостата *7* через отверстие *15*, после чего в криостат загружается новый исходный материал, к патрубку *13* подсоединяется линия *5*, открывается клапан *16* и рабочий цикл повторяется.

Использование высокоэффективных криогенных машин Стирлинга и созданных на их основе замкнутых систем азотного охлаждения позволит уже в ближайшем будущем значительно расширить область применения жидкого азота в различных отраслях народного хозяйства: промышленности, медицине, холодильной технике, строительстве и т.д. Открытие в Российской Федерации больших запасов (до 340 млрд м^3) подземных высокоазотных газов также будет способствовать внедрению технологий на основе жидкого азота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Азот* – для замораживания, хранения и транспортировки пищевых продуктов//Холодильная техника. 1998. № 9.

2. *Архаров А.М.* Низкотемпературные газовые машины. – М.: Машиностроение, 1969. – 223 с.

3. *Кириллов Н.Г.* Перспективы развития судовой энергетики на основе машин Стирлинга// Морской флот. 2002. № 2.

4. *Кириллов Н.Г.* Машины Стирлинга для высокоэффективных и экологически чистых систем автономного энергоснабжения//Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2000. № 12.

5. *Кириллов Н.Г.* Холод и системы бездренажного хранения нефтепродуктов// Холодильная техника. 2003. № 10.

6. *Новотельнов В.Н., Суслов А.Д., Полтараус В.Б.* Криогенные машины. – СПб.: Политехника. 1991.

GEA

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

Проектирование и поставка холодильного оборудования

Фирма «Грассо» является одним из крупнейших производителей компрессорных агрегатов и холодильных машин на базе винтовых и поршневых компрессоров.

Установка нового компрессорного оборудования на уже существующем производстве зачастую не сводится к простой замене старого компрессорного агрегата на новый аналогичной производительности. Как правило, эта процедура связана с расширением всего производства и увеличением мощности холодильной станции. При этом необходимо обеспечить совместимость нового холодильного оборудования с существующим компрессорным парком, подключиться к имеющимся конденсаторам и испарителям, совместить системы автоматического управления и аварийной защиты.

Таким образом, привязка новых агрегатов и аппаратов к существующей холодильной установке требует серьезной проектной проработки с учетом современных требований к автоматизации холодильных установок и все более жестких требований к промышленной безопасности.

Фирма «Грассо» выполняет проектирование и поставку холодильного оборудования как для вновь строящихся предприятий и компрессорных цехов, так и для реконструируемых и расширяющихся предприятий. Причем в последнем случае монтаж и подключение оборудования производятся без остановки существующего производства, а ответственность за выполнение требований норм и правил безопасности ложится на фирму «Грассо».

Таким образом фирма «Грассо» добивается экономии времени и средств своих клиентов, гарантируя при этом функциональность оборудования, соответствие объема поставки требованиям проекта, представление технической документации и паспортов на оборудование для регистрации его в местных органах Госгортехнадзора.

Фирмой в сотрудничестве с российскими проектными институтами были успешно выполнены рабочие проекты и осуществлены комплектные поставки холодильного оборудования для многих предприятий, в том числе для всех заводов Пивоваренной компании «Балтика», ОАО «Амур-Пиво», заводов «Ehrmann», «Hohland», «Unilever», ОАО «Афанасий Пиво», ЗАО «Пивоварни Ивана Таранова» и др.

Специалисты фирмы успешно прошли аттестацию на знание норм и правил промышленной безопасности.

В 2001 г. фирма «Грассо Рефрижерейшн», ООО получила лицензию Госгортехнадзора на осуществление деятельности по разработке проектной документации на сооружение и реконструкцию аммиачных холодильных установок.

Грассо Рефрижерейшн, ООО,
Grasso International, Представительство в Москве:
Семеновский вал, 6, строение 1, 105094, Россия, Москва
Тел.: (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

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЩИТЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

В.А. ТОЛКАЧЕВ, инженер-электрик

ООО ПТФ «Криотек» – это ведущий российский производитель холодильного оборудования и разработчик сложных проектов холодильных установок.

Мозгом каждой холодильной установки является щит управления.

Производством щитового оборудования и занимается специально созданный для этих целей отдел. Шаг за шагом наши специалисты осваивали разработку электрических схем для холодильной техники, начиная с самого простого холодильного агрегата на базе полугерметичного компрессора и вплоть до центральных холодильных станций на базе винтовых компрессоров.

Фирма имеет 3-летний опыт производства сложных щитов управления, обладает современной производственной базой, квалифицированным персоналом и соответствующим программным обеспечением для разработки конструкторской документации, производства и настройки собственной продукции. У специалистов фирмы имеется опыт разработки и установки систем дистанционного управления и мониторинга холодильного оборудования на крупнейших заводах РФ.

Все наши специалисты, занимающиеся монтажом и обслуживанием оборудования, имеют высшее техническое образование и многолетний опыт работы.В работе с персоналом мы утверждаем принцип: безотказно работающее у заказчика оборудование – это не только дело личной ответственности, но и залог репутации всей фирмы. Именно поэтому вам не придется неоправданно долго ждать наших специалистов. Наличие собственного склада с полным ассортиментом комплектующих позволяет нам выполнять сервисные обязательства в максимально короткие сроки. Наши специалисты всегда сумеют подобрать нужный вам вариант компоновки щитов управления.

Часто случается и так, что типовое оборудование в чем-то не удовлетворяет требованиям заказчика. В этом случае мы тоже придем на помощь. Мы готовы рассмотреть предложения по разработке, доработке, изготовлению и внедрению новых и нетипичных изделий и решений.

Производственная эффективность и высочайшая электробезопасность – вот постоянные критерии, которые мы используем в процессе изготовления нашей продукции. Но на современном рынке этого мало. Изготовленные фирмой щиты управления имеют модный дизайн, окрашены в серый или светло-серый цвет. На лицевой стороне щита приведена полная информация о работе холодильной станции или агрегата.

Еще одно важное конструкционное требование, закладываемое уже на стадии разработки схем, – это легкость монтажа и обслуживания. На все электрооборудование предоставляется полный комплект документации, что обеспечивает простоту обслуживания в послегарантийный период.

Щиты управления изготовляются с использованием в основном импортных комплектующих фирмы «ABB», одного из лидеров в производстве силового оборудования высокого, среднего и низкого напряжения, продуктов и технологий для автоматизации производственных и технологических процессов.

129110, Москва,
ул. Каланчевская, д. 32/61
Тел.: (095) 280-8833

140000, Московская обл.,
г. Люберцы,
ул. Волковская, д. 63.
Тел.: (095) 554-0087,
554-0091, 554-9388
www. kriotek.ru
e-mail: info@kriotek.ru.

Перспектива развития холодильной техники, применяющей в настоящее время в основном вещества так называемого переходного типа (приложение «С» к Монреальскому протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой), ориентирована на использование полностью экологически безопасных веществ, которыми являются природные холодильные агенты – аммиак, углеводороды, диоксид углерода и некоторые другие вещества. О работах в этой области наш журнал систематически информирует читателей. Уже сегодня наметилась явная тенденция сокращения применения синтезированных химических холодильных агентов.
Так, в области бытовой холодильной техники все чаще используют углеводороды и их смеси в качестве как холодильных агентов, так и вспенивателей для ППУ-теплоизоляции. В области крупных холодильных машин расширяется применение аммиака, в том числе путем создания холодильных машин с малой заправкой холодильного агента. В области низких температур активно ведутся работы по воздушным холодильным машинам в их энергетически эффективной нише, расширяется применение машин, работающих на диоксиде углерода, интенсифицируются работы по термоэлектрическим методам получения искусственного холода.
Однако на этом пути имеется сегодня ряд нерешенных проблем как научного, так и чисто производственного характера (разработка конструкций и освоение производства новых машин, отсутствие в ряде случаев производства самих рабочих веществ, необходимость переоснащения предприятий холодильного машиностроения и т. д.). Решение этих проблем требует определенного запаса времени, в течение которого холодильная техника сможет работать на не запрещаемых к применению веществах, желательно отечественного производства. Последнее условие весьма важно, так как наблюдается тенденция перехода на использование оборудования, работающего исключительно на импортных веществах (R134a, R404A и др), что ставит систему холодоснабжения самых различных отраслей хозяйства страны в зависимость от зарубежных поставщиков холодильных агентов и смазочных масел.
С этой точки зрения присоединение Российской Федерации к еще не ратифицированным ею поправкам к Монреальскому протоколу является крайне необходимым шагом, снимающим ограничения в импорте и экспорте как самих гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ), так и содержащего их холодильного оборудования. Наличие свободы маневра в этом отношении на достаточно большой срок, измеряемый минимум полутора десятками лет, позволит решить вопросы перехода отечественной холодильной техники на полностью экологически безопасные холодильные агенты.
В предлагаемой читателям статье рассмотрены требования упомянутых поправок и оценены последствия присоединения к ним Российской Федерации.

О необходимости присоединения Российской Федерации к Копенгагенской, Монреальской и Пекинской поправкам к Монреальскому протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой

В.Н. ЦЕЛИКОВ, исполняющий обязанности директора Федерального центра геоэкологических систем (ФЦГС «Экология»)

За последние два года на внутреннем рынке России возросло потребление широко применяемых в холодильной технике регулируемых озоноразрушающих веществ, перечисленных в группе I приложения «С» к Монреальскому протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой, – гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ) R21, R22, R141b и R142b, что обусловлено следующими основными причинами:

- значительным сокращением запасов хлорфторуглеродов (ХФУ) R11, R12, R13, R113, созданных к моменту полного закрытия производства этих веществ на территории Российской Федерации в соответствии с постановлением правительства от 20.12.2000 г. № 1000;
- переходом существенной части производства и сервиса холодильной техники (в первую очередь бытовой) на альтернативные смесевые холодильные агенты и вспениватели для теплоизоляции на основе указанных выше ГХФУ.

Российская Федерация как правопреемник бывшего СССР приняла на себя международные обязательства, вытекающие из Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой (в дальнейшем – Монреальский протокол), и Лондонской поправки к нему, но к последующим поправкам (Копенгагенской, Монреальской и Пекинской) не присоединилась. До 2003 г. включительно это практически никак не сказывалось на экономике России. Однако продолжение политики «неприсоединения» в 2004 г. может привести к возникновению серьезных проблем у производителей холодильной техники, неизоляционных пенопластов и самих ГХФУ.

Если в ближайшее время Российская Федерация не ратифицирует Копенгагенскую, Монреальскую и Пекинскую поправки, то в соответствии с положениями Монреальского протокола она не будет рассматриваться другими Сторонами в качестве Стороны Монреальского протокола, что повлечет за собой запрещение импорта в Россию и экспорта из России ГХФУ и содержащей их продукции.

Этот запрет должен был вступить

в силу уже с 01.01.2004 г., но Российская Федерация в сентябре 2003 г. обратилась к Сторонам Венской конвенции и Монреальского протокола с просьбой о предоставлении отсрочки для завершения процесса присоединения к этим поправкам. В соответствии с решением XV совещания Сторон Монреальского протокола (10–14.11.2003 г. в Найроби, Кения) Россия должна дополнительно до 31.03.2004 г. сообщить Сторонам Монреальского протокола о том, что она находится в режиме соблюдения международных обязательств по ГХФУ и присоединяется к указанным выше поправкам.

В противном случае для Российской Федерации возникнут проблемы, в первую очередь связанные с дефицитом ГХФУ-141b, используемого для вспенивания вместо ХФУ-11. Переход на альтернативные вспениватели – горючий циклопентан, ГФУ-134а и др. – потребует огромных капиталовложений для переоснащения производства пенополиуретановой теплоизоляции (ППУ), что в ближайшее время практически невозможно. В ряде случаев ГХФУ-141b может применяться также как растворитель вместо запрещенного ХФУ-113.

Другой проблемой станет экспорт отечественного холодильного оборудования, изготовленного с применением ГХФУ как в чистом виде, так и в смесях, в холодильных системах машин и в их теплоизоляции.

Для оценки перспектив и последствий присоединения Российской Федерации к нератифицированным в настоящее время поправкам к Монреальскому протоколу рассмотрим хронологию принятия документов по охране озонового слоя и их основное содержание.

Хронология международных мер по охране озонового слоя

Венская конвенция об охране озонового слоя (далее – Венская конвенция) была подписана от имени СССР 22.03.1985 г. и принята 18.06.1986 г. во исполнение постановления Совета Министров СССР от 07.05.1985 г. № 525 «О принятии СССР Венской конвенции об охране озонового слоя и о мерах по обеспечению выполнения обязательств Советской Стороны». Она имеет рамочный характер и не накладывает конкретных обязательств на подписавшие ее страны (Стороны) по сокращению производства и потребления озоноразрушающих веществ (ОРВ).

Монреальский протокол принят 16.09.1987 г. и вступил в силу 01.01.1989 г. Советский Союз подписал Монреальский протокол 29.12.1987 г. и принял его 10.11.1988 г. на основании распоряжения Совета Министров СССР от 10.12.1987 г. № 2663р «О подписании Советским Союзом Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой».

Постановлением Кабинета Министров СССР от 23.04.1991 г. № 198 СССР присоединился к Лондонской поправке 1990 г. к Монреальскому протоколу, которая вступила в силу (теперь уже для Российской Федерации) 13.01.1992 г. после сдачи ратификационной грамоты.

Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) 31.12.1991 г. получила от Постоянного представителя Российской Федерации ноту о том, что Российская Федерация продолжает членство бывшего СССР во всех конвенциях, соглашениях и других международно-правовых документах, заключенных в рамках ЮНЕП или под ее эгидой. Были также представлены аналогичные ноты, касающиеся Венской конвенции и Монреальского протокола.

В соответствии с процедурой, изложенной в п. 9 статьи 2 Монреальского протокола, II, IV, VII, IX и XI совещания Сторон Монреальского протокола приняли некоторые корректировки*, касающиеся сокращения производства и потребления регулируемых веществ, перечисленных в приложениях к Протоколу. Эти корректировки, вступившие в силу для всех Сторон Монреальского протокола 07.03.1991, 23.09.1993, 05.08.1996, 04.06.1998 и 28.07.2000 гг., касаются в основном поправочных коэффициентов, норм и методов расчета уровней потребления различных регулируемых веществ.

На данный момент из 184 стран-Сторон Монреальского протокола Лондонскую (1990 г.), Копенгагенскую (1992 г.), Монреальскую (1994 г.) и Пекинскую (1999 г.) поправки приняли соответственно 166, 151, 102 и 51 Сторона, и все они, таким образом, вступили в силу (Пекинская поправка – с 01.01.2001 г.).

Резюме мер, предусмотренных Копенгагенской поправкой

Копенгагенской поправкой установлены сроки и объемы потребления* регулируемых веществ, включенных в группу I приложения «С» к Протоколу (т.е. ГХФУ), для присоединившихся к ней Сторон:

➢ С 01.01.1996 г. по 31.12.2003 г. ежегодный расчетный уровень потребления ГХФУ, который устанавливается в качестве базового, не должен превышать суммы расчетного уровня потребления ГХФУ в 1989 г. и 3,1% от расчетного уровня потребления регулируемых веществ, включенных в группу I приложения А (т.е. ХФУ). Для Российской Федерации уровень потребления ХФУ в 1989 г. составил (в тоннах озоноразрушающего потенциала, далее – т ОРП)** 100352 т ОРП, а ГХФУ – 1194 т ОРП. Исходя из этого, расчетный базовый уровень потребления ГХФУ на пери-

* *Корректировки* вступают в силу через 6 месяцев после их принятия Совещанием Сторон Монреальского протокола. *Поправки* вступают в действие в срок, установленный на Совещании Сторон, при условии их ратификации не менее чем 20 Сторонами. Если к установленному сроку требуемое число ратификационных грамот не набирается, то поправки вступают в силу через 90 дней после того, как требуемое число ратификационных документов будет получено.

*«Потребление» в рамках Монреальского протокола рассчитывается по формуле: «Потребление» = «Производство» – «Экспорт» + «Импорт» – «Сырье» – «Исключения для особо важных видов применения, утвержденные Сторонами Монреальского протокола».

** Перевод массы вещества из метрических тонн (мт) в тонны ОРП (т ОРП) производится путем умножения числа метрических тонн на величину озоноразрушающего потенциала данного вещества.

Таблица 1

Максимальные ежегодные уровни производства и потребления ГХФУ в Российской Федерации до 2030 г.

Годы	Максимальный ежегодный уровень производства*, т ОРП (Пекинская поправка)	Максимальный ежегодный уровень потребления, т ОРП (Копенгагенская поправка)
1996–2003	4073,07	4304,91
2004–2009	2798,19	2798,19
2010–2014	1506,72	1506,72
2015–2019	430,49	430,49
2020–2029	21,25	21,25
2030	0,0	0,0

*Без учета производства ГХФУ, используемых в качестве сырья для ситеза других химических веществ, не подпадающих под Монреальский протокол (например, R22 для производства фторполимеров).

од с 01.01.1996 г. по 31.12.2003 г. составляет 100352·0,031 + 1194 = = 4304,91 т ОРП.

Начиная с 2004 г. ежегодный уровень потребления ГХФУ рассчитывается, исходя из полученного базового расчетного уровня потребления:

➢ С 01.01.2004 г. по 31.12.2009 г. – не более 65% базового расчетного уровня потребления. Для Российской Федерации ежегодный уровень потребления ГХФУ в этот период составит 2798,19 т ОРП.

➢ С 01.01.2010 г. по 31.12.2014 г. – не более 35% базового расчетного уровня потребления, что для Российской Федерации составит 1506,72 т ОРП.

➢ С 01.01.2015 г. по 31.12.2019 г. – не более 10% базового расчетного уровня потребления, что для Российской Федерации составит 430,49 т ОРП.

➢ С 01.01.2020 г. по 31.12.2029 г. ежегодный расчетный уровень потребления ГХФУ не должен превышать 0,5% базового расчетного уровня потребления (для Российской Федерации – 21,25 т ОРП).

➢ С 01.01.2030 г. ГХФУ не должны потребляться.

Резюме мер, предусмотренных Монреальской поправкой

Каждая Сторона в течение трех месяцев после вступления в силу для нее Монреальской поправки к Монреальскому протоколу создает и внедряет систему лицензирования импорта и экспорта новых, использованных, рециркулированных и утилизованных регулируемых веществ, перечисленных в приложениях «А», «В», «С» и «Е» к Монреальскому протоколу.

Каждая Сторона в течение трех месяцев после даты введения ею системы лицензирования информирует Секретариат озоновых соглашений о создании и функционировании такой системы.

Российская Федерация явилась одной из первых стран в мире, в которой специальным решением правительства* введены жесткие меры контроля за импортом и экспортом не только ОРВ, но и содержащей их продукции. Действующая с 01.07.1996 г. система государственного контроля за международной торговлей ОРВ носит многоступенчатый характер: разрешения МПР России – лицензии Минэкономразвития России – таможенный контроль ГТК России. Поэтому в случае присоединения Российской Федерации к Монреальской поправке потребуется лишь внести незначительные изменения и дополнения в действующие нормативно-правовые документы.

Резюме мер, предусмотренных Пекинской поправкой

Пекинской поправкой установлено, что производство регулируемых веществ, включенных в группу I приложения «С» к Протоколу (т.е. ГХФУ), для присоединившихся к ней Сторон, не действующих в рамках п. 1 статьи 5 (т.е. развитые страны), с 01.01.2004 г. замораживается на уровне, рассчитываемом как среднее арифметическое суммы расчетного уровня потребления Стороной ГХФУ в 1989 г. и 2,8% расчетного уровня потребления ХФУ в 1989 г. и суммы расчетного уровня производства ГХФУ в 1989 г. и 2,8% расчетного уровня производства ХФУ в 1989 г.

Расчетный уровень потребления ГХФУ в Российской Федерации в 1989 г. составил 1194 т ОРП, ХФУ – 100352 т ОРП, а расчетный уровень производства ГХФУ – 1194 т ОРП и ХФУ – 105296 т ОРП. Тогда с 01.01.04 г. производство ГХФУ в России замораживается на уровне 4073,07 т ОРП.

Каждая Сторона, присоединившаяся к Пекинской поправке, должна:

• с 01.01.2004 г. ввести запрет на экспорт/импорт регулируемых веществ, включенных в группу I приложения «С» к Монреальскому протоколу, в любое государство/из любого государства, которое не является Стороной Монреальского протокола;

• в течение одного года с даты присоединения к Пекинской поправке ввести запрет на экспорт/импорт регулируемых веществ, включенных в группу III приложения «С» к Монреальскому протоколу, в любое государство/из любого государства, которое не является Стороной Монреальского протокола.

Поэтапное сокращение производства и потребления ГХФУ в России и прогноз ситуации на рынке

Из изложенного выше следует, что при присоединении к Копенгагенской и Пекинской поправкам Российская Федерация примет на себя соответствующие обязательства по сокращению производства и потребления ГХФУ (табл. 1).

Таким образом, максимальный разрешенный уровень производства ГХФУ в 2003 г. (без учета используемых в качестве сырья) в пересчете на ГХФУ-21 составлял 101826,75 мт; на ГХФУ-22 – 74055,82 мт; на ГХФУ-141b – 37027,91 мт; на ГХФУ-142b – 62662,62 мт.

В Российской Федерации производство регулируемых веществ группы I приложения «С» к Монреальскому протоколу сконцентрировано на четырех предприятиях, представленных в табл. 2.

На период с 01.01.2004 г. по 31.12.2009 г. указанные расчетные уровни производства ГХФУ должны быть уменьшены на 35%, а на период с 01.01.10 г. по 31.12.14 г. – на 65%, т.е. максимальный ежегод-

** Постановление Правительства Российской Федерации от 08.05.96 № 563 «О регулировании ввоза в Российскую Федерацию и вывоза из Российской Федерации озоноразрушающих веществ и содержащей их продукции».*

ный уровень производства ГХФУ-22 (на него приходится свыше 80% от общего объема производства ГХФУ в стране в настоящее время) составит 25919,37 мт.

Российской химической промышленностью за 2002 г. и за 9 месяцев 2003 г. произведено ГХФУ соответственно 3631,6 мт и 3299,9 мт (в пересчете на ГХФУ-22 и за вычетом ГХФУ, использованных в качестве сырья для производства озонобезопасной продукции).

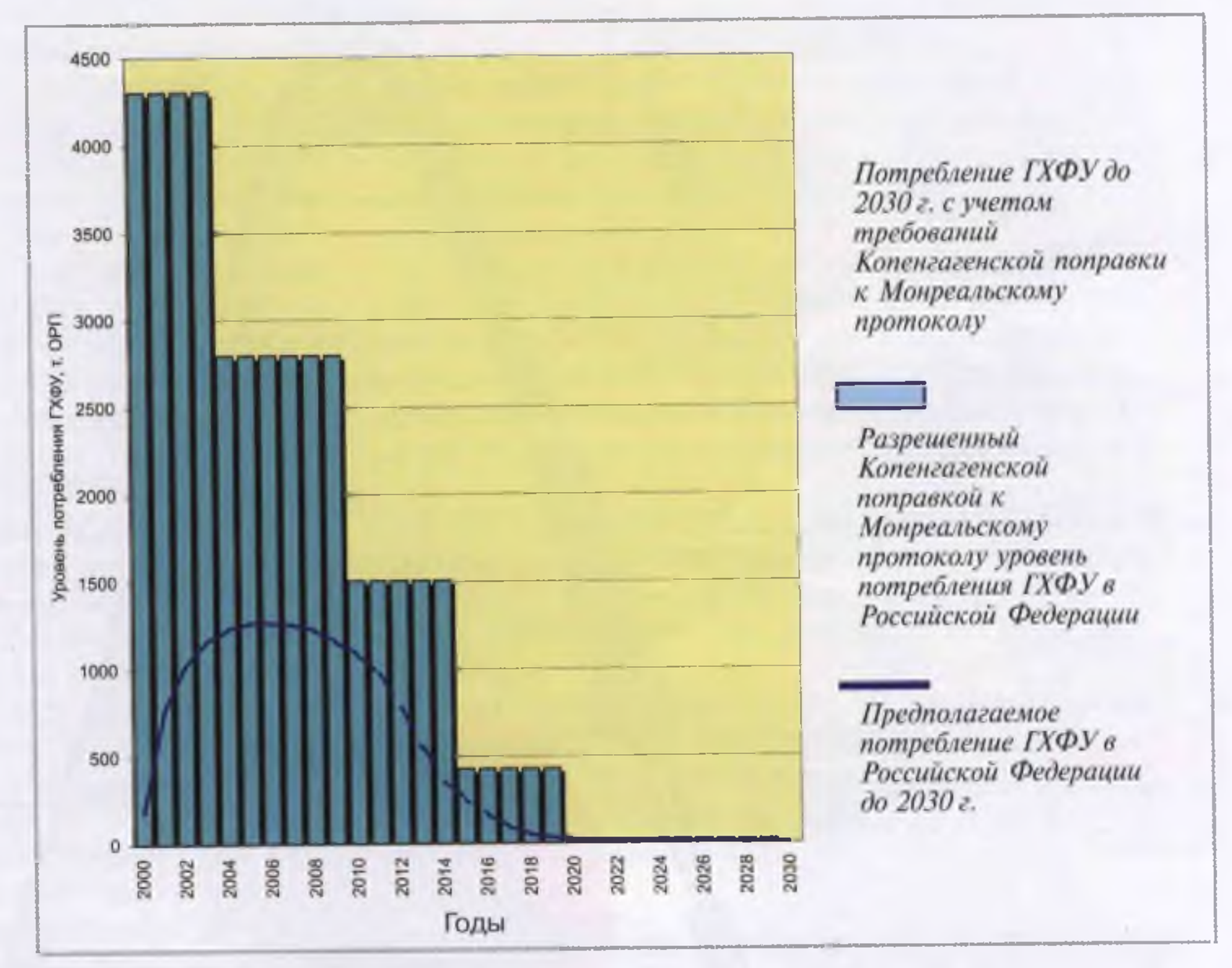
Таким образом, сегодня в стране производится ГХФУ, регулируемых Монреальским протоколом, значительно меньше, чем предельно допустимые уровни, устанавливаемые Копенгагенской и Пекинской поправками.

Возможный сценарий потребления ГХФУ с учетом тенденций развития их потребления в области производства и сервиса холодильной техники при соблюдении Российской Федерацией обязательств, вытекающих из Копенгагенской поправки к Монреальскому протоколу, может быть представлен на рисунке.

Таблица 2

Производство ГХФУ в Российской Федерации

Вещество	ОРП	Предприятие - производитель	Проектная мощность, мт/год	Примечание
R21	0,04	ОАО «Галоген», г.Пермь	100	
		ВОАО «Химпром», г.Волгоград	200	
R22	0,055	ОАО «Галоген»	12000	
		ВОАО «Химпром»	12000	
		ОАО «Кирово-Чепецкий химический комбинат им. Б.П. Константинова», г. Кирово-Чепецк Кировской обл.	20000	
R141b	0,11	ОАО «Алтайхимпром», г.Яровое Алтайского края	2000	Пуск производства намечен на 1 кв. 2004 г.
R142b	0,065	ОАО «Кирово-Чепецкий химический комбинат им. Б.П. Константинова»	2000	
		ОАО «Алтайхимпром»	500	Пуск производства намечен на 1 кв. 2004 г.



Выводы

➢ Ограничения по производству и потреблению ГХФУ в Российской Федерации, вытекающие из Копенгагенской и Пекинской поправок к Монреальскому протоколу, не наносят российским производителям и потребителям этих веществ ущерба по сравнению с существующим сегодня положением.

➢ Неприсоединение Российской Федерации к этим поправкам нанесет существенный вред отечественным предприятиям, в первую очередь предприятиям—производителям холодильного оборудования, а также службам сервиса вследствие прекращения импорта необходимых ГХФУ, а также вследствие прекращения экспорта продукции, изготовленной с использованием ГХФУ.

➢ С учетом изложенного выше, а также того, что страны Европейского союза уже отказались от потребления ГХФУ и производства ГХФУ для внутреннего потребления, вопрос о присоединения Российской Федерации к Копенгагенской, Монреальской и Пекинской поправкам к Монреальскому протоколу следует решить положительно и в самое ближайшее время с целью избежания санкций .

➢ Принимая во внимание наметившиеся в настоящее время тенденции в производстве и потреблении ГХФУ в России, можно предположить, что только в 2015—2018 гг. потребуется принятие на уровне Правительства Российской Федерации дополнительных мер по квотированию производства ГХФУ, ограничению импорта ГХФУ (особенно из развивающихся стран) и стимулированию экспорта в рамках возможного (так как импорт снижает разрешенный уровень производства этих веществ отечественными производителями, а экспорт — увеличивает), а также по получению разрешений Сторон Монреальского протокола на особо важные виды применения этих веществ.

Конференция по безопасности аммиачных холодильных установок

19–21 ноября 2003 г. в Москве была проведена под эгидой Госгортехнадзора России Всероссийская научно-техническая конференция «Основные тенденции развития холодильной техники на перерабатывающих предприятиях и предприятиях торговли. Вопросы, связанные с реализацией требований Правил безопасности аммиачных холодильных установок». В ней приняли участие представители предприятий и фирм, производящих и эксплуатирующих АХУ, научно-исследовательских, проектных организаций и вузов.

Неослабевающий интерес к проблемам безопасности АХУ (это уже третья конференция с 2001 г., посвященная данному вопросу) обусловлен отмеченной практически всеми участниками конференции мировой тенденцией к расширению использования аммиака как наиболее эффективного природного хладагента. При холодопроизводительностях свыше 200...300 кВт альтернативы АХУ практически нет.

Малоаммиакоемкие холодильные машины могут и должны разрабатываться и выпускаться отечественными машиностроительными предприятиями. Об этом говорили директор института «Гипрохолод» *В.А. Черняк*, генеральный директор «ВНИИхолодмаш-Холдинг» *О.М. Таганцев*, главный конструктор Московского завода «Компрессор» *Б.М. Бершицкий*. Первая из малоаммиакоемких машин 50 МКТ 130-7-3 с дозированной заправкой аммиаком завода «Компрессор» уже прошла приемочные испытания. В машине применены пластинчатые полусварные испарители фирмы «Альфа-Лаваль», о продукции которой для систем аммиачного холодоснабжения более подробно рассказал *С.К. Григорьев*.

Общей концепции технического перевооружения и повышению уровня безопасности предприятий оптовой торговли продовольствием г. Москвы были посвящены доклады *О.А. Бахвалова* (Фонд «Безопасность Москвы»), *Г.А. Белозерова, Н.М. Медниковой* и *В.П. Пытченко* (ВНИХИ).

Конкретные аспекты безопасности АХУ рассмотрены в выступлениях *М.Л. Галкина* («Спектропласт») и *Е.Б. Полотнюка* (Бюро аналитического приборостроения «ХРОМДЕТ-ЭКОЛОГИЯ»).

Помимо сугубо технических аспектов безопасности большое внимание было уделено и правовым основам ее обеспечения. Речь шла о необходимости соблюдения действующих норм и правил и о совершенствовании нормативной базы.

Этой теме был посвящен доклад главного инженера Гипрохолода *В.Я. Янюка*, который публикуется в этом номере журнала.

Главным специалистом Госгортехнадзора России *Ю.В. Печеновым* была представлена информация о последних нормативных документах 2003 г., которыми необходимо руководствоваться персоналу предприятий, научно-исследовательских и проектных организаций, имеющих дело с аммиаком.

Об усовершенствовании государственного регулирования промышленной безопасности опасных производственных объектов говорила на конференции начальник отдела химического и нефтехимического производства Управления по надзору химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности Госгортехнадзора России *С.А. Жулина*. Она отметила, что приоритетной стратегической задачей является создание систем управления промышленной безопасностью, интегрированных в общую систему управления предприятий, эксплуатирующих опасные объекты.

Совершенствованию нормативного регулирования в области промышленной безопасности должен способствовать вступивший в силу с 1 июля 2003 г. Федеральный закон «О техническом регулировании», предусматривающий, в частности, разработку в течение 7 лет обязательных для соблюдения регламентов по безопасности.

Много нареканий со стороны выступавших было высказано в адрес действующих Правил безопасности АХУ (*О.М. Таганцев*, ВНИИхолодмаш; *В.С. Овчаренко*, *В.П. Афонский*, «Промхолод»; *С.В. Орлов*, ЗАО «ОК» и др.).

В то же время было отмечено, что участие ведущих организаций и специалистов в разработке регламентов и других нормативных документов будет способствовать усовершенствованию правовой базы обеспечения безопасности АХУ.

Анализ нарушений и отступлений от требований действующих правил безопасности при проектировании АХУ

В.Я.ЯНЮК, главный инженер института «Гипрохолод»

Государственный институт «Гипрохолод» имеет лицензию Госгортехнадзора России № 00-ДЭ-000437 на право проведения экспертизы промышленной безопасности проектной документации на строительство, расширение, реконструкцию, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта, относящегося к аммиачным холодильным установкам (АХУ).

Целью экспертизы является определение соответствия принятых в проекте технических решений действующим российским правилам и нормам для взрывопожароопасных производств и установление достаточности проработки вопросов обеспечения безопасности эксплуатации указанных объектов.

Результаты и выводы экспертизы служат основанием для решения вопроса о возможности реализации данного конкретного проекта.

Рассмотрев и проанализировав большое число экспертных заключений по проектам АХУ, выполненным разными проектными организациями, специалисты Гипрохолода выявили наиболее характерные и часто повторяющиеся нарушения и отступления от требований правил и норм безопасности.

Знание и обобщение такого рода информации представляется весьма важным для специалистов-проектировщиков и для руководящих работников предприятий, эксплуатирующих АХУ, а также для работников инспекционных служб Госгортехнадзора, осуществляющих контроль за данными установками.

Это позволит избежать повторения одних и тех же нарушений в проектной документации, повысит ее качество и в конечном счете обеспечит более высокую степень безопасности эксплуатации опасных производственных объектов, какими являются АХУ.

Выявленные в проектах АХУ нарушения и отступления от требований действующих правил и норм безопасности можно разделить на три основные группы:

- представление неполной по составу и содержанию проектной документации;
- отсутствие в проектной документации разрешительных документов или необходимых характеристик оборудования, приборов и трубопроводов;
- невыполнение требований отдельных конкретных норм и правил безопасности, отступление от них или ошибки в принятых технических решениях.

Рассмотрим наиболее характерные и часто встречающиеся нарушения по каждой из названных групп в отдельности.

Представление неполной документации.

Чаще всего в проектной документации отсутствуют следующие материалы:

➤ Технические решения по разделению технологической схемы АХУ на технологические блоки и расчет энергетического уровня взрывоопасности каждого блока по значению относительного энергетического потенциала и приведенной массе парогазовой среды с определением категории взрывоопасности всех блоков, входящих в АХУ [Н1, пп. 2.1 и 2.2], [Н2, п. 2.6].

➤ Расчеты по определению категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности для машинных, аппаратных и конденсаторных отделений АХУ [Н6].

➤ Расчет прогнозирования масштабов заражения территории предприятия и прилегающей зоны с определением радиусов зон разрушений при возможных авариях АХУ в случае залпового выброса аммиака [Н1, приложение 2].

➤ Технологический регламент работы АХУ [Н2, п. 2.1].

➤ План локализации и ликвидации аварийных ситуаций (ПЛАС) с приложением ситуационного плана размещения АХУ относительно смежных с ней близлежащих объектов и строений, которые могут оказаться в зоне воздействия наиболее вероятной аварии [Н3, п. 2.2; приложение 13].

➤ Раздел проекта по системе контроля уровня загазованности и оповещения об аварийных утечках аммиака в помещениях АХУ и на территории объекта [Н2, глава VIII].

➤ Проект молниезащиты зда-

ний и сооружений АХУ с защитой от вторичных проявлений молнии и от заноса высокого потенциала по наземным и подземным коммуникациям [Н2, п.7.9].

➤ Технические решения вопросов автоматической пожарной сигнализации и пожаротушения в помещениях машинного и аппаратного отделений АХУ, включая помещения трансформаторной подстанции, электрощитовые, диспетчерские пункты и операторские КИПиА [Н2, п.7.10].

Отсутствие разрешительных документов и характеристик оборудования

К этой группе относятся следующие наиболее характерные отступления от требований нормативных документов:

➤ Не прилагаются разрешения Госгортехнадзора России на применение конкретного вида (типа) оборудования или технического устройства в условиях опасных производственных объектов (АХУ). Особенно часто отсутствуют (или прилагаются просроченные) разрешения Госгортехнадзора на применение импортного оборудования, приборов, арматуры и трубопроводов [Н4, пп.6.5 и 6.6].

➤ Не приводятся данные по аммиачной холодильной системе проектируемого объекта, в частности по категории обслуживаемых ею зданий и помещений, по принятой схеме холодоснабжения, варианту размещения оборудования и массовому наполнению единичных холодильных систем аммиаком [Н2, п.2.7; приложение 1].

➤ Не всегда обосновываются объемы устанавливаемых ресиверов (линейных, циркуляционных, дренажных, защитных) и другой емкостной аппаратуры. Очень часто емкость указанных аппаратов завышена [Н2, глава III].

➤ Не указываются группа и категория технологических трубопроводов холодильной установки, процент контроля сварных швов трубопроводов физическими методами после выполнения монтажных работ, а также расчетный срок эксплуатации трубопроводов [Н2, пп.5.1 и 5.26], [Н5].

➤ Не прилагаются расчеты пропускной способности предохранительных устройств, которые должны обеспечить отвод массы испарившегося аммиака из полостей аппаратов в условиях пожара и защитить от разрушения сосуды, аппараты и технологическое оборудование, содержащие аммиак. На технологических схемах не обозначаются давления срабатывания предохранительных клапанов [Н2, пп. 9.4 и 9.7].

➤ Не указывается степень защиты электротехнических оболочек используемого электрооборудования и приборов автоматического управления, размещаемых в помещениях с аммиачным оборудованием (она должна быть не ниже JP 44) [Н2, п.10.2].

➤ Не обеспечивается I категория надежности электроснабжения электроприемников системы контроля уровня загазованности и оповещения об аварийных утечках аммиака, а также электроприемников аварийной вентиляции и системы противоаварийной автоматической защиты (ПАЗ) холодильных установок [Н2, п.8.4], [Н1, п.6.5.1].

➤ Для реконструируемых объектов не представляются заключения о возможности дальнейшего использования (об остаточном ресурсе) существующего оборудования, арматуры, трубопроводов или разрешение на продление срока безопасной эксплуатации технологического оборудования, арматуры и трубопроводов, выработавших назначенный срок службы, выдаваемое в порядке, установленном Госгортехнадзором России [Н1, п.5.1.2].

Невыполнение требований конкретных правил и ошибки в технических решениях

➤ Ошибки в решении вопросов вентиляции взрывопожароопасных помещений АХУ (наибольшее число нарушений). К ним относятся: отсутствие резервных вентиляторов, самозакрывающихся обратных клапанов; неправильный выбор мест забора и удаления воздуха системами приточной и вытяжной вентиляции; неправильное выполнение вентиляции тамбур-шлюзов и собственно помещений венткамер и др. [Н7], [Н1, глава VIII], [Н2, глава VII].

➤ Нарушения при прокладке аммиачных трубопроводов по зданиям и помещениям, связанные с уклонами, размещением и установкой запорной и регулирующей арматуры, обратных клапанов и др. [Н1, глава 5.5], [Н2, глава V], [Н5].

➤ Ошибки в определении достаточной площади предохраняющих (легкосбрасываемых) ограждающих конструкций помещений машинного и аппаратного отделений АХУ, а также достаточных расстояний от них до других объектов и сооружений на территории предприятия и вне ее [Н2, глава VI].

➤ Отсутствие или неправильная конструкция специальных поддонов под аммиачные емкостные аппараты для сбора жидкого аммиака в случае его аварийного вытекания из сосуда [Н2, пп. 4.9 и 4.10].

Кроме приведенных выше нарушений необходимо отметить следующие недостатки общего характера, встречающиеся при проектировании АХУ:

➤ В пояснительной записке к проекту отсутствует запись ГИПа о соответствии принятых технических решений требова-

ниям действующих правил и норм, обеспечивающих безопасную эксплуатацию объекта.

➤ При разработке проекта частичной реконструкции объектов АХУ не составляются полные перечни отступлений от норм. Проектная документация разрабатывается в объеме задания заказчика без учета приведения установки в целом к сегодняшним нормам безопасности.

➤ Не всегда заключаются договоры с заказчиками на проведение авторского надзора за соблюдением проектных решений в процессе строительства и монтажа опасного производственного объекта с АХУ [Н4, п.3.1].

➤ Как правило, на техсоветах проектных организаций не рассматриваются нарушения норм безопасности в проектах АХУ, что было бы полезно во избежание их повторения и для лучшего, более глубокого изучения правил безопасности.

Следует принимать строгие меры к организациям-заказчикам, начинающим строительство, расширение, реконструкцию и техническое перевооружение АХУ без проекта, выполненного организациями, аттестованными в установленном порядке на знание правил и норм по промышленной безопасности, и без положительного заключения экспертизы промышленной безопасности проектной документации, зарегистрированного и утвержденного Госгортехнадзором в установленном порядке.

* * *

Требование безусловного исполнения действующих норм и правил безопасности не исключает острейшей потребности в корректировке «Правил безопасности аммиачных холодильных установок» ПБ 09-595–03, как не соответствующих современному уровню холодильной техники и не учитывающих степени фактической опасности при эксплуатации конкретных АХУ, различающихся по мощности и системам.

Кроме того, назрела необходимость ограничить распространение «Общих правил взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» ПБ 09-540–03 на аммиачные холодильные установки, так как аммиак в них циркулирует по замкнутому контуру.

Что касается правил безопасности АХУ, то предложения по их усовершенствованию, поддерживаемые большинством специалистов-холодильщиков, сводятся к следующему:

• ввести дифференцированные требования по безопасности АХУ в зависимости от аммиакоемкости системы;

• привести отдельные требования Правил с соответствие с общеевропейскими нормами безопасности АХУ и международными стандартами ISO;

• дополнить Правила разделом об устройстве и безопасной эксплуатации АХУ, размещенных в контейнерах, а также АХУ полной заводской готовности в блочном исполнении с дозированной заправкой аммиака;

• конкретизировать пути и способы решения проблемы нейтрализации аммиака в случаях его утечек и проливов с привлечением МЧС и служб безопасности;

• учесть в Правилах современное состояние развития холодильной техники, последние достижения в этой области, связанные с появлением нового высокоэффективного оборудования, приборов и систем автоматики, компьютерного управления работой АХУ и пр.;

• скорректировать методику расчета энергетического потенциала блоков АХУ с учетом специфических свойств аммиака, разработать методику расчета легкосбрасываемых конструкций ограждений помещений АХУ;

• уточнить положения, регламентирующие размещение элементов АХУ в машинных и аппаратных отделениях и на открытых площадках, а также прохождение аммиачных трасс и трубопроводов как в производственных помещениях, так и вне их.

Корректировка Правил безопасности совместными усилиями организаций, занимающихся проектированием, монтажом и эксплуатацией АХУ, поможет обеспечить более широкое применение аммиака при одновременном повышении уровня безопасности АХУ.

Перечень используемых нормативных документов

Н1. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств (ПБ 09-540–03).

Н2. Правила безопасности аммиачных холодильных установок (ПБ 03-595–03).

Н3. Методические указания о порядке разработки плана локализации и ликвидации аварийных ситуаций (ПЛАС) на химико-технологических объектах (РД 09-536–03).

Н4. Общие правила промышленной безопасности для организаций, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов (ПБ 03-517–02).

Н5. Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов (ПБ 03-585–03).

Н6. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (НПБ 105–2003).

Н7. СНиП 2.04.05–91*. Отопление, вентиляция и кондиционирование.

multiplaz

Результаты практического применения портативного плазменного сварочного аппарата «Мультиплаз-2500»

Канд. техн. наук **Ю.М. ЕРМИШИН**

Многочисленные публикации об аппарате «Мультиплаз-2500», которые до настоящего времени появлялись в различных изданиях, носили научно-популярный характер.

В этой статье мы знакомим читателей с результатами пробной эксплуатации портативного многофункционального плазменного сварочного аппарата «Мультиплаз-2500» на ремонтно-эксплуатационных предприятиях № 1 и № 4 Химкинского района Московской области.

С использованием этого аппарата были выполнены следующие работы:

- резка сталей марок Ст.3 и Ст.20, серого чугуна, высоколегированных сталей, керамических и асбоцементных плит толщиной до 8 мм;
- сварка сталей марок Ст.3, Ст.20 и серого чугуна толщиной до 8 мм.

В качестве рабочей жидкости для резки использовали обычную воду из системы центрального водоснабжения. Установленное сопло с диаметром отверстия 1 мм обеспечивало скорость истечения газоплазменной струи до 200...220 м/с при температуре ~8000 °С, что гарантирует качественную резку различных материалов толщиной до 10 мм.

Для сварки применяли растворы спиртов (этилового, пропилового, бутилового и т.п.) с концентрацией ~45%. При этом в горелку устанавливали сопло с диаметром отверстия 2...2,4 мм, что обеспечивает мягкий факел необходимого качества. В процессах сварки использовали присадочную проволоку СВ-08 и СВ-08Г2С.

Анализ результатов проведенных работ показал, что плазменный сварочный аппарат «Мультиплаз-2500» позволяет решить практически все проблемы указанных предприятий, связанные со сваркой и резкой различных материалов.

При резке сталей Ст.3 и Ст.20 толщиной 2 мм скорость резки составила 0,4 м/мин; при толщине 4 мм – 0,2 м/мин.

Очевидно, что резка с помощью аппарата «Мультиплаз-2500» является достаточно высокопроизводительной. При хорошем качестве ширина реза в обоих случаях была порядка 1,2...1,5 мм.

Большое преимущество состоит в возможности резки практически любых материалов – как металлов, так и неметаллов (сталей, в том числе и нержавеющих, чугуна, цветных металлов, керамической плитки, асбоцементных плит и т.д.), что невозможно при газовой резке.

Высокие температура и концентрация тепловой энергии в газоплазменной струе позволяют существенно увеличить скорость сварки, уменьшить зону термического влияния и практически исключить тепловые деформации, характерные для газовой сварки.

Сварку изделий из чугуна производят без предварительного нагрева с использованием присадочной проволоки СВ-08Г2С.

Сварка оцинкованных трубопроводов характеризуется узкой зоной сгорания цинка.

Полная взрывобезопасность и экологическая чистота рабочего процесса позволяют эксплуатировать аппарат в жилых и подвальных помещениях, в колодцах и т.п.

Как отмечается в отзыве о выполненных работах, применение аппарата «Мультиплаз-2500» дает возможность:

- снизить обычно высокие накладные расходы, связанные с

использованием газобаллонного оборудования и закупкой газов;

• быстро и без усилий доставить аппарат к месту проведения работ (масса аппарата ~6,5 кг, он умещается в небольшой наплечной сумке);

• увеличить производительность труда ремонтной бригады в 3–5 раз (если бригада из 2–3 человек с обычным газобаллонным аппаратом успевает выполнить работу по 3–4 вызовам за смену, то с аппаратом «Мультиплаз-2500» бригада из 1–2 человек за то же время обслуживает 12–15 точек).

По результатам проведенных работ был сделан вывод о возможности эффективной замены традиционного сварочного оборудования аппаратом «Мультиплаз-2500» для проведения соответствующих работ ремонтно-эксплуатационными предприятиями ЖКХ.

Главные преимущества плазматрона «Мультиплаз-2500» по сравнению с традиционными сварочными аппаратами таковы:

• многофункциональность (сварка, пайкосварка, пайка, резка, термообработка);

• наличие режимов косвенной и прямой дуги;

• полная электровзрывопожаробезопасность;

• абсолютная экологическая чистота рабочего процесса;

• высокая температура в факеле (до 8000 °С);

• возможность резки любого земного материала (!);

• высокая точечная концентрация энергии в рабочей зоне;

• маленькая зона термического влияния;

• возможность сварки «на воздухе» некоторых сортов нержавеющей стали, сплавов алюминия и чугуна (без термоподготовки обычной присадкой типа СВ-08, СВ-08Г2С);

• высокое качество сварного шва;

• высокое качество соединений, полученных методами пайки и пайкосварки;

• питание от бытовой электросети (220 В, 50 Гц);

• абсолютная общедоступность рабочей жидкости (вода или спиртовая смесь);

• малые габаритные размеры (размещается в наплечной сумке);

• маленькая масса (6,5 кг).

Таким образом, мировая практика сварочных технологий и их аппаратурного оформления обогатилась уникальным многофункциональным портативным плазменным сварочным аппаратом «Мультиплаз-2500»!

Цена аппарата 39 900 рублей.

ОАО «МУЛЬТИПЛАЗ», отдел продаж
125212, Москва,
Ленинградское ш., д.34, корп.1
Тел.: (095) 150-5304, 150-0509
Факс: (095) 156-4307
E-mail: sales2@multiplaz.ru
www.multiplaz.ru

ДИЛЕРЫ В РЕГИОНАХ

РОССИЯ

г. Москва
ООО «ПЛАЗМА КОРПОРЭЙШН»
125212, г.Москва,
Ленинградское ш., д. 34, корп. 1
Тел. (095) 136-61-21; 959-01-13

г. Санкт-Петербург
ЗАО НПФ «ВАКОМ»
Тел. (812) 259-92-32; 259-15-92
Факс(812) 252-22-21
E-mail: vacom@peterlink.ru

г. Санкт-Петербург
ООО «Черный металл»
Тел. (812) 567-37-15; 567-35-17; 567-35-27
E-mail: awk@blackmetall.ru

г. Саратов
ООО «Интерплазм»
Тел. (8452) 23-68-37; 26-68-37; 26-96-81
E-mail: intermed@renet.ru

г. Тула
ООО «Дружный Дом»
Тел. (0872) 39-04-34
Факс(0872) 39-04-34

г. Таганрог
ЗАО «Сталкер»
Тел. (8634) 38-30-21
Факс(8634) 36-22-69
E-mail: stalkers@mailru.com

г.Казань
ООО «Тал & К»
Тел. (917) 393-15-50
Тел./факс(8432) 92-45-90

г. Оренбург
Фирма «Плазма»
Тел. (3532) 65-89-82;29-24-21
Факс(3532) 65-28-25

г. Ставрополь
ПБОЮЛ Вакуленко Василий Иванович
Тел. (8652) 56-33-47, 23-05-57
E-mail: canshop@stavropol.net

г. Новосибирск
ЗАО «Научно-исследовательский институт электросвязи»
Тел. (3832) 34-43-46; 32-40-68
Факс(3832) 32-41-61
E-mail: eci@stin.ru

г. Хабаровск
ООО «ДАЛЬПЛАЗМА»
Тел. (902) 542-07-53, 585-14-65, (4212) 25-07-53
Факс(4212) 72-35-51

г. Красноярск
ООО «УЧЕБНЫЙ КОМБИНАТ»
Тел. (3912) 34-89-77; 60-54-86
E-mail: Natasha@kst.ktk.ru
kst@kst.ktk.ru

г. Каменск-Уральский
ООО «Техпром»
Тел. (34378) 2-91-31; 5-99-22
Факс(34378) 3-38-87
E-mail: texprom@kamensktel.ru
www.texprom.ru

г. Иркутск
ООО «Теплобаланс»
Тел. (3952) 22-43-33; 68-05-68
E-mail: teplobalans@irk.ru

г. Архангельск
Благотворительный фонд « Дети Поморья»
Тел. (921) 720-12-22;
(8182) 62-57-26
Факс(8182) 66-56-36

г. Барнаул
ООО «Компания «БМБ-Трейд»
Тел./факс (385-2) 45-04-05, 45-05-04
E-mail: bmbtrade@rol.ru

г. Липецк
ОАО «РЕГИОН»
Тел. (0742) 28-37-62; 28-37-73
Факс(0742) 28-37-58
E-mail: interpak@lipetsk.ru

г. Сыктывкар
ООО «КАИС»
Тел. (8212) 21-67-84, 27-07-28
Факс(8212) 21-43-82
E-mail: kais1@sofihome.net

г. Орел
ИП Сильвисюк Виктор Николаевич
Тел. (0862) 77-79-56
Факс(0862) 43-80-40

г. Снежинск
ООО «ТехноЮст»
Тел. (35172) 3-93-50; 2-43-34
Факс(35172) 3-93-50

г. Якутск
ООО «НОВА»
Тел. (4112) 749-249
E-mail: nova_yakutsk@rambler.ru

г. Полярные Зори
ТО ООО «ГМ «Практика»
Тел. (921) 645-75-59

г. Смоленск
ЗАО «АФИНА»
Тел./факс (08122) 3-96-01; 3-32-80
E-mail: afina56@rambler.ru

г. Нижневартовск,
ЗАО «Сибирский клуб»
Тел. (3466) 24-50-89. Факс: 24-17-10
E-mail: sibklub@pride-net.ru

г. Тюмень,
ООО «Все для сварки»
Тел./факс (3452) 21-48-96, 21-21-07, 21-48-03
E-mail: abs2233@e-mail.ru

УКРАИНА

г. Киев
Частное предприятие «ТМВ» Киев
Тел. (044) 237-68-68
Тел./факс (044) 244-57-67
E-mail: tmv@w-mail.com.ua

г. Кривой Рог
Частное предприятие «ТМВ»
Тел. (0564) 92-28-11; 92-28-02
E-mail: tmv@alba.dp.ua

ЛИТВА

г.Вильнюс
ЗАО «ПОЛИКОПИЯ»
LT2055, ул.Вилейшиса, д.18
Тел. (698) 46-494
(699) 81-924
(5) 234-60-30
Факс(5) 234-60-26
E-mail: office@polikopija.lt
www.polikopija.lt

БЕЛАРУСЬ

г. Минск
ОДО «НИАКОМ», УНН-190398925,
Тел. 8-0296-592-387
Факс (17) 230-80-56
E-mail: kvaby@yahoo.com
WWW: http://
www.belmultiplaz.boxmail.biz

Офисное здание, использующее естественные источники энергии

В Германии построено крупнейшее в мире офисное здание, использующее естественные источники энергии (так называемое «пассивное здание»). В здании площадью 7000 м² смогут работать 420 служащих. На его фасаде, имеющем скругленную форму, нет обычных больших окон. Они выходят во внутренний атримум с застекленной крышей.

В теплый период года для предотвращения перегревания помещений стеклянную крышу перекрывают дополнительным прозрачным щитом. Поддержание комфортной температуры воздуха в помещениях обеспечивается всасыванием наружного воздуха по 40 подземным каналам протяженностью 100 м. Температура земли в течение года изменяется в очень малых пределах (12...14 °С), что обеспечивает необходимое охлаждение или нагрев наружного воздуха, который затем подается в помещения офисов.

Наружная обшивка крыши представляет собой фоточувствительный слой. Преобразованная в нем солнечная энергия может покрыть 6 % энергетических потребностей здания.

Общая экономия энергии в здании в переводе на количество диоксида углерода, образующегося при производстве этой энергии, составляет 158 т.

Возведение такого энергосберегающего офисного здания сравнимо по затратам со строительством традиционного офисного здания. Но благодаря использованию естественных источников энергии годовая экономия за счет энергосбережения составляет 32 000 долл. в год.

ASHRAE Journal
February 2003, p.6.

ХЛАДАГЕНТЫ, МАСЛА, СЕРВИС ХОЛОДИЛЬНЫХ СИСТЕМ

МОНОГРАФИЯ

Б.С. БАБАКИН
(2003 г., 470 с., тираж 2500 экз.)

В монографии рассмотрены современные хладагенты и холодильные масла, а также вопросы эксплуатации и сервиса холодильных систем, связанные с применением хладагентов и масел.

Освещены проблемы экологической безопасности при использовании хладагентов в холодильной технике. Подробно рассмотрены хладагенты групп ХФУ, ФУ на основе углеводородов, одно- и многокомпонентные альтернативные хладагенты и сервисные смеси групп ГХФУ, ГФУ.

Приведены свойства масел отечественного и зарубежного производства. Особое внимание уделено растворимости в хладагентах масел, их совместимости с последними, а также с пластмассами и металлами. Приведены особенности эксплуатации систем смазки компрессоров в холодильной технике.

Большой раздел посвящен ретрофиту холодильного оборудования с заменой R12, R502, R500 и R22 на R134a, R401A, R401B, R404A, R507, R409A, R408, R402A, R402B, R406A, R407C, R600a и др.

Рассмотрены технические средства для сервиса холодильных систем, правила безопасности при работе с альтернативными хладагентами, их воздействие на организм человека.

Монография предназначена для инженерно-технических работников, а также рекомендуется в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по специальностям 23010008, 101700, 271500, 270900.

По вопросам приобретения книги обращайтесь по тел.: 277-03-43, 277-07-22.

Из Бюллетеня МИХ

ПОКАЗАТЕЛИ ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТИ ХЛАДАГЕНТОВ

Вводится новый показатель для классификации воспламеняемых хладагентов. Показатели воспламеняемости, которые использует общество ASHRAE, не всегда согласуются с результатами испытаний на возгорание, что было показано на примере R152a и аммиака. Новый показатель – отношение стехиометрической концентрации к концентрации LFL (коэффициент R) представляет результаты испытаний более точно. Кроме того он отлично согласуется с другими параметрами воспламеняемости, такими как скорость образования пламени и коэффициент повышения давления.

O. Kataoka // Trans. JSRAE, JP, 2 001; suppl.; vol. 18, № 3; 289-298
БМИХ, 2002, № 6, с. 37

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕПЛООТДАЧИ ПРИ КОНДЕНСАЦИИ ВНУТРИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ТРЕУГОЛЬНЫХ МИНИ-КАНАЛОВ

Представлена аналитическая модель процесса пленочной конденсации пара, текущего внутри вертикального треугольного мини-канала. Поле двухфазного потока жидкость-пар разделено на три зоны: тонкая жидкая пленка на боковой стенке, конденсат в углах и средний поток пара в центре. Определили, что изменение среднего по поперечному сечению коэффициента теплоотдачи вдоль оси значительно выше, чем внутри круглой трубы, имеющей такой же гидравлический диаметр. Это связывают с пленкой жидкости чрезвычайно малой толщины на боковой стенке, которая возникает при стекании к углам канала и определяется поверхностным натяжением.

T.S. Zhao, Q. Liao // Int. J. Heat and Mass Transfer., GB, 2002, 06, vol. 45, № 13, 2829-2842
БМИХ, 2002, № 6, с. 40

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПЛЕНОЧНОЙ КОНДЕНСАЦИИ В ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ТРУБАХ С МИКРООРЕБРЕНИЕМ

Ранее предложенные теоретические модели пленочной конденсации в горизонтальных трубах с микрооребрением были изменены с целью более точного описания характеристик конденсирующегося двухфазного потока.

В расслоенном потоке новая модель учитывает искривление расслоенного конденсата, связанное с поверхностным натяжением.

В режиме кольцевого потока в модель введено более точное выражение напряжения сдвига на поверхности раздела.

Сравнение расчетов по модифицированным моделям с имеющимся экспериментальными данными показало, что в большинстве случаев получено хорошее совпадение.

H.S. Wang, H. Honda, S. Nozu // Int. J. Heat Mass Transf., US, 2002.03; vol. 45, № 7, 1513-1523
БМИХ, 2002, №

ТЕПЛООТДАЧА ПРИ ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ КОНВЕКЦИИ НА НАКЛОННОЙ ТРУБКЕ

Проведены опыты для определения коэффициентов теплоотдачи воздушного потока при принудительном обдувании цилиндрического препятствия, которое наклонено к оси потока как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости.

Опыты охватывали широкий диапазон углов атаки и углов скольжения и проводились в диапазоне чисел Рейнольдса от 1000 до 7000.

Было установлено, что коэффициенты теплоотдачи совсем не зависят от углов атаки и скольжения. Это позволило представить результаты экспериментов простым уравнением с точностью ± 4 %.

M.Y. Wen, K.J. Jang // Int. J. Heat and Mass Transf., US, 2002.05; vol. 45, № 10, 2031–2042
БМИХ, 2002, № 6, с. 40

КИПЕНИЕ ТРОЙНЫХ СМЕСЕЙ

Рассматривается процесс кипения тройных смесей в вертикальных трубках. Опыты проводили в нагреваемой электричеством секции длиной 8,58 м с внутренним диаметром 25,4 мм. Использовали смесь n-пентан/n-гексан/изооктан (молярное содержание 0,31/0,22/0,47).

Измеряли температуру потока и стенок, а также местные коэффициенты теплоотдачи. Результаты измерений сравнивали с расчетами по методологии, ранее предложенной авторами для бинарных смесей в направленном вверх кольцевом потоке и модифицированной для тройных (и многокомпонентных) смесей.

J.R. Barbosa Jr., T. Kandlbnder, G.F. Hevitt // Int. J. Heat Mass Transf., GB, 2002.06, vol. 45, № 13, 2655–2665
БМИХ, 2002, № 6, с. 41

ОБОБЩЕННОЕ УРАВНЕНИЕ ТЕПЛООТДАЧИ ПРИ КИПЕНИИ ХЛАДАГЕНТОВ В ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ТРУБКАХ С МИКРООРЕБРЕНИЕМ

Зависимость получена путем введения безразмерных параметров, определяющих усиление теплоотдачи в оребренных трубках, в основное уравнение для гладкой трубы. База данных для обобщенного уравнения насчитывает 749 экспериментальных точек для 5 раз-

личных хладагентов. Полученная зависимость относительно проста и хорошо согласуется с экспериментальными данными. Среднее отклонение по сравнению с имеющимися в литературе данными составляет 20,5 %.

R. Yun, Y. Kim, K. Seo, et al. // Int. J. Heat Mass Transf., US, 2002.05, vol. 45, № 10, 2003–2010
БМИХ, 2002, № 6, с. 41

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ПРИНЦИПА ОДНОРОДНОСТИ ПОЛЯ РАЗНОСТИ ТЕМПЕРАТУР В ТЕПЛООБМЕННИКЕ

Выполнено теоретическое обоснование и приведено экспериментальное подтверждение принципа, лежащего в основе повышения эффективности теплообменников: чем более однородно поле разности температур (TDF) в теплообменнике, тем выше его эффективность.

Изучены 13 типов теплообменников как аналитически, так и численным моделированием. Результаты исследования подтверждают принцип однородности TDF. Сделаны выводы о необходимости поиска конструктивных способов повышения эффективности традиционных теплообменников с учетом названного принципа.

Z.Y. Guo, S.Q. Zhou, Z.X. Li et al. // Int. J. Heat Mass Transf., US, 2002.05; vol. 45, № 10, 2119–2127
БМИХ, 2002, № 6, с. 43

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ АККУМУЛЯЦИИ ХОЛОДА

Возникшие в последнее время проблемы в области электроэнергетики привлекли большое внимание к технологиям аккумуляции холода. Промышленное охлаждение, являясь большим потребителем электроэнергии, в то же время представляет собой одну из немногих областей, где методы регулирования нагрузки являются опробованными и дают реальную экономию. Системы аккумуляции холода могут значительно снизить потребность в электроэнергии и позволят использовать льготные тарифы в ночное время суток.

Sivetti B. // ASHRAE J., US, 2002.02; vol. 44, № 2, 30–35
БМИХ, 2002, № 6, с. 44

АНАЛИЗ ШУМА ОТ ОБРАТНОГО КЛАПАНА, УСТАНОВЛЕННОГО В СПИРАЛЬНОМ КОМПРЕССОРЕ

Спиральный компрессор обладает фиксированной степенью сжатия, при этом наблюдается чрезмерное перемещение рабочего элемента обратного клапана при нестандартных параметрах процесса сжатия. Кроме того, скорость движения в случае использования R410A больше, чем при работе на R22 или R407C.

Авторы статьи измеряли перемещение рабочего органа обратного клапана, используя датчик зазора, а также измеряли шум компрессора в различных рабочих условиях.

Исследовали шум в зависимости от режима. Сделан вывод, что можно снизить шум спирального компрессора путем оптимизации степени сжатия.

Y.K. Kim, M.K. Kiem, D. Lee, et al. // Trans. JSRAE, JP, 2001; vol. 18, № 3, 341–346
БИМХ, 2002, № 6, с. 45

ГЕРМЕТИЧНЫЙ КОМПРЕССОР ДЛЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА

Разработан опытный образец герметичного компрессора с катящимся поршнем для работы на CO_2. Компрессор имеет низкий уровень вибрации и шума. Применено двухступенчатое сжатие (в двух цилиндрах), так как перепад давлений слишком велик для одной ступени. Внутреннее давление в кожухе поддерживается на промежуточном уровне, для того чтобы свести к минимуму перетечки между камерами сжатия и внутренней полостью кожуха.

Планируется изучить работу компрессора в тепловом насосе, обеспечивающем нагрев воды, и в других установках. Компрессор отличается высокими эффективностью и надежностью при небольших габаритных размерах и массе.

S. Imai, A. Oda, T. Ebara // Trans. JSRAE, JP, 2001; vol. 18, № 3, 233–241
БМИХ, 2002, № 6, с. 45

ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ ХОЛОДИЛЬНЫХ КОМПРЕССОРОВ

Приводится несколько примеров, которые показывают, в каком направлении идет совершенствование холодильных компрессоров. При создании центробежных компрессоров используется моделирование в ходе конструирования, испытания и изготовления. Совершенствование идет по линии улучшения рабочих характеристик, а также связано с заменой хладагентов. В спиральных компрессорах новшества коснулись конструкции клапанов и уравновешивания газовых сил. В винтовых компрессорах применяют новые профили и керамические шариковые подшипники. В винтовых компрессорах новым является использование машины Циммерна, которая уравновешивает осевые и радиальные усилия. В поршневых компрессорах все чаще применяют пластик для клапанных пластин и поршневых колец. Большие надежды возлагаются на использование электронного регулирования частоты вращения и, следовательно, нагрузки. Другими заслуживающими внимание разработками являются исследования в области акустических компрессоров, воздушных и водяных циклов и совершенствование электронных регулирующих вентилей.

A. Kitchener // Ind. Farm., IT, 2001, vol. 25, № 7, 23–28
БМИХ, 2002, № 6, с. 45

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЕЙ

Рассмотрен новый метод теплового расчета воздухоохладителей, охлаждаемых водой и работающих во влажной среде. Расчет проводится по средней температуре поверхности змеевика. Процесс теплопередачи разбивается на два: между охлаждающей водой и змеевиком и слоем воды на змеевике и воздухом. Граничным условием в каждом из этих процессов является средняя температура

поверхности змеевика. Эксперимент подтверждает точность расчета во всем диапазоне рабочих условий.

J. Wang // HV & AC, CN, 2001.10; vol. 31, № 142, 88–90
БМИХ, 2002, № 6, с. 46

РЫНОК ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА В СТРАНАХ ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ

В 2001 г. рынок централизованных установок кондиционирования воздуха в странах Западной Европы составил 1700 млн долл. США, причем за первое место боролись Германия и Италия. Несмотря на спад мировой экономики в связи с терроризмом, спрос на кондиционеры с чиллерами увеличился в Европе на 12 %, на кондиционеры с воздухоохладителями – на 8,5 %. Растут также продажи центральных установок обработки воздуха, главным образом в странах юга Европы.

Instalador, ES, 2002.02, № 383, 9–14
БМИХ, 2002, № 6, с. 64

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ С АККУМУЛЯЦИЕЙ ХОЛОДА

Описаны структура, алгоритм и характеристики компьютерной программы, посредством которой могут быть рассчитана нагрузка, выбрана и спроектирована система кондиционирования, работающая на основе аккумуляции холода, рассчитаны ежегодный расход энергии и эксплуатационные расходы. Автор приводит пример расчета системы кондиционирования воздуха с аккумуляцией холода в высотном здании одного из городов Китая посредством этой программы, анализирует и оценивает результаты расчета.

H. Zhang, X. Liu // HV & AC, CN, 2001.10; vol. 31, № 142, 69–72
БМИХ, 2002, № 6, с.70

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛООБМЕННИКА ТИПА «ЗЕМЛЯ–ВОЗДУХ», ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

Модель основана на представлении температуры в виде интеграла Фурье. Для элементов с высокой частотой (с периодом порядка 24 ч) используется точное аналитическое решение. Расчет элементов низкой частоты (с периодом около одного года) основывается на моделировании трубы как линейного теплового источника. Оценивается степень снижения эффективности теплообменника при уменьшении расстояния между его трубами. Рассчитаны зависимости тепловой мощности системы от длины и диаметра труб, глубины их залегания и расхода воздушного потока. Получено аналитическое решение для оптимальной длины труб. Рассчитано изменение тепловой мощности системы в процессе ее эксплуатации за 10-летний период.

V.P. Kabashnikov, L.N. Danilevski, V.P. Nekrasov, et al. // Int. J. Heat Mass Transf., US, 2002.05; vol. 45, № 10, 2407–2418
БМИХ, 2002, № 6, с. 71

УТЕЧКИ ХЛАДАГЕНТА R134a ИЗ АВТОМОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Выбросы R134a разделяются на три типа: регламентированные, нерегулярные (непредвиденные) и эмиссия в результате стравливания хладагента системой регулирования. На основании изучения 1000 автомобильных систем кондиционирования воздуха в 9 гаражах в 2000 г. количество регламентированных утечек оценивается в 6,3 % в год (допустимый предел 25 %) за первые 7 лет использования систем кондиционирования после пуска в эксплуатацию. Нерегулярные утечки составляют приблизительно 2 % в год. Эмиссия в результате стравливания хладагента оценивается в 2 % в год. Таким образом, общая эмиссия составляет приблизительно 10 % в год.

W. Schwarz // KI Luft Kältetch., DE, 2002.02, vol. 38, № 2, 78–80
БМИХ, 2002, № 6, с. 74

КОМПРЕССИОННЫЕ ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ СМЕСЬ ВОДЫ И ЭТАНОЛА В КАЧЕСТВЕ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ

Уровень температуры рабочей жидкости был установлен ниже 100 °С. При низких температурах давление всасываемого пара будет низким, а влияние механических потерь компрессора на холодильный коэффициент – большим.

Определена зависимость коэффициента преобразования от механических потерь в компрессоре в диапазоне мольной концентрации этанола от 0 до 1. В цикле на смеси вода–этанол можно повысить коэффициент преобразования и снизить рабочую температуру по сравнению с циклом на воде. При добавлении этанола к воде также уменьшаются необратимые потери в теплообменниках. Поскольку смесь вода–этанол является зеотропной, температура кипения непостоянна.

N. Endo, A. Yabe, I. Yamashita // Trans. JSRAE, JP, 2001, vol. 18, № 3, 243–252
БМИХ, 2002, № 6, с. 75