

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ

Издается с января 1912 г. Москва

Выходил под названиями:

1912 – 1917 – "ХОЛОДИЛЬНОЕ ДЕЛО"

1923 – 1924 – "Холодильное и военское дело"

1925 – 1936 – "ХОЛОДИЛЬНОЕ ДЕЛО"

1937 – 1940 – "Холодильная промышленность"

с 1941 – "ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА"

Учредитель –

Издательство «Холодильная техника»

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ

Минпромнауки России

Международной академии холода

Главный редактор

Л.Д.Акимова

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А.М.Архаров

И.И.Орехов

А.В.Бараненко

И.А.Рогов

Г.А.Белозеров

В.В.Румянцев

Б.М.Бершицкий

В.И.Смыслов

О.В.Большаков

И.Я.Сухомлинов

В.М.Бродянский

О.М.Таганцев

А.В.Быков

Н.В.Товарас

В.А.Выгодин

В.Н.Фадеев

Л.В.Галимова

И.Г.Хисамеев

А.А.Гоголин

О.Б.Цветков

А.К.Грезин

И.Г.Чумак

И.М.Калнинь

А.В.Шаманов

А.А.Мифтахов

Ответственный секретарь

Е.В.Плуталова

Дизайн и компьютерная верстка

Т.А.Миансарова

Компьютерный набор Н.А.Ляхова

Корректор Т.Т.Талдыкина

Ответственность за достоверность

рекламы несут рекламодатели.

Рукописи не возвращаются.

Адрес редакции:

107996, ГСП-6, Москва,

ул. Садовая-Спасская, д. 18

Телефоны: (095) 207-5314, 207-2396

Тел./факс: (095) 975-3638

E-mail: holodteh@ropnet.ru

http://www.holodteh.ru

Подписано в печать 10.07.2003.

Формат 60x88<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Офсетная печать.

Усл. печ. л. 6,0.

Отпечатано в ООО «АфиксСистема»



© Холодильная техника, 2003

# ЛЬНАЯ НИКА

Inaya Tekhnika

IN ISSUE:

## КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА

Кокорин О.Я., Комиссаров В.В.  
Энергосберегающие системы  
кондиционирования воздуха

## AIR CONDITIONING

Kokorin O.Ya., Komissarov V.V.  
Energy-saving air conditioning  
systems

## НАУКА И ТЕХНИКА

Калнинь И.М., Васютин В.А.,  
Пустовалов С.Б. Условия  
эффективного применения диоксида  
углерода в качестве рабочего  
вещества тепловых насосов

## SCIENCE AND TECHNIQUE

Kalnin I.M., Vasyutin V.A.,  
Pustovalov S.B. Conditions for effective  
use of carbon dioxide as a working  
fluid in heat pumps

ГЕА ГРАССО  
Аммиачные холодильные машины  
фирмы «Грассо» для пищевой,  
химической промышленности и  
систем промышленного кондициони-  
рования

GEA GRASSO  
Ammonia refrigerating machines of  
Grasso company for food, chemical  
industry and for systems of industrial  
air conditioning

КРИОТЕК  
Сравнительный анализ скороморо-  
зильных аппаратов

CRYOTECH  
Comparative analysis of quick freezing  
apparatuses

ЙОРК ИНТЕРНЭШНЛ  
Системы охлаждения в пивоварен-  
ной промышленности  
Концепция фирмы  
«Йорк Интернэшнл»

YORK INTERNATIONAL  
Refrigerating systems in brewing  
industry  
Concept of the company York  
International

## СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Продукция, прошедшая сертифика-  
цию в НП «СЦ НАСТХОЛ» в июне 2003 г.  
и получившая разрешение Госгортех-  
надзора России на право примене-  
ния во взрывопожароопасных произ-  
водствах

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

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Архаров А.М. О книге «Вечный двига-  
тель прежде и теперь»

## BOOKS REVIEW

Arkharov A.M. About a book «Perpetum  
mobile before and now»

## ДЛЯ ПРАКТИКОВ

Новожилов Ю.Н. Экономичное  
получение холода

## ASSISTANCE TO PRACTICAL WORKERS

Novozhilov Yu.N. Economic production  
of cold

## ХРОНИКА

IX Международный симпозиум  
«Потребители–производители  
компрессоров и компрессорного  
оборудования-2003»

## CHRONICLE

IX International symposium  
«Consumers-producers of  
compressors and compressor  
equipment-2003»

## МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ SHK Moscow 2003

## INTERNATIONAL EXHIBITIONS SHK Moscow-2003

## В МЕЖДУНАРОДНОМ ИНСТИТУТЕ ХОЛОДА

Из Бюллетеня МИХ

## AT INTERNATIONAL INSTITUTE OF REFRIGERATION

From Bulletin of IIR

## ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ!

Юрию Николаевичу Дубровину 50 лет

## CONGRATULATIONS ON JUBILEE!

Yury Nicolaevich Dubrovin is 50 years old

## ЗАРУБЕЖНЫЕ НОВОСТИ

Коптелов К.А. Оптимальные режимы  
низкотемпературной обработки мяса  
и мясopодуKтоB на холодильниках  
Германии

## FOREIGN NEWS

Коптелов К.А. Optimum conditions of  
low temperature treatment of meat  
and meat products at German cold  
stores

М. О. Гмирьова

# Энергосберегающие системы кондиционирования воздуха

Д-р техн. наук, профессор **О. Я. КОКОРИН**  
МГСУ,  
**В. В. КОМИССАРОВ**  
ЗАО «Вента»

**Фирма «Вента» разрабатывает и изготавливает новое оборудование для энергоэффективных и надежных в работе систем вентиляции и кондиционирования.**

Так, например, новый роторный пластинчатый теплообменник РПТМ отличается тем, что его можно легко очистить от выпадающих из жесткой воды солей, чего нельзя достигнуть в широко используемых орошаемых насадках типа «Мунтерс». Благодаря этому снижается энергопотребление и увеличивается надежность и эффективность работы всей системы, что делает ее более современной и конкурентоспособной. В публикуемой статье рассмотрено применение РПТМ в центральном кондиционере для осуществления режима адиабатного увлажнения подогретого приточного воздуха

Современная система кондиционирования воздуха (СКВ) должна отвечать следующим требованиям:

- состоять из надежного и простого для обслуживания оборудования;
- обеспечивать при круглогодовой работе значительное (до 60 %) сокращение энергопотребления;
- не причинять вреда окружающей среде.

Новое технологическое оборудование позволяет снизить энергозатраты по сравнению с традиционными центральными СКВ [1].

В качестве примера энергоэффективного решения рассмотрим местную центральную СКВ для предприятия точного машиностроения. В центральном прямоточном кондиционере энергетически рационально готовить приточный наружный воздух, расход которого  $L_{\text{пр}}$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) отвечает санитарно-гигиеническим нормам [4] и который поглощает расчетные влаговыведения в помещении  $W_{\text{вл}}$  ( $\text{г}/\text{ч}$ ). Для этого необходимо охлаждать и осушать приточный наружный воздух  $L_{\text{пр}}$ .

Энергетически рациональный режим приготовления приточного воздуха в СКВ удобно определять с помощью  $I-d$ -диаграммы (рис. 1). Прежде всего на нее наносят расчетные параметры наружного воздуха для теплого (точка  $H$ ) и холодного ( $H_x$ ) периодов года и требуемые параметры внутреннего воздуха (точка  $B$ ).

Расчет СКВ начинают с теплого периода года при параметрах наружного воздуха Б в Москве [4]:  $t_n = 28,5^\circ\text{C}$ ,  $I_n = 54 \text{ кДж/кг}$ ;  $d_n = 10 \text{ г/кг}$ .

СКВ обслуживает цех электронно-технического производства, где в рабочей зоне необходимо круглый год

*The unitary-central air-conditioning system for the shop of production of electronic equipment is considered as an example of energy-saving air conditioning system. The incoming outside air is prepared in the central air conditioner in compliance with sanitary standards on the quantity and moisture absorption. In the unitary fan air conditioners the air from the central air conditioner is mixed with the cooled inside air and comes into the working zone with the temperature as selected according to conditions of comfort. The modes of operation of the unitary-central air-conditioning system in winter and summer period are considered. The advantages of the described air conditioning system are presented in comparison to the central one.*

поддерживать температуру воздуха  $t_b = 20 \dots 22$  °С при относительной влажности  $\phi_b = 45 - 50$  % [1]. В цехе работают 20 человек, выполняющих работу средней тяжести. Явные тепловыделения при этом составляют 90 Вт/чел., влаговыделения – 160 г/(чел.ч). Общие влаговыделения в цехе

$$W_{\text{вЛ}} = 20 \cdot 160 = 3200 \text{ г/ч.}$$

Минимальный расход приточного наружного воздуха по санитарным нормам на одного человека  $l_{\text{пн}} = 60 \text{ м}^3/\text{ч}$  [4]. Тогда для цеха

$$L_{\text{пн}} = 20 \cdot 60 = 1200 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Требуемую поглотительную способность (г/кг) приточного наружного воздуха по влаговыведениям вычисляем по выражению

$$\Delta d_{\text{ac,III}} = \frac{W_{\text{BJI}}}{L_{\text{III}} \rho_{\text{III}}}, \quad (1)$$

где  $\rho_{\text{ин}}$  — массовая плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

$$\Delta d_{\text{ac.тн}} = \frac{3200}{1200 \cdot 1,2} = 2,2 \text{ г/кг.}$$

Подача приготовленного приточного воздуха в рабочую зону и забор на вытяжку отепленного и загазованного воздуха под потолком позволяют улучшить санитарно-гигиенические качества воздуха в рабочей зоне по сравнению с традиционной организацией воздухообмена по схеме сверху – вверх [1]. Температура удаляемого вытяжного воздуха (°C) под потолком определяем по выражению

$$t_v = K_L (t_b - t_n) + t_n. \quad (2)$$

По условиям комфортности принимаем температуру приточного воздуха, поступающего в рабочую зону цеха,  $t_n = 17,5^\circ\text{C}$ . Показатель эффективности организации воздухообмена  $K_L$  можно определить по графику на рис. 1.4 на с. 24 [2].

Для производственного помещения при равномерном распределении рабочих мест с выделением тепла по площади можно принять  $K_f = 2,1$ .

Тогда по формуле (2) получаем

$$t_v = 2,1 (22 - 17,5) + 17,5 = 27 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Дальнейшее построение на  $I-d$ -диаграмме расчетного режима работы местно-центральной СКВ в летний период в цехе электронно-технического производства приведено на правой части рис. 1. Приточный наружный воздух (точка  $H$ ) охлаждается и осушается в воздухоохладителе центрального кондиционера до параметров точки  $OX$ : температура  $t_{ox} = 10,5^\circ\text{C}$ ; влагосодержание  $d_{ox} = 6,6 \text{ г/кг}$ ; энтальпия  $I_{ox} = 27 \text{ кДж/кг}$ . В приточном вентиляторе и воздуховодах охлажденный наружный воздух нагревается на  $1,5^\circ\text{C}$  (точка  $ПН$ ) и с параметрами  $t_{пн} = 12^\circ\text{C}$ ;  $d_{пн} = 6,6 \text{ г/кг}$ ;  $I_{пн} = 28,5 \text{ кДж/кг}$  поступает в местные вентиляторные агрегаты, где смешивается с охлажденным внутренним воздухом (точка  $B.OX$ ). Температура охлажденного внутреннего воздуха должна быть такой, чтобы обеспечивать получение температуры смеси, равной температуре приточного воздуха, поступающего в рабочую зону,  $t_{см} = t_{пн} = 17,5^\circ\text{C}$  (выбранной по условиям теплового комфорта). Ее вычисляют из условия поглощения явных теплоизбытков в цехе.

Общие явные теплоизбытки в цехе составляют  $20 \text{ кВт}$ . Охлажденный наружный воздух поглощает

$$Q_{т.изб.пн} = L_{пн} \rho_{пн} c_p (t_y - t_{пн}) / 3,6 = 1200 \cdot 1,22 \cdot 1 \cdot (27 - 12) / 3,6 = 6100 \text{ Вт}.$$

В воздухоохладителях местных вентиляторных агрегатов от внутреннего воздуха должен быть отведен остаток явных теплоизбытков:

$$Q_{т.изб.в.ох} = Q_{т.изб.} - Q_{т.изб.пн} = 20000 - 6100 = 13900 \text{ Вт}.$$

Примем температуру охлажденного при постоянном влагосодержании внутреннего воздуха  $t_{в.ох} = 18^\circ\text{C}$ .

Вычисляем требуемый расход охлажденного внутреннего воздуха:

$$L_{в.ох} = \frac{Q_{т.изб.в.ох} \cdot 3,6}{\rho_{в.ох} c_p (t_{в} - t_{в.ох})} = \frac{13900 \cdot 3,6}{1,2 \cdot 1 \cdot (22 - 18)} = 10437 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Из уравнения смешения наружного и внутреннего охлажденного воздуха вычисляем температуру приточного воздуха, поступающего в рабочую зону из ламинарного воздухораспределителя:

$$t_{пн} = \frac{L_{пн} \rho_{пн} t_{пн} + L_{в.ох} \rho_{в.ох} t_{в.ох}}{(L_{пн} + L_{в.ох}) \rho_{пн}} = \frac{1200 \cdot 1,24 \cdot 12 + 10437 \cdot 1,19 \cdot 18}{(1200 + 10437) 1,2} = 17,5^\circ\text{C}.$$

Полученное значение  $t_{пн} = 17,5^\circ\text{C}$  соответствует принятой выше температуре смеси  $t_{см} = t_{пн} = 17,5^\circ\text{C}$ . Поэтому дальнейших уточнений не производим. Соединяем точки  $ПН$  и  $B.OX$  (см. рис. 1) прямой и в пересечении с изотермой  $t_{пн} = 17,5^\circ\text{C}$  находим влагосодержание приточного воздуха  $d_{пн} = 8 \text{ г/кг}$ .

Определяем возможное влагосодержание удаляемого воздуха, принимая  $K_L = K_{Ld} = 2,1$ :

$$d_y = K_{Ld} (d_{в} - d_{пн}) + d_{пн} = 2,1(8,4 - 8) + 8 = 8,84 \text{ г/кг}.$$

По высоте помещения удаляемый воздух  $L_y = L_{пн} = 1200 \text{ м}^3/\text{ч}$  обладает следующей поглотительной способностью влагоизбытков:

$$\Delta d_{ас.пн} = d_y - d_{пн} = 8,84 - 6,6 = 2,24 \text{ г/кг},$$

что близко к вычисленному выше по формуле (1) значению  $\Delta d_{ас.пн} = 2,2 \text{ г/кг}$ .

В теплый период года в воздухоохладителе централь-

ного кондиционера необходимо поддерживать постоянство параметров охлажденного наружного приточного воздуха. Для их контроля принимается температура охлажденного и осушенного воздуха по мокрому термометру  $t_{ox,м} = 9,5^\circ\text{C}$ .

В левой части рис. 1 на  $I-d$ -диаграмме представлен расчетный режим приготовления приточного наружного воздуха в центральном кондиционере в холодный период года для Москвы [4]. Первоначально наружный воздух с расчетной температурой  $t_{нх} = -26^\circ\text{C}$  нагревается до температуры  $t_{ну} = -5^\circ\text{C}$  теплотой вытяжного воздуха в теплообменнике установки утилизации центрального вытяжного агрегата (процесс  $H_x - H_y$ ). Для получения параметров приточного наружного воздуха в точке  $OX$  необходимо его догреть в калорифере до значения энтальпии  $I_{ox} = 27 \text{ кДж/кг}$  при постоянном влагосодержании  $d_{нх} = 0,6 \text{ г/кг}$ . На пересечении линий

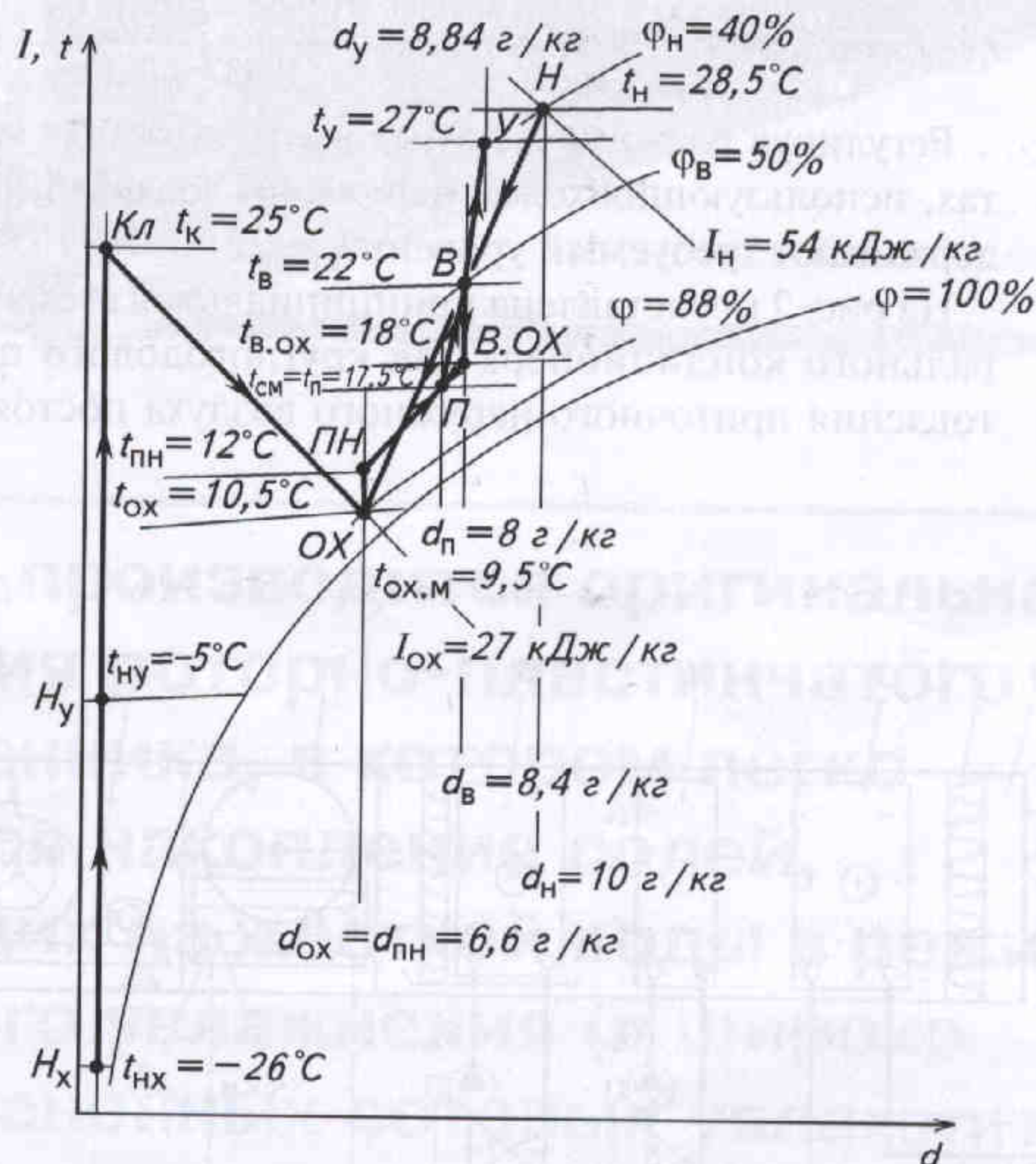


Рис. 1. Построение на  $I-d$ -диаграмме круглогодичных режимов работы местно-центральной СКВ в климате Москвы.

В теплый период года:

$H-OX$  – охлаждение и осушение приточного наружного воздуха;

$OX-ПН$  – нагрев в вентиляторе и приточных воздуховодах;

$B-B.OX$  – охлаждение внутреннего воздуха в местном вентиляторном агрегате при постоянном влагосодержании;

$B.OX-П-ПН$  – смешение в местном вентиляторном агрегате;

$П-B$  – поглощение тепло- и влагоизбытков рабочей зоны цеха приточным воздухом;

$B-Y$  – поглощение по высоте помещения тепло- и влагоизбытков удаляемым вытяжным воздухом.

В холодный период года:

$H_x-H_y$  – нагрев приточного наружного воздуха в теплоотдающем теплообменнике установки утилизации;

$H_y-Kл$  – нагрев приточного наружного воздуха в калорифере;

$Kл-OX$  – адиабатное увлажнение приточного наружного воздуха в блоке адиабатного увлажнения

энтальпии 27 кДж/кг и влагосодержания 0,6 г/кг получим точку  $K_1$  с искомой температурой нагрева в калорифере центрального кондиционера  $t_{кл} = 25^\circ\text{C}$ .

В технологическом блоке с вращающимся ротором (см. рекламу) центрального кондиционера осуществляется режим адиабатного увлажнения подогретого приточного наружного воздуха с изменением его температуры от  $t_{кл} = 25^\circ\text{C}$  до  $t_{ох} = 10,5^\circ\text{C}$ . Для реализации увлажнения в дисковом увлажнителе необходимо обеспечить эффективность

$$E_n = \frac{t_{кл} - t_{ох}}{t_{кл} - t_{ох,м}} = \frac{25 - 10,5}{25 - 9,5} = 0,94.$$

Фирма «Вента» выпускает блоки адиабатного увлажнения, в которых обеспечивается получение  $E_n = 0,95$  (см. фото на рекламе).

В холодный период года общие теплоизбытки в цехе снижаются до 16 кВт, что потребует охлаждения внутреннего воздуха в местном вентиляторном агрегате до температуры

$$t_{в,ох} = t_{в} - \frac{(Q_{т.изб.х} - Q_{т.изб.пн}) \cdot 3,6}{L_{в,ох} \rho_{в,ох} c_p} = 22 - \frac{(16000 - 6100) \cdot 3,6}{10437 \cdot 1,2 \cdot 1} = 19,2^\circ\text{C}.$$

Регулируя расход в местных вентиляторных агрегатах, использующих холод наружного воздуха [2], поддерживают требуемый уровень  $t_{в} = 22^\circ\text{C}$ .

На рис. 2 представлена принципиальная схема центрального кондиционера для круглогодочного приготовления приточного наружного воздуха постоянных

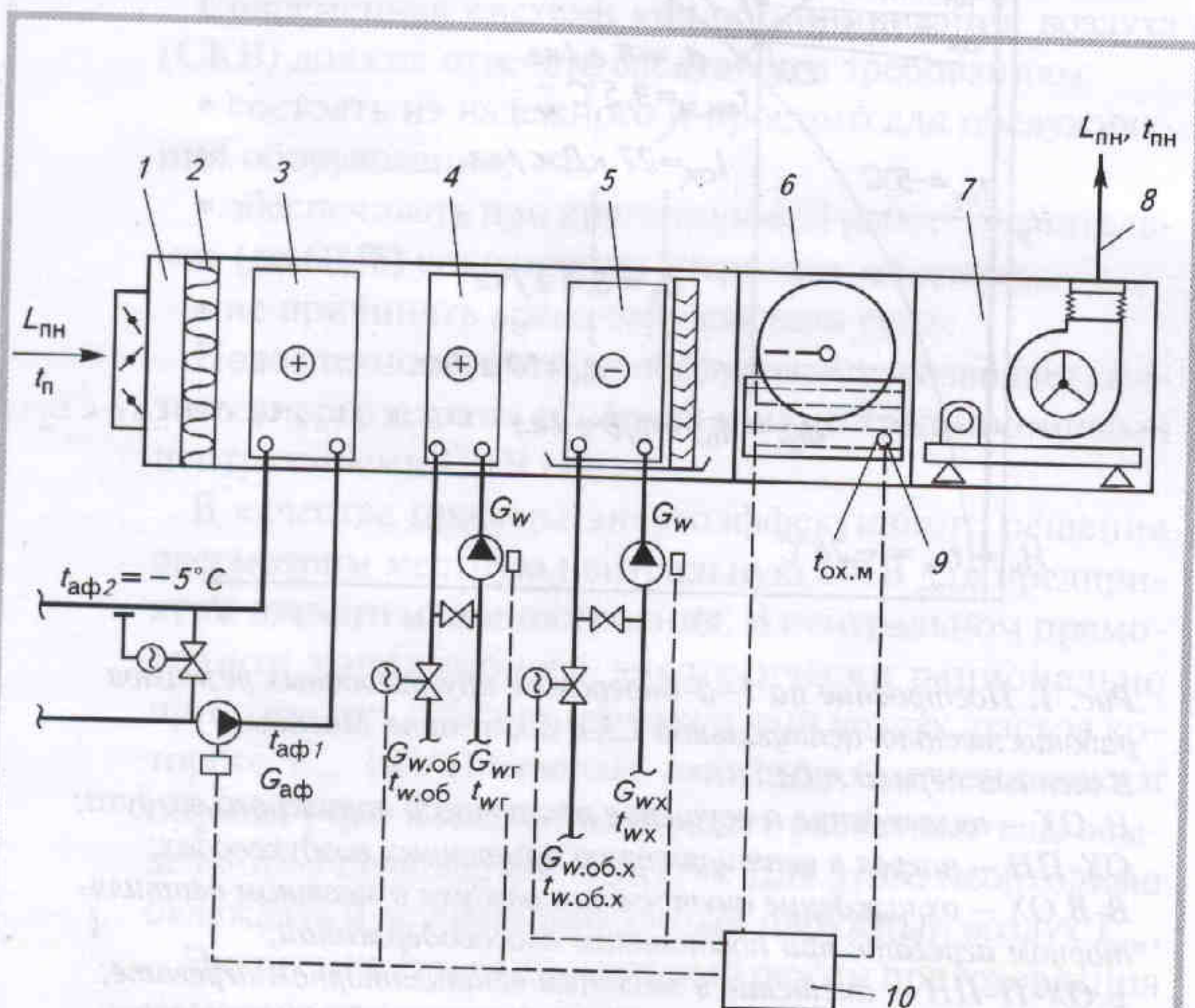


Рис. 2. Принципиальная схема центрального кондиционера круглогодочного приготовления приточного наружного воздуха:

1 - воздушный многостворчатый клапан; 2 - фильтр; 3 - теплоотдающий теплообменник установки утилизации тепла вытяжного воздуха с насосной циркуляцией антифриза; 4 - калорифер с узлом регулирования; 5 - воздухоохладитель с узлом регулирования; 6 - блок адиабатного увлажнения; 7 - приточный вентилятор; 8 - приточные воздуховоды к местным вентиляторным агрегатам; 9 - датчик контроля температуры приготовленного воздуха по мокрому термометру  $t_{ох,м}$ ; 10 - микропроцессорный регулятор

параметров, контролируемых датчиком 9 температуры по мокрому термометру  $t_{ох,м} = \text{const}$ .

В теплый период года к воздухоохладителю 5 подается холодная вода  $G_{wx}$  с температурой  $t_{wx}$ . Циркуляционный насос узла регулирования воздухоохладителя 5 обеспечивает постоянный расход воды  $G_w$ . Скорость ее при протекании через трубки воздухоохладителя 5 в режимах охлаждения рекомендуется принимать 0,6–0,8 м/с, что соответствует развитому турбулентному течению и обеспечивает высокие коэффициенты теплопередачи [3]. Регулирование холодопроизводительности воздухоохладителя 5 осуществляется по команде датчика 9, воздействующего через регулятор 10 на исполнительный механизм на трубопроводе возврата воды на холодильную станцию  $G_{w,об.х}$ . Изменением соотношения  $G_{wx}$  и  $G_{w,об.х}$  достигается изменение температуры воды  $G_w$ , подаваемой насосом в воздухоохладитель. Для экономии электроэнергии на привод циркуляционных насосов при переменном расходе воды рекомендуется применение насосов с электронным изменением частоты вращения приводного электродвигателя.

В переходный период года для нагрева приточного наружного воздуха достаточно теплоты вытяжного воздуха, утилизируемой в теплообменнике 3, в который циркуляционным насосом с электронным регулированием частоты вращения подается отепленный антифриз  $G_{аф}$  с температурой  $t_{аф} = 5^\circ\text{C}$ . Регулирование тепловой нагрузки на теплоотдающий теплообменник 3 установки утилизации осуществляется по команде датчика 9 через регулятор 10 воздействием на электронный регулятор частоты вращения приводного электродвигателя насоса циркуляции антифриза. Одновременно датчик 9 через регулятор 10 включает электродвигатель вращения ротора дискового увлажнителя для адиабатного увлажнения воздуха в блоке 6.

Зимой при низких температурах наружного воздуха недостаточно теплоты вытяжного воздуха, утилизируемой в теплообменнике 3, для подогрева приточного наружного воздуха до температуры, соответствующей постоянной энтальпии  $I_{ох}$ . Датчик 9 через регулятор 10 подает команду на пуск циркуляционного насоса калорифера 4. Расход воды через калорифер 4 благодаря работе циркуляционного насоса постоянен. Скорость воды не ниже 0,12 м/с, что соответствует границе развитого турбулентного течения горячей воды [3] и рекомендуется для предохранения от замерзания воды в калорифере [4].

Из приведенного описания работы центрального кондиционера следует, что обеспечение энергетически эффективных режимов круглогодочного приготовления приточного наружного воздуха достигается утилизацией теплоты вытяжного воздуха и применением циркуляционных насосов с регулируемой частотой вращения. Приготовленный приточный наружный воздух приточным вентилятором 7 по воздуховодам 8 подводится к камерам смешения местных охлаждающих вентиляторных агрегатов.

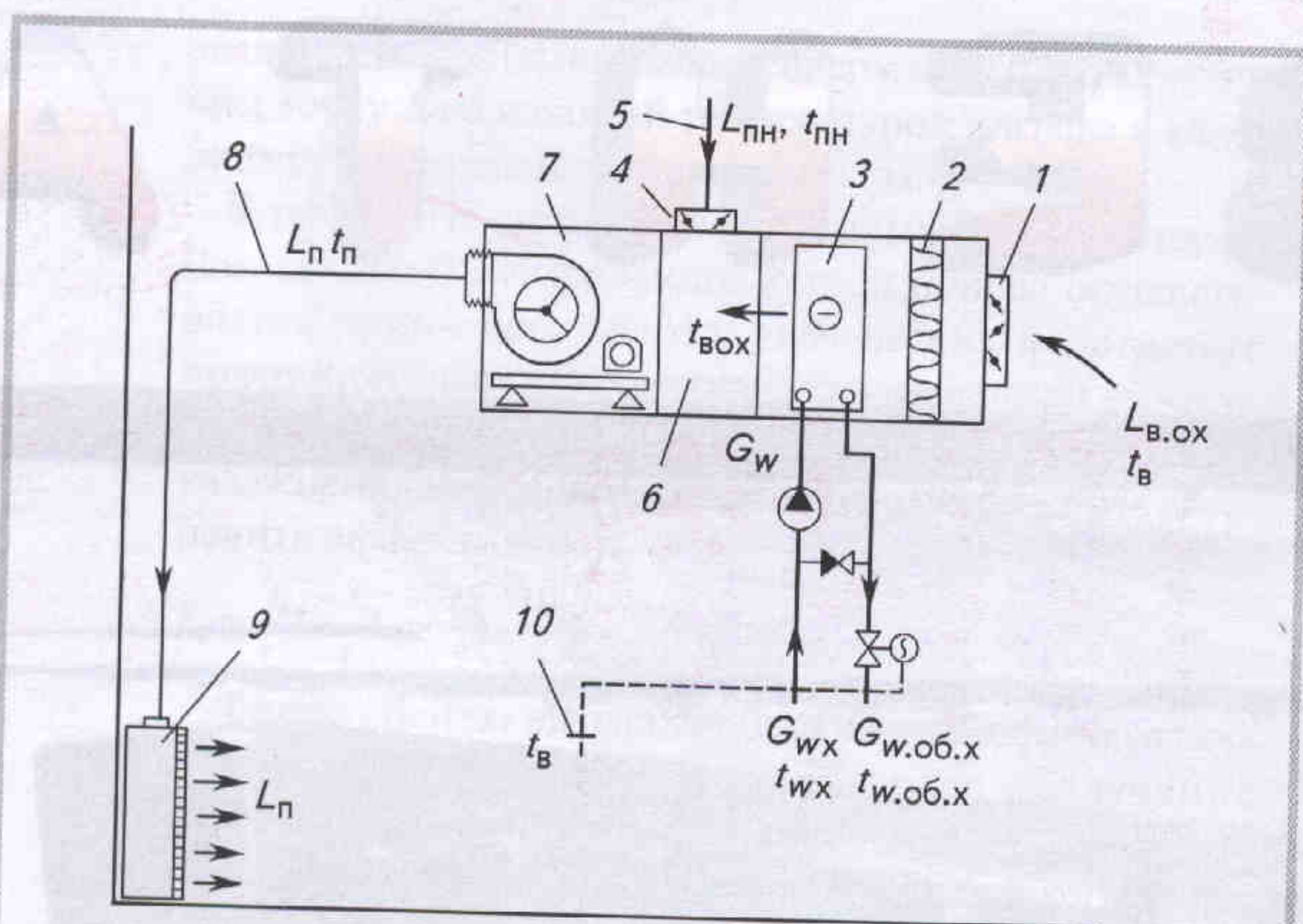


Рис. 3. Принципиальная схема местного вентиляторного агрегата в цехе для поддержания требуемой температуры внутреннего воздуха  $t_v$  в нескольких технологических зонах:

1 — воздушный клапан с ручным приводом наладочного регулирования поступления внутреннего воздуха  $L_{в.ох}$ ; 2 — фильтр; 3 — воздухоохладитель с узлом регулирования; 4 — воздушный клапан с ручным приводом наладочного регулирования поступления от центрального кондиционера расхода  $L_{пн}$ ; 5 — приточный воздуховод от центрального кондиционера (см. рис. 2); 6 — камера смешения; 7 — приточный вентилятор; 8 — местный приточный воздуховод; 9 — ламинарный воздухораспределитель подачи приточного воздуха  $L_p$  в рабочую зону; 10 — датчик контроля температуры воздуха  $t_v$  в рабочей зоне

На рис. 3 представлена принципиальная схема местного вентиляторного агрегата, устанавливаемого в обслуживаемом помещении на стенах и колоннах. Число местных вентиляторных агрегатов в цехе определяется числом зон в помещении, где по технологии производства изменяется тепловой режим, но сохраняется возможность поддержания требуемой температуры воздуха  $t_v$  в каждой зоне. Суммарная производительность по приточному воздуху всех примененных местных вентиляторных агрегатов должна соответствовать расчетному значению суммы потоков наружного приточного и внутреннего воздуха:

$$L_{пн} + L_{в.ох} = L_{п}.$$

Внутренний воздух  $L_{в.ох}$  через регулировочные клапаны 1 поступает в агрегат, проходит очистку в фильтре 2 и охлаждается при постоянном влагосодержании (см. построение на рис. 1) в воздухоохладителе 3, в трубки которого циркуляционным насосом постоянно подается холодная вода  $G_{вх}$ .

В трубках воздухоохладителя 3 обеспечивается скорость воды 0,6...0,8 м/с, отвечающая началу развитого турбулентного течения жидкости с высокими коэффициентами теплопередачи [3]. Поступление к циркуляционному насосу охлажденной воды  $G_{вх}$  с температурой  $t_{вх}$  регулируется автоматическим клапаном, управляемым датчиком 10 контроля температуры воздуха в рабочей зоне  $t_v$ .

Охлажденный внутренний воздух с температурой  $t_{в.ох}$

смешивается в камере 6 с приготовленным в центральном кондиционере (см. рис. 2) приточным наружным воздухом  $L_{пн}$  с постоянной температурой  $t_{пн}$ , поступающим по воздуховоду 5 через воздушный многостворчатый регулировочный клапан 4. Приточный вентилятор 7 по короткому приточному воздуховоду 8 подает смесь приточного воздуха  $L_p$  в ламинарный воздухораспределитель 9, который обеспечивает воздухораспределение по методу затопления рабочей зоны (вытеснительная вентиляция).

Необходимо отметить, что рассматриваемая местно-центральная СКВ по сравнению с традиционными центральными СКВ не только имеет энергетические преимущества [2], но и обеспечивает снижение капитальных затрат. Так, в работе [5] проведено сравнение традиционной центральной СКВ с переменным расходом приточного и вытяжного воздуха (VAV system) с местно-центральной СКВ при подаче от центрального кондиционера санитарной нормы приточного наружного воздуха и применении в помещениях потолочных охлаждающих панелей, холодопроизводительность которых регулируется в зависимости от показателей датчика контроля температуры воздуха в рабочей зоне помещения  $t_v$ .

Производительность по приточному и вытяжному воздуху в традиционной центральной СКВ [1] в 5,4 раза выше, чем у рассмотренной местно-центральной СКВ. Транспортирование и тепловая подготовка больших количеств приточного воздуха соответственно требуют больших затрат энергии. Стоимость сооружения традиционных центральных СКВ будет значительно выше стоимости предлагаемой местно-центральной СКВ.

В работе [5] показано, что наибольшая доля стоимости традиционной центральной СКВ приходится на сооружение приточных и вытяжных воздуховодов. Удельная стоимость воздуховодов центральной СКВ 43 долл./м<sup>2</sup> площади здания. В местно-центральной СКВ удельная стоимость сооружения воздуховодов 11 долл./м<sup>2</sup>.

Таким образом, местно-центральные СКВ имеют значительные энергетические и экономические преимущества над традиционными центральными.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баркалов Б.В., Карнис Е.Е. Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях. — М.: Стройиздат, 1982.
2. Кокорин О.Я. Энергосберегающие технологии функционирования систем вентиляции, отопления, кондиционирования воздуха (систем ВОК). — М.: Проспект, 1999.
3. Кокорин О.Я. Установки кондиционирования воздуха. — М.: Машиностроение, 1978.
4. СНиП 2.04.05—91\*. Отопление, вентиляция и кондиционирование. — М.: ГУП ЦПП, 1998.
5. Mumma S.A. Ceiling Panel Cooling Systems. ASHRAE Journal, November, 2001.

# Условия эффективного применения диоксида углерода в качестве рабочего вещества тепловых насосов

Д-р техн. наук, проф. **И.М. КАЛНИНЬ**,  
канд. техн. наук **В.А. ВАСЮТИН, С.Б. ПУСТОВАЛОВ**  
МГУИЭ

Применению диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ , R744) в качестве рабочего вещества холодильных машин и тепловых насосов в мире уделяется пристальное внимание. R744 абсолютно безопасен: негорюч, неядовит, не разрушает озоновый слой, имеет самый низкий среди применяемых рабочих веществ потенциал глобального потепления (табл. 1). Кроме того, он доступен в любых количествах и дешев.

Диоксид углерода обладает рядом уникальных термодинамических и теплофизических свойств. Некоторые из них неблагоприятны для эффективного использования R744 как рабочего вещества. Прежде всего это низкая нормальная температура кипения, обуславливающая высокий уровень давлений в системе. Высокие давления и некоторые другие свойства R744 делают невозможным использование существующего базового холодиль-

ного оборудования (компрессоров, теплообменных аппаратов, арматуры, приборов автоматики). Возникает необходимость создания оригинальных конструкций машин.

Другое свойство — низкая критическая температура — приводит к тому, что в холодильных машинах на  $\text{CO}_2$  в большинстве случаев реализуются термодинамические циклы, в которых процесс конденсации заменен охлаждением газообразного R744 при постоянном давлении в надкритической области. В этом случае практически невозможно в полной мере компенсировать перерасход энергии, связанный с большими необратимыми потерями в процессе теплопередачи от газообразного R744 к охлаждающей среде. Применение таких холодильных машин с точки зрения энергетической эффективности возможно как компромисс при решении других проблем, в частно-

*The conditions of effective use of carbon dioxide (R744) for heat pumps (HP) are considered on the basis of the analysis of its thermophysical and thermodynamic properties, and the competitiveness of HP on R744 with HP on freons. It is shown that the advantages of R744 are most pronounced in HP of large heat output. The works being carried out for the study of the processes, development of calculation techniques and designing of HP on R744 are reported.*

сти экологических (например, в автобусных кондиционерах). Безусловно эффективно использование R744 только в качестве хладагента высокого давления в низкотемпературной ветви каскадных холодильных установок, где реализуется докритический цикл с температурой кипения не ниже  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  (температура тройной точки R744 равна  $-56,44\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Температурные условия работы тепловых насосов (ТН) и холодильных машин существенно различаются [1]. В ТН источник низкопотенциальной теплоты (ИНТ), охлаждаемый в испарителе, обычно имеет положительную температуру и поэтому температура кипения рабочего вещества, как правило, тоже выше нуля. Температура, до которой должен быть нагрет теплоноситель, может находиться в пределах 40...110 °С, при этом разность между температурами прямого и обратного потоков ( $\Delta t_w$ ) может составлять 15...60 °С.

В парокompрессионных ТН увеличение температуры теплоносителя однозначно связано с повышением температуры и давления конденсации, разности и отношения давлений конденсации и кипения, что приводит к снижению коэффициента преобразования.

### Сравнение свойств рабочих веществ

| Параметр                                                   | Рабочее вещество      |                                              |                                                |                  |
|------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------|
|                                                            | R744                  | R134a                                        | R142b                                          | R718             |
| Химическая формула                                         | CO <sub>2</sub>       | C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub> | C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> ClF <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> O |
| Потенциал разрушения озонового слоя ODP (относительно R11) | 0                     | 0                                            | 0,1                                            | 0                |
| Потенциал глобального потепления GWP (относительно R744)   | 1                     | 1300                                         | 630                                            | <1               |
| Молекулярная масса $\mu$ , кг/кмоль                        | 44,1                  | 102,03                                       | 100,5                                          | 18,02            |
| Критическое давление $p_{кр}$ , МПа                        | 7,38                  | 4,06                                         | 4,12                                           | 22,1             |
| Критическая температура $t_{кр}$ , °C                      | 31,1                  | 101,1                                        | 137,2                                          | 374,2            |
| Нормальная температура кипения $t_s$ , °C                  | -78,4<br>(сублимация) | -26,1                                        | -9,8                                           | +100             |

В парокомпрессионных фреоновых тепловых насосах в зависимости от требуемой температуры нагрева теплоносителя применяются рабочие вещества среднего давле-

- высокая плотность пара  $\rho''$  и высокая удельная объемная теплопроизводительность  $q_v$  обуславливают малую требуемую объемную производительность и размеры компрессора;

- существенно бблыпая по сравнению с фреонами доля работы расширения в работе цикла создаст условия для использования детандера с целью повышения коэффициента преобразования ТН.

Для оптимизации и выбора параметров действительных термодинамических циклов ТН на R744 (с реальными КПД компрессора, детандера и привода) разработаны математическая модель и компьютерные программы.

Параметры теоретических циклов ТН для различных рабочих веществ

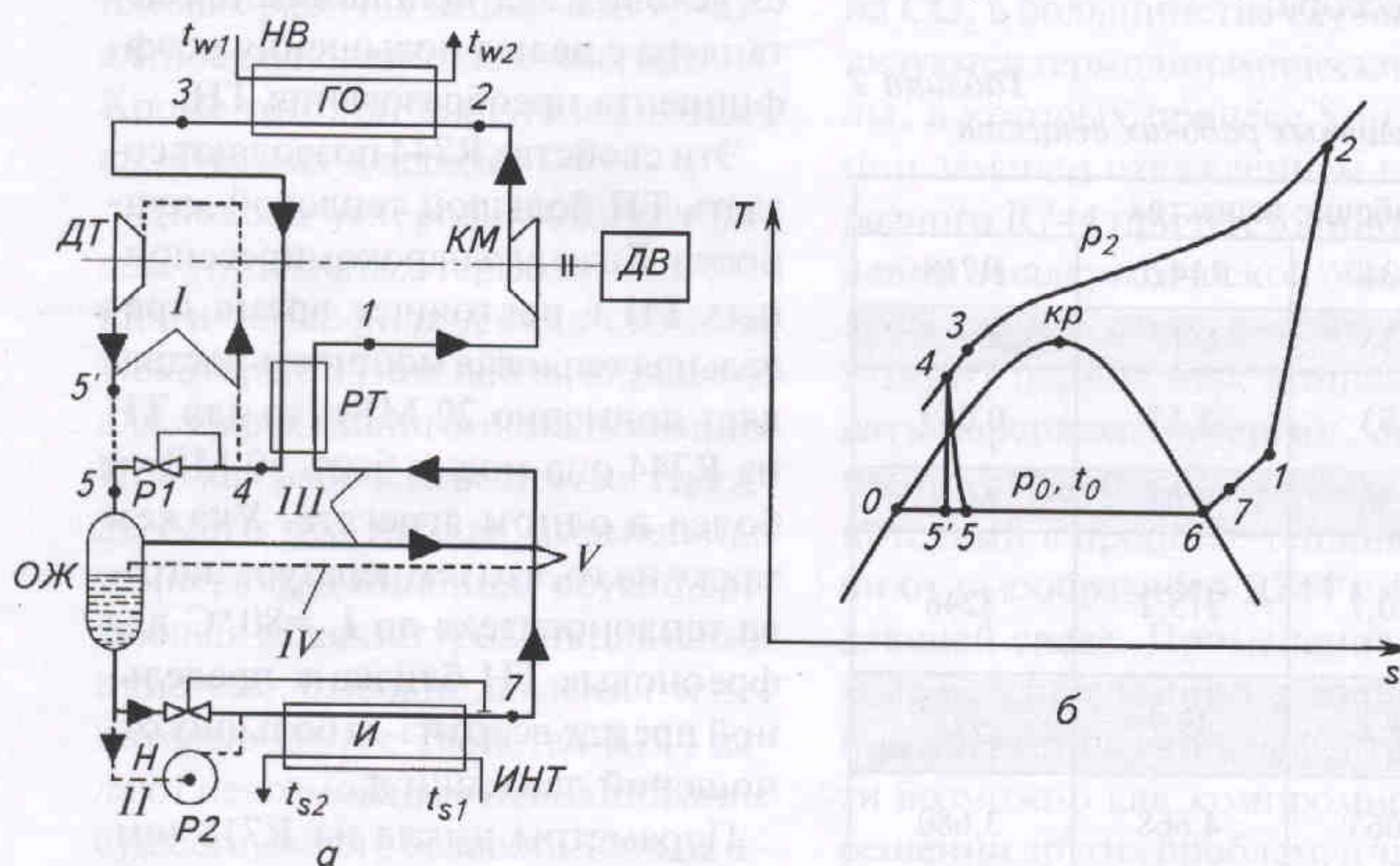
| Параметр                                                                                                                                                                                          | Рабочие вещества |       |       |                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------|-------|----------------------|
|                                                                                                                                                                                                   | R744             | R134a | R142b | R718                 |
| Давление кипения $p_0$ , МПа                                                                                                                                                                      | 3,97             | 0,35  | 0,17  | $0,89 \cdot 10^{-3}$ |
| Давление после компрессора $p_k(p_2)$ , МПа                                                                                                                                                       | 12,7             | 2,93  | 1,57  | 0,059                |
| Отношение давлений $\pi_k = p_k/p_0$                                                                                                                                                              | 3,2              | 8,36  | 9,03  | 66,3                 |
| Удельная массовая теплопроизводительность $q_k$ , кДж/кг                                                                                                                                          | 162,9            | 180,7 | 215,2 | 3246                 |
| Изоэнтروпная работа сжатия $l_s$ , кДж/кг                                                                                                                                                         | 44,6             | 43,2  | 49,7  | 923                  |
| Изоэнтропный коэффициент преобразования $\mu_s$ , Дж/Дж                                                                                                                                           | 5,765            | 4,663 | 4,668 | 3,680                |
| Плотность насыщенного пара при $p_0$ $\rho''$ , кг/м <sup>3</sup>                                                                                                                                 | 114,0            | 17,14 | 8,00  | $6,79 \cdot 10^{-3}$ |
| Удельная объемная теплопроизводительность $q_v = q_k \rho''$ , кДж/м <sup>3</sup>                                                                                                                 | 18561            | 3097  | 1722  | 22,1                 |
| То же, по отношению к R744 $q_v/q_{vR744}$ , %                                                                                                                                                    | 100              | 16,7  | 9,3   | 0,12                 |
| Фактор соотношения массовых скоростей при $\Delta p/p = \text{idem}$ $\bar{M} = (\rho_0 \rho'')^{0,5}$                                                                                            | 21,3             | 2,45  | 1,18  | $2,46 \cdot 10^{-3}$ |
| То же, по отношению к R744 $\bar{M}/\bar{M}_{R744}$ , %                                                                                                                                           | 100              | 11,5  | 5,5   | 0,01                 |
| Отношение работы расширения к работе сжатия $l_{ср}/l_{сж}$                                                                                                                                       | 0,367            | 0,103 | 0,076 | 0,044                |
| Исходные температуры: теплоносителя (нагреваемой воды) $t_{w1} = 40$ °C, $t_{w2} = 80$ °C; ИНТ (охлаждаемой воды) $t_{s1} = 10$ °C; кипения $t_0 = 5$ °C; конденсации $t_k = 85$ °C (кроме R744). |                  |       |       |                      |

- ТН малой тепловой мощности дроссельной схемой и охлаждаемыми компрессорами объемного принципа действия (с поршневыми компрессорами и естественным отводом тепла от компрессора в окружающую среду);

Температура кипения  $t_0$  в цикле практически однозначно соответствует температуре ИНТ и лежит в пределах  $0...20\text{ }^{\circ}\text{C}$ :

| Источник низко-<br>потенциальной теплоты                                     | Температура кипения $t_{\text{к}}$ , °C |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Грунтовые воды<br>и вода водоемов ( $t_{\text{сл}}=8...12$ °C)               | 0...5                                   |
| Оборотная вода систем<br>охлаждения – градирни ( $t_{\text{сл}}=18...25$ °C) | 10...15                                 |
| Высокотемпературные тепловые<br>сбросы ( $t_{\text{сл}}>25$ °C)              | $\leq 20$                               |

В результате оптимизационного расчета по максимуму коэффициента преобразования  $\mu_{\text{макс}}$  опреде-



*a* — обобщенная принципиальная схема:

Линии: I – включения в схему детандера (в этом случае участок линии с P1 закрыт); II – включения в схему циркуляционного насоса (в этом случае участок линии P2 закрыт); III – газообразного R744 низкого давления; IV – парожидкостной смеси при включенной линии II, в этом случае участок линии V закрыт);

1–2 – сжатие газообразного R744; 2–3 – охлаждение газообразного R744 в ГО; 3–4 – охлаждение газообразного R744 в РТ; 4–5 – дросселирование R744; 4–5' – расширение R744 в ДТ; 5–6 (5'–6) – кипение жидкого R744 в И; 6–7 – перегрев R744 в И (в схеме с Р2); 7–1 – перегрев газообразного R744 в РТ ( $p_2$  – давление газообразного R744).

Область предпочтительного применения ТН на R744 в первую очередь определяется минимальной разностью температур  $\Delta t_w = t_{w2} - t_{w1}$ , при которой его коэффициент преобразования уравнивается с тако-

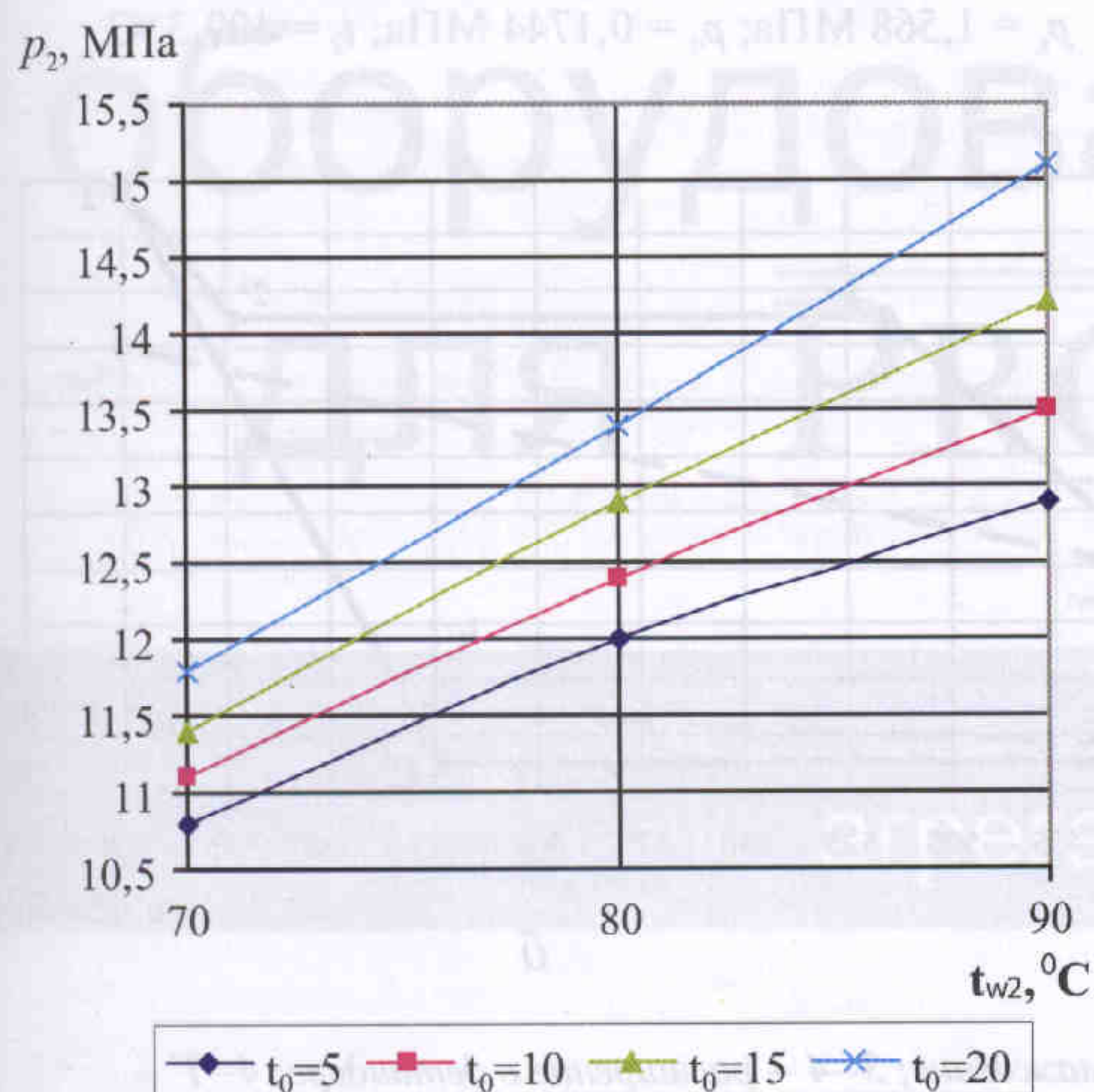


Рис. 2. Поле оптимальных давлений  $p_{2opt}$  для ТН на R744 ( $\Delta t_w = 40^\circ\text{C}$ )

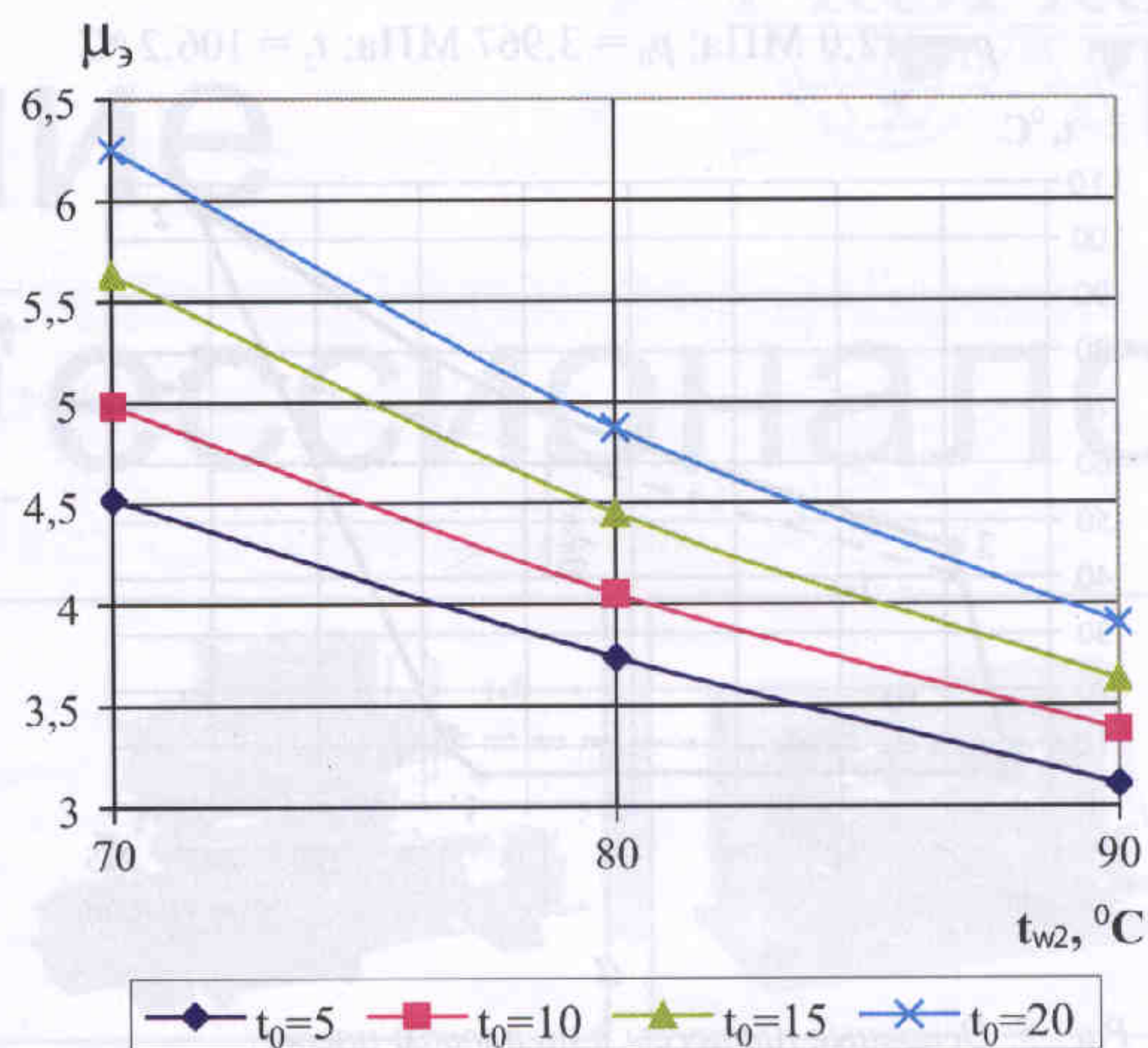


Рис. 3. Значения электрических коэффициентов преобразования ТН на R744 при оптимальных давлениях  $p_2$

вым для ТН, работающего на фреоне (при прочих равных условиях). При сопоставлении рассматриваются параметры действительных циклов с реальными процессами сжатия с учетом реальных коэффициентов полезного действия компрессора, различных для ТН на R744 и фреонах по условиям их работы.

На рис. 4 приведены графики зависимости электрического коэффициента преобразования от  $\Delta t_w$  для тепловых насосов большой тепловой мощности на R744 (схема с детандером) и R142b (схема с дросселем и переохлаждением жидкого хладагента после конденсатора нагреваемым теплоносителем). Основные процессы этих тепловых насосов показаны в координатах  $q-t$  на рис. 5.

Из рис. 4 следует, что энергетическая эффективность ТН на R744 и R142b практически равна вблизи  $\Delta t_w = 30^\circ\text{C}$ . При больших значениях  $\Delta t_w$  ТН на R744 энергетически эффективнее: при  $\Delta t_w = 40^\circ\text{C}$  коэффициент преобразования ТН на R744 на 20 % выше, чем на R142b.

Однако даже в случае близкой энергетической эффективности фреоновых ТН и ТН на R744 при-

менение последних может оказаться более предпочтительным, если учесть характерные для фреоновых ТН негативные факторы:

- технические трудности обеспечения температур нагрева теплоносителя выше  $t_{w2} = 60^\circ\text{C}$  (применение рабочих веществ низкого давления, высокие отношения давлений конденсации и кипения хладагента и др.);
  - большие габариты и масса оборудования, прежде всего компрессоров, что оказывает влияние на его стоимость и весьма существенно для ТН большой тепловой мощности;
  - ограничение применения фреонов по их экологическим характеристикам (потенциалам разрушения озонового слоя и глобального потепления);
  - высокая стоимость фреонов, на порядок превышающая стоимость R744.
- При весьма большой тепловой

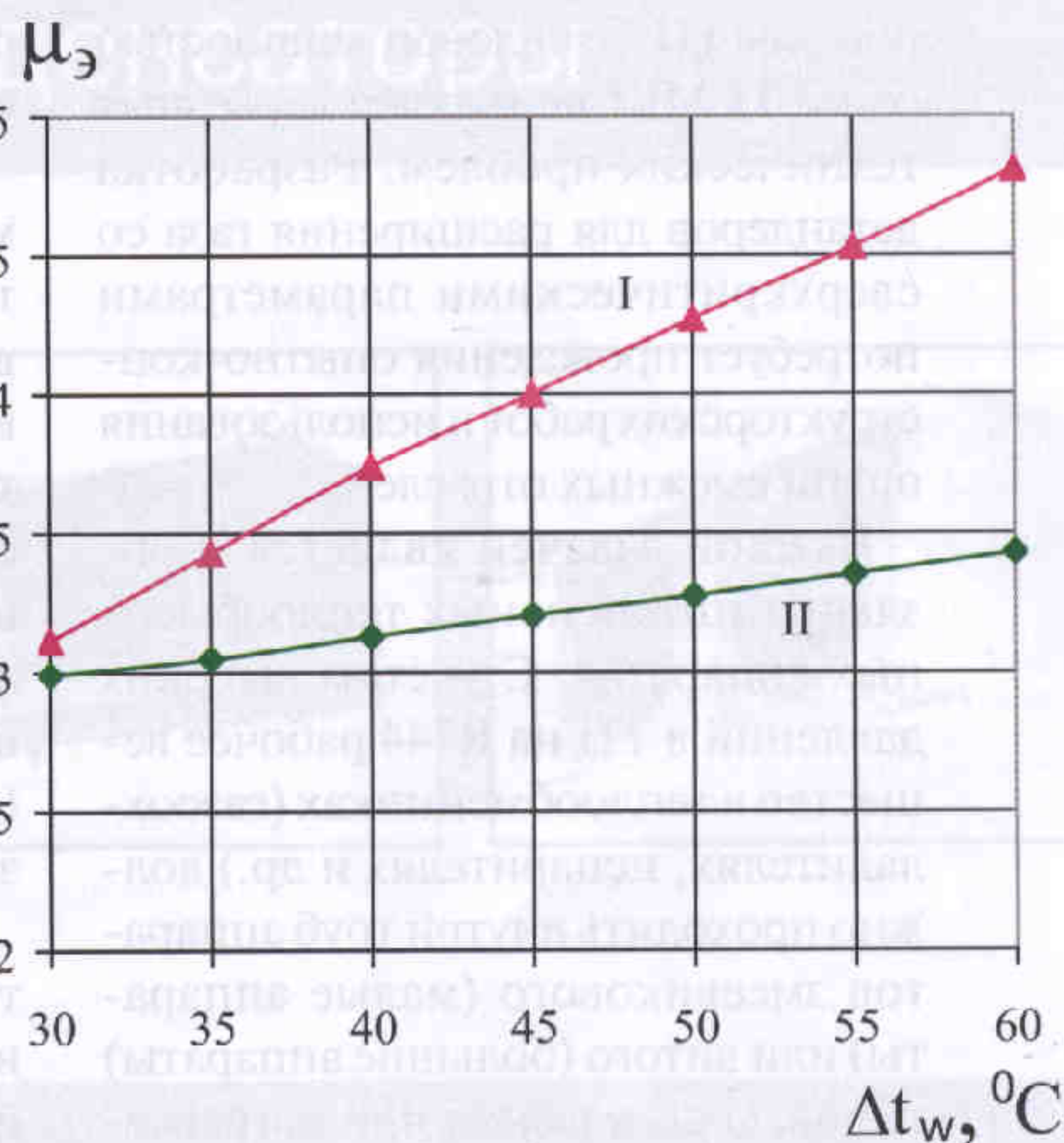


Рис. 4. Зависимость электрического коэффициента преобразования ТН от разности температур  $\Delta t_w$  при  $t_{w2} = 80^\circ\text{C}$  и  $t_0 = 5^\circ\text{C}$ : I – R744; II – R142b

мощности в одном агрегате фреоновые ТН не смогут конкурировать с ТН на R744 при любых условиях работы.

Поршневые компрессоры для работы на R744 уже серийно выпускаются рядом зарубежных фирм [2]. Создание центробежных компрессо-

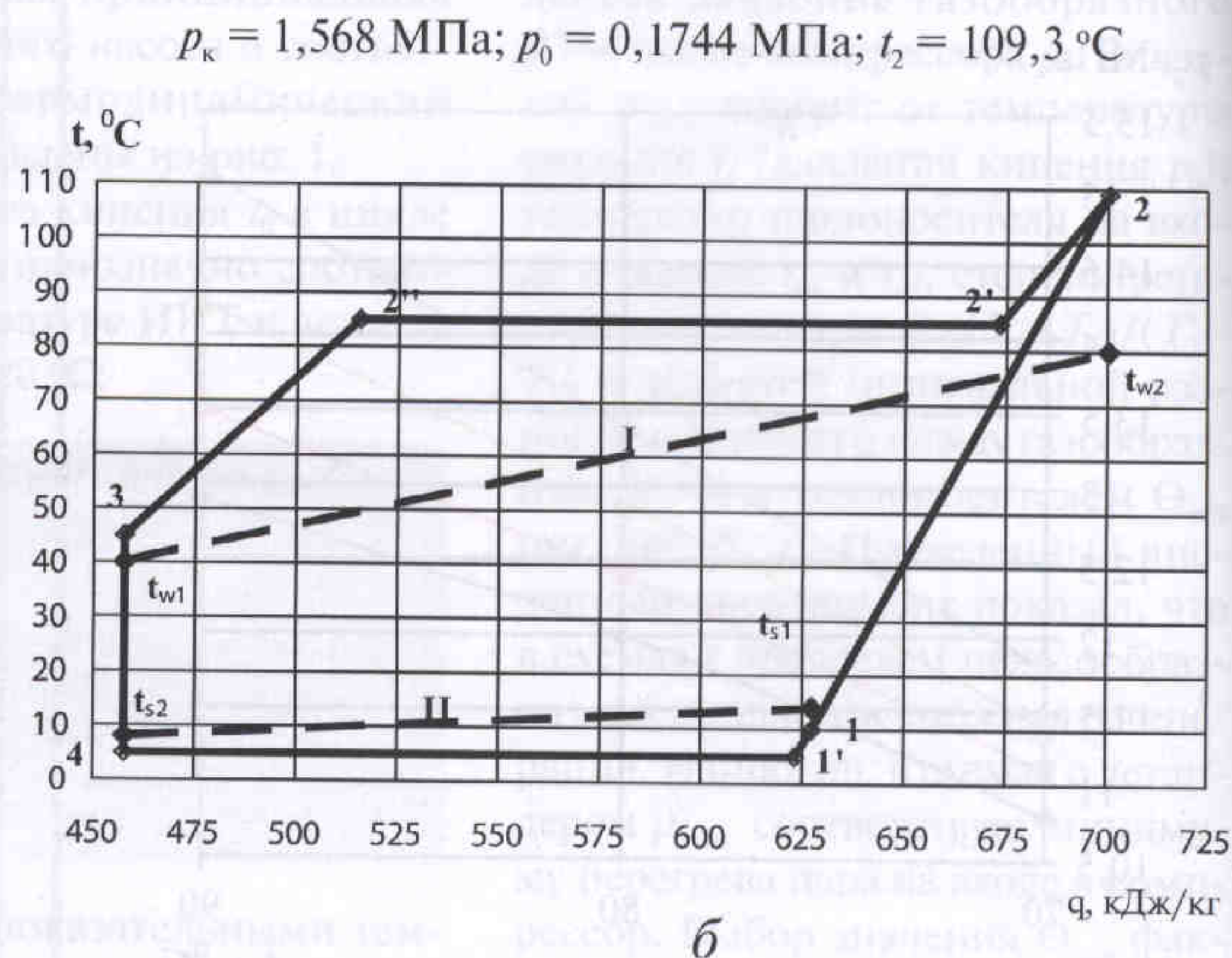
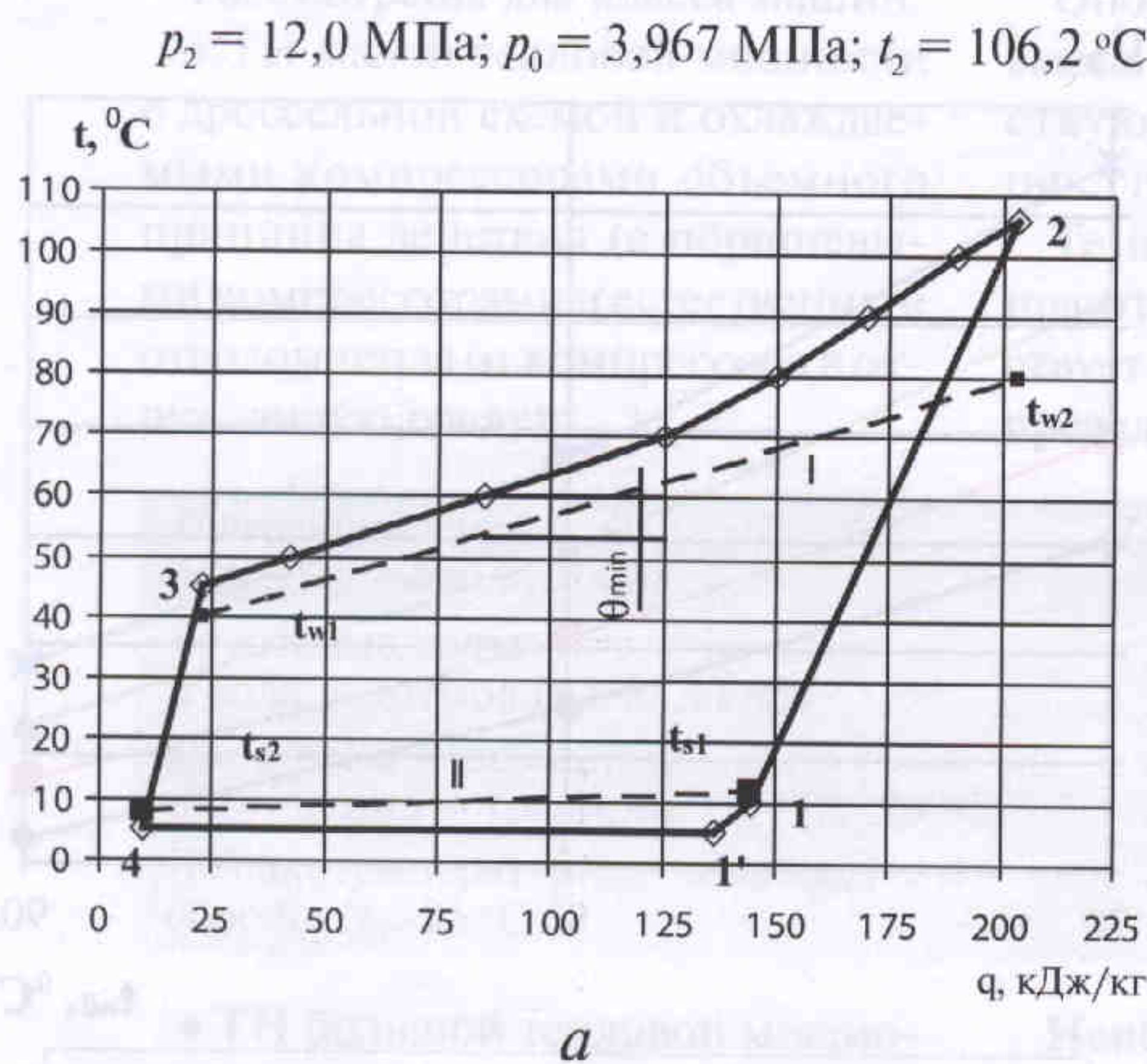


Рис. 5. Основные процессы в тепловом насосе:

*а – R744; 1–2 – сжатие газообразного R744 в компрессоре; 2–3 – охлаждение; 3–4 – расширение в детандере; 4–1' – кипение в испарителе; 1'–1 – перегрев в испарителе;*  
*б – R124b; 1–2 – сжатие пара в компрессоре; 2–2'' – процесс в конденсаторе; 2''–3 – переохлаждение; 3–4 – дросселирование; 4–1' – кипение в испарителе; 1'–1 – перегрев пара в испарителе;*  
*I – нагрев теплоносителя; II – охлаждение ИНТ*

ров для ТН с тепловой мощностью более 15 МВт не вызовет серьезных технических проблем. Разработка детандеров для расширения газа со сверхкритическими параметрами потребует проведения опытно-конструкторских работ и использования опыта смежных отраслей.

Важной задачей является и создание интенсивных теплообменных аппаратов. С учетом высоких давлений в ТН на R744 рабочее вещество в теплообменниках (газоохладителях, испарителях и др.) должно проходить внутри труб аппаратов змеевикового (малые аппараты) или витого (большие аппараты) типов. Охлаждаемая или нагреваемая вода проходит в межтрубное пространство, конструкция которого должна обеспечить достаточно высокую скорость воды, необходимую для интенсивной теплоотдачи. Условия теплоотдачи со стороны рабочего вещества отличаются рядом существенных особенностей [3]. В процессе охлаждения газообразного R744 при постоянном давлении в надкритической области резко изменяются его теплофизические свойства. Процессы кипения R744 в близкритической

области экспериментально не исследованы.

В настоящее время разработаны методика и программа расчета всех теплообменных аппаратов тепловых насосов на R744 указанных выше типов. Ведется экспериментальное исследование процессов на специальном стенде, представляющем собой макетный образец теплового насоса. Эксперимент проводится при условиях работы ТН (давлениях, температурах), показанных на рис. 2.

Авторские права на основные технические решения тепловых насосов на R744 в вариантах защищены (решение о выдаче патента на изобретение по заявке №2002113818/06(014844), начало действия патента 29.05.2002).

Работы по созданию тепловых насосов на R744 ведутся НПФ «ЭКИП», МГУИЭ, ОАО «НПО Гелиймаш» и другими соисполнителями по теме «Создание технологий и оборудования для использования низкопотенциальных тепловых ресурсов для целей теплоснабжения» в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным на-

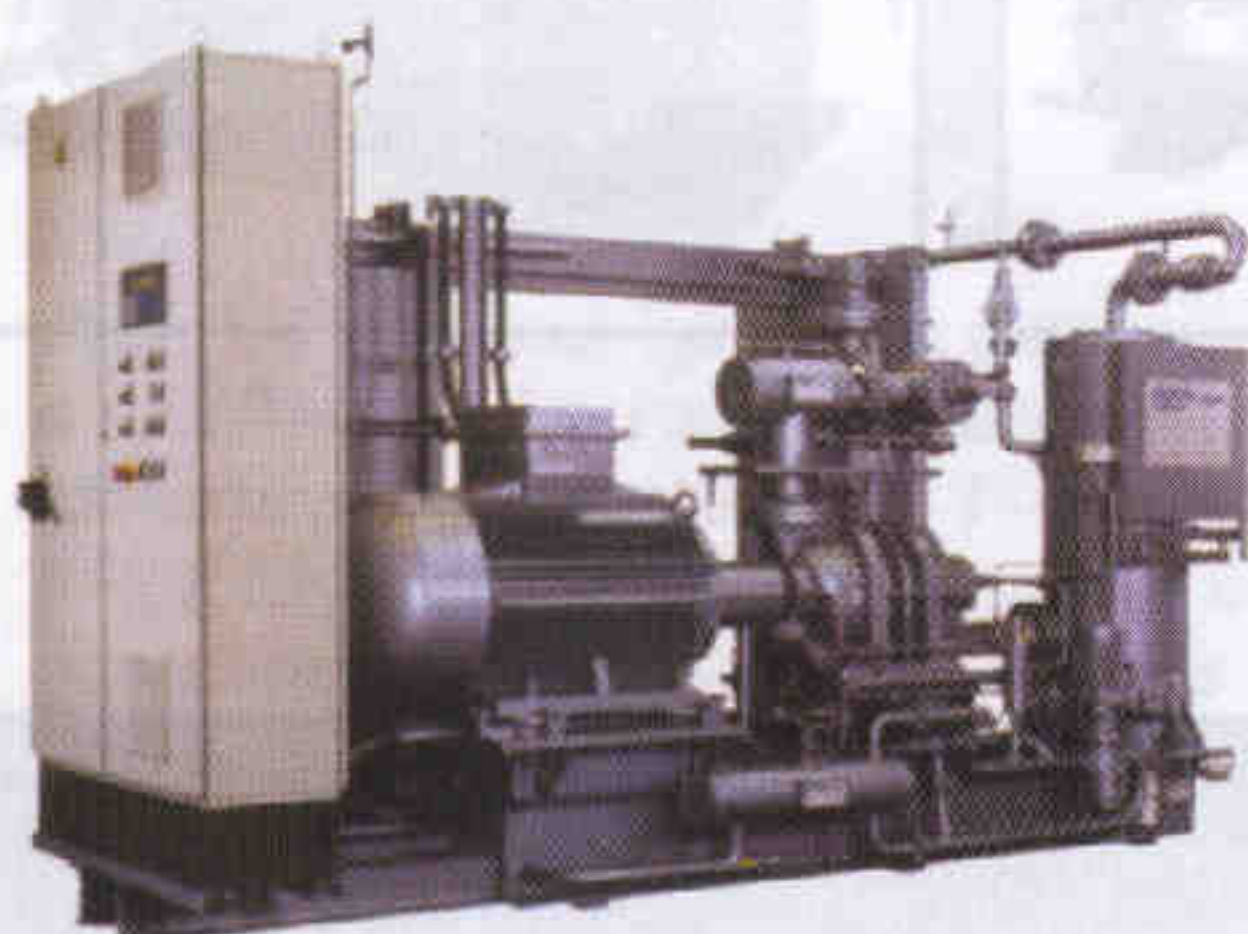
правлениям развития науки и техники на 2002–2006 годы» (Минпромнауки России). С участием специалистов кафедры ХКТ МГУИЭ разработана техническая документация опытного образца ТН тепловой мощностью 20 кВт для теплоснабжения и горячего водоснабжения индивидуального дома. Он будет изготовлен и испытан в текущем году. Начата разработка проекта ТН тепловой мощностью 25 МВт.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

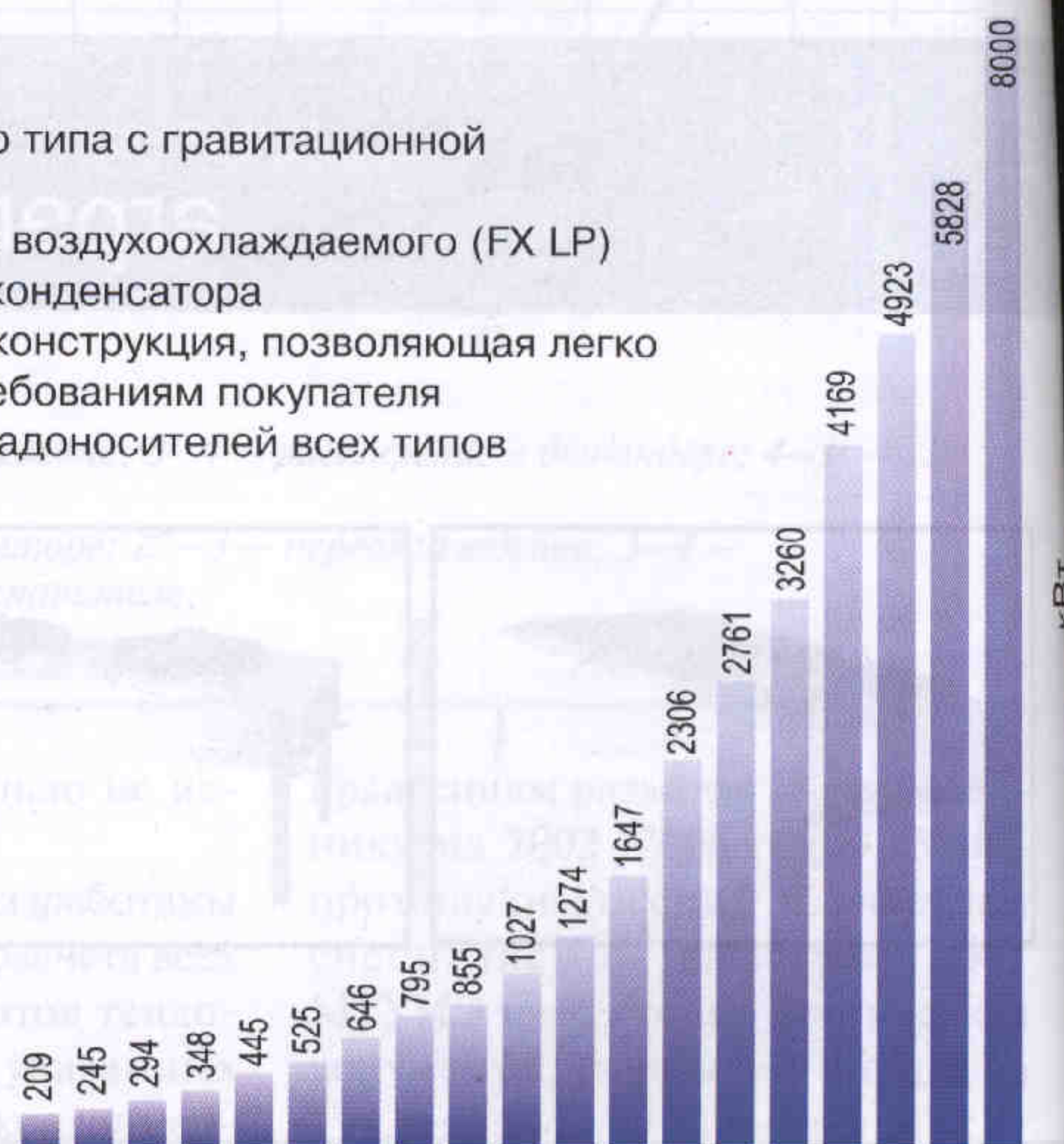
1. Калнинь И. М. Энергосберегающие теплонасосные технологии // Сборник трудов МГУИЭ, 2000.
2. Калнинь И. М. «ИКК-2002: Новые тенденции в холодильной технике» // Холодильная техника 2002. № 12.
3. Пустовалов С.Б. Моделирование процесса теплообмена в газохладителе теплового насоса, работающего на диоксиде углерода (R744) // Проблемы газодинамики и тепломассообмена в энергетических установках: Тр. XIV Школы-семинара молодых ученых и специалистов под руководством академика РАН А. И. Леонтьева. — М.: МЭИ. 2003. Т.2.

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

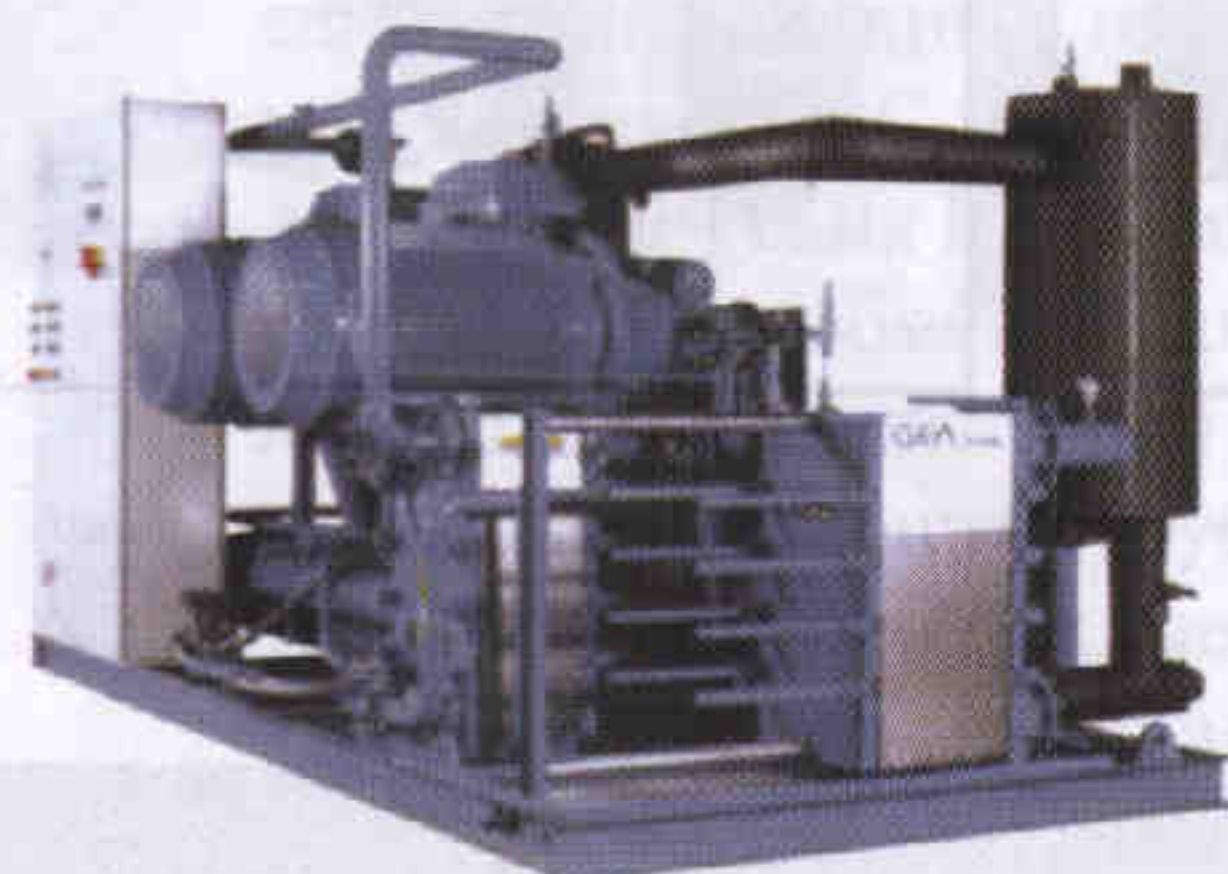
**Серия FX P**



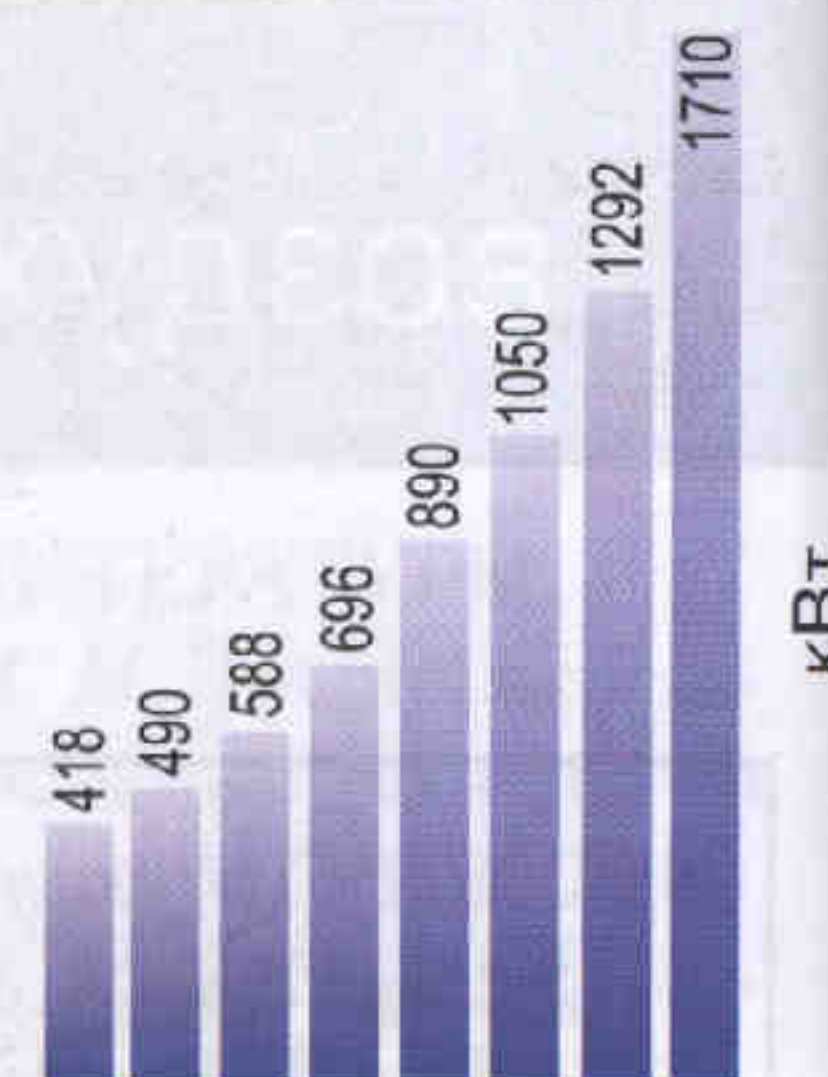
- Теплообменник затопленного типа с гравитационной циркуляцией хладагента
- Возможность использования воздухоохлаждаемого (FX LP) или испарительного (FX VP) конденсатора
- 19 типов чиллеров. Блочная конструкция, позволяющая легко адаптировать установку к требованиям покупателя
- Возможность применения хладагентов всех типов



**Серия FX P<sub>DUO</sub>**



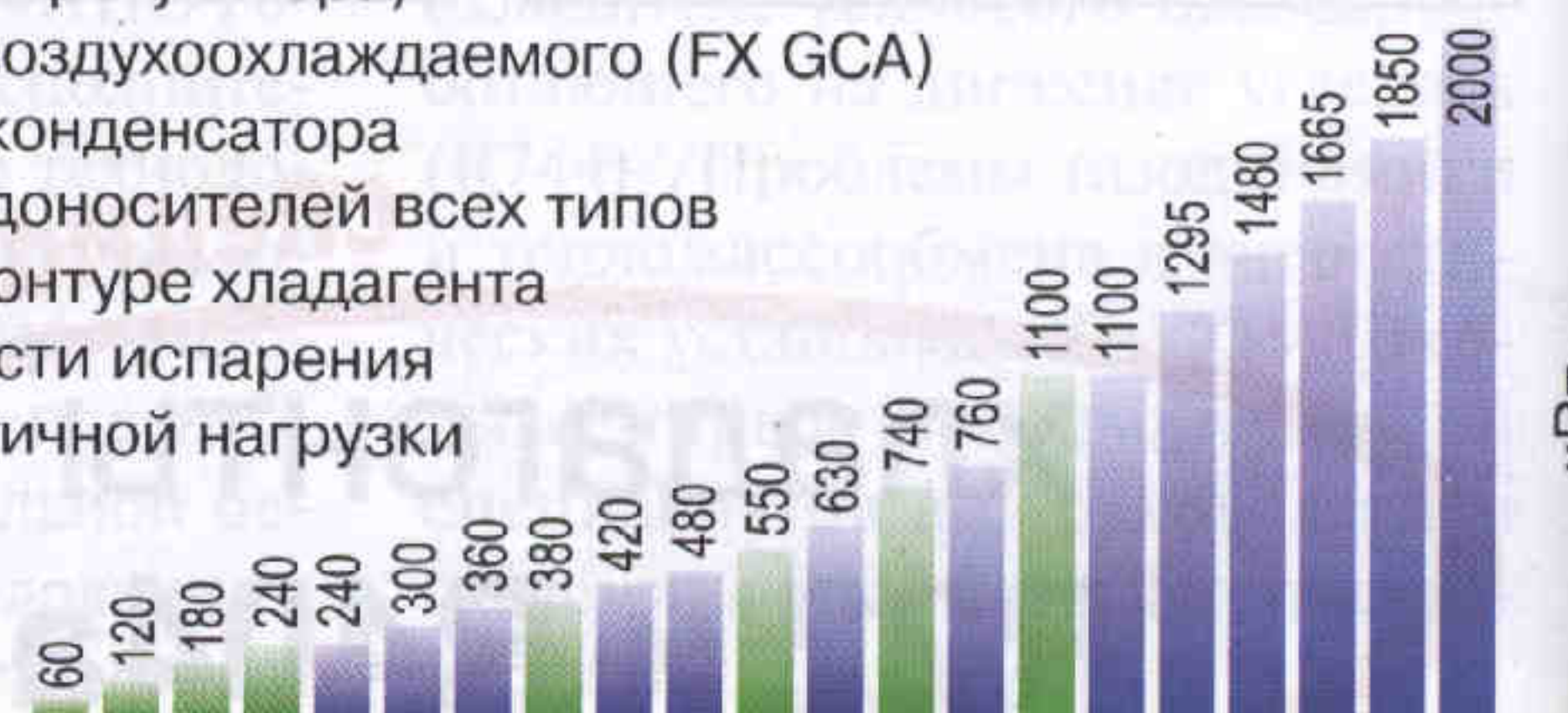
- Наличие двух компрессоров при сохранении всех отличительных особенностей серии FX P
- Наилучшие значения КПД при работе в условиях частичной нагрузки
- Меньшие капитальные затраты, чем для двух компрессорных агрегатов
- Повышенная надежность по сравнению с однокомпрессорной конструкцией



## Серия FX GC



- Интегрированный теплообменник затопленного типа с гравитационной циркуляцией хладагента
- Программно-управляемый регулятор уровня хладагента высокого давления (аналог поплавкового регулятора)
- Возможность использования воздухоохлаждаемого (FX GCA) или испарительного (FX GCE) конденсатора
- Возможность применения хладоносителей всех типов
- Один или два компрессора в контуре хладагента
- Использование всей поверхности испарения и конденсации в условиях частичной нагрузки



- 
- | Процессор            | Потребление (кВт) |
|----------------------|-------------------|
| Intel Core i3-2120   | 209               |
| Intel Core i5-2500K  | 245               |
| Intel Core i7-2600K  | 294               |
| Intel Core i9-7900X  | 348               |
| AMD Ryzen 5 3600     | 445               |
| AMD Ryzen 7 3700X    | 525               |
| AMD Ryzen 9 3900X    | 646               |
| Intel Core i5-10400  | 795               |
| Intel Core i7-10700K | 855               |
| Intel Core i9-10900K | 1027              |
| AMD Ryzen 9 5900X    | 1274              |
| Intel Core i9-12900K | 1800              |



- [illegible]

- 
- | Fragment Size (kbp) | Number of Reads |
|---------------------|-----------------|
| 115                 | 115             |
| 154                 | 154             |
| 193                 | 193             |
| 231                 | 231             |
| 264                 | 264             |
| 317                 | 317             |
| 369                 | 369             |
| 421                 | 421             |

- четыре полугерметичных компрессора  
турные кожухотрубные теплообменники  
ование электронного расширительного  
с программным управлением  
тво управления Siemens
- 
- | Power Consumption (кВт) |
|-------------------------|
| 107                     |
| 143                     |
| 179                     |
| 215                     |
| 215                     |
| 238                     |
| 286                     |
| 286                     |
| 339                     |
| 358                     |
| 387                     |
| 431                     |
| 502                     |
| 572                     |
| 573                     |
| 678                     |
| 717                     |
| 774                     |
| 862                     |
| 1002                    |
| 1146                    |
| 1355                    |
| 1549                    |



# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СКОРОМОРОЗИЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Одну и ту же транспортно-технологическую операцию, а именно замораживание и перемещение продукта внутри морозильной камеры могут выполнять различные машины с непрерывной транспортировкой, к которым относятся скороморозильные аппараты конвейерного типа: ленточные, люлечные, флюидизационные, спиральные и тележечные. ПТФ «КРИОТЕК» имеет определенный опыт в изготовлении и применении большинства этих аппаратов.

Основными критериями выбора аппарата являются его технико-экономическая эффективность и соответствие ряду технических требований, главными из которых являются обеспечение свойств замораживаемого продукта, определенная производительность аппарата, условия размещения оборудования.

Общие черты всех указанных типов аппаратов:

- возможность ручной или технологической выкладки продукта;
- произвольное расположение продукта по ширине ленты и в ряды;
- возможность увеличения длины входной части конвейерных аппаратов с целью обеспечения ручной выкладки продукта без его деформации;
- применение дополнительных приемных и отводящих транспортеров с независимыми приводами, а также блоками управления и регулирования скорости их движения;
- оптимальное распределение воздушных потоков в морозильной камере, способствующее быстрому замораживанию продукта;
- возможность многократной сборки и разборки морозильной камеры;
- использование в мотор-редукторах специального масла, обеспечивающего их бесперебойную работу при низких температурах;

- возможность размещения холодильного компрессорно-конденсаторного агрегата полностью или частично вне основного помещения;

- применение рабочих веществ и материалов, не оказывающих вредного воздействия на работников и продукты;

- возможность замены непригодных для ремонта узлов и деталей оборудования, вышедших из строя вследствие скрытых дефектов изготовления, которые выявлены в процессе эксплуатации в течение гарантийного срока.

Наряду с общими для всех аппаратов характеристиками каждый тип аппарата имеет еще и специфические преимущества и недостатки (см. таблицу).

Анализ и обобщение имеющихся данных по скороморозильным аппаратам показали следующее.

- Удельные энергозатраты на часовую производительность и объем морозильной камеры снижаются при росте производительности аппаратов (см. рисунок, а и б).

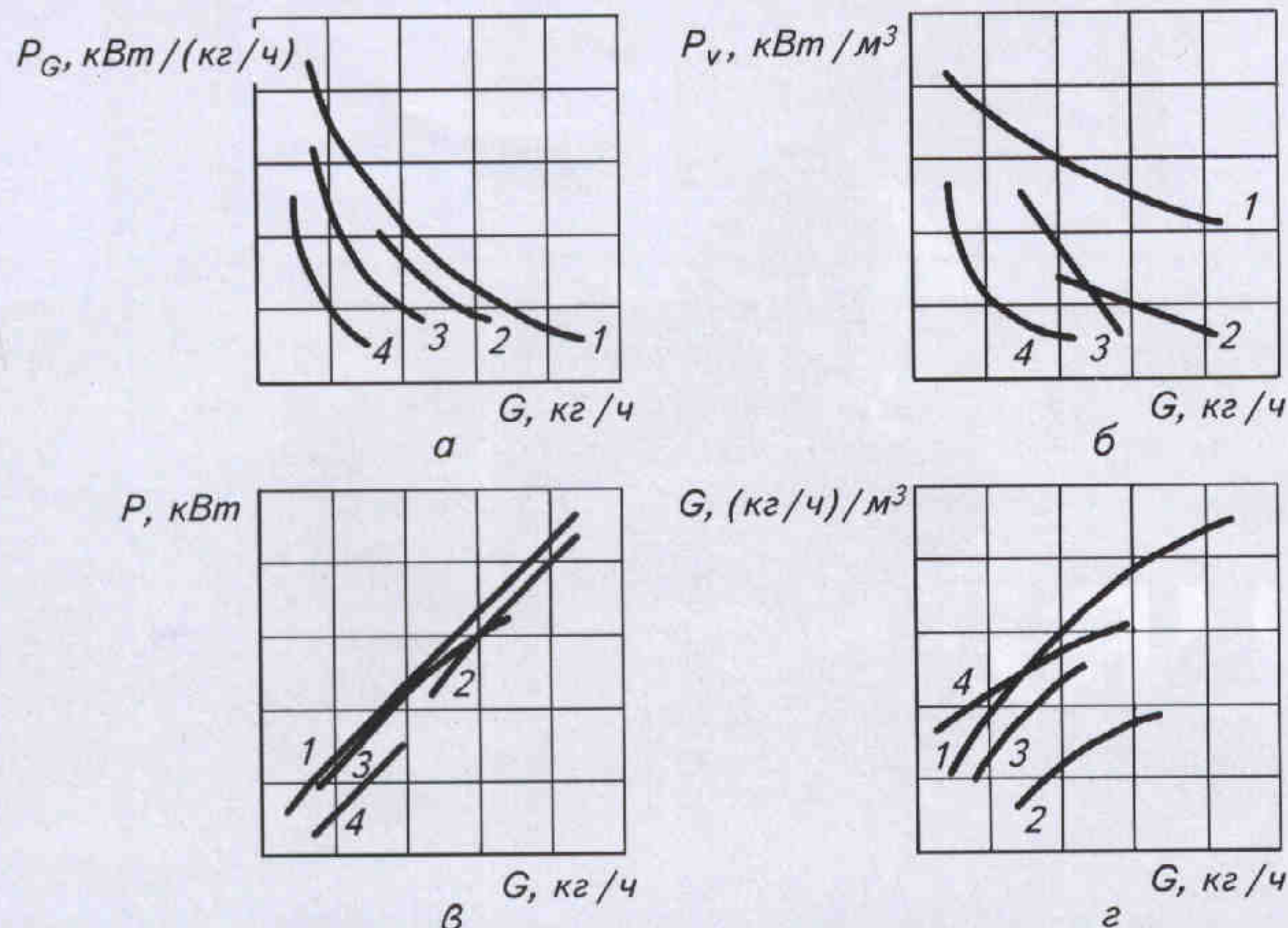
- Наибольшие удельные энергозатраты характерны для флюидизационных аппаратов, что не удивительно, так как аппараты этого типа наиболее энергоемки (см. рисунок, в).

- Наименьшие удельные энергозатраты выявлены у тележечных аппаратов, несмотря на то, что в процессе замораживания постоянно обновляется массивный объем тары в виде подносов и тележек, поступающих в морозильную камеру вместе с продуктом, что приводит к потере энергоресурсов.

- По удельной производительности на единицу объема морозильной камеры (при производительности аппарата более 300 кг/ч) на первом месте находятся флюидизационные аппараты, на последнем – конвейерно-тележечные. Ленточные тележечные ап-

## Особенности скороморозильных аппаратов

| Преимущества                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Недостатки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Тележечный типа ТСТ</b> — для быстрого замораживания в потоке холодного воздуха: пельменей, мясных полуфабрикатов, вареников, пирогов, блинчиков, сосисок в вакуумной упаковке, пиццы, теста, рыбы и рыбного филе, частей птицы на подложках, закладки мороженого                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Возможность замораживания разных видов продукции на разных уровнях тележки и на различных тележках<br>Невозможность опрокидывания продукта при движении по морозильной камере<br>Отсутствие потерь вследствие примораживания<br>Простота конструкции аппарата<br>Возможность организации автоматического режима работы<br>Длительная (от 6 до 48 ч) работа без оттайки                                                                                                                                                                                        | Обменный фонд тары в виде тележек, поступающих в камеру вместе с продуктом, что приводит к потерям энергии<br>Циклические колебания температуры воздуха в моменты загрузки и выгрузки продукта<br>Увеличение времени замораживания<br>Снижение качества продукции за счет циклических колебаний температуры<br>Периодический режим работы (в основном) |
| <b>Ленточный типа АСТЛ</b> — для быстрого замораживания в потоке холодного воздуха: пельменей, вареников, пирогов, блинчиков, котлет и гамбургеров, мясных и рыбных полуфабрикатов, теста и булочек                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Время нахождения продукта в скороморозильном аппарате при "шоковой заморозке" существенно меньше, чем в тележечной системе<br>Суточная производительность аппарата выше<br>Возможность изменения времени пребывания продукта в морозильной камере за счет изменения скорости движения ленты<br>Автоматический режим работы<br>Широкий спектр производительности                                                                                                                                                                                               | Опрокидывание продукта с одного уровня на другой<br>Потери вследствие примораживания продукта к ленте<br>Невозможность изменения пути продукта без смены лент<br>Невозможность закладки мороженого<br>Сложность сборки и разборки аппарата<br>Возможность застывания смазки в подшипниках качения                                                      |
| <b>Люлечный типа АСПЛ</b> — для быстрого замораживания в потоке холодного воздуха: пельменей, мясных полуфабрикатов, вареников, пирогов, блинчиков, сосисок в вакуумной упаковке, пиццы, теста, рыбы и рыбного филе, частей птицы на подложках, закладки мороженого                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Невозможность опрокидывания продукта<br>Возможность многократной сборки и разборки аппарата<br>Возможность изменения параметров работы за счет изменения числа секций и люлек<br>Возможность замораживания различных видов продукции и закладки мороженого путем изменения количества и конфигурации люлек (корзин)<br>Возможность изменения времени пребывания продукта в морозильной камере благодаря изменению скорости движения люлек<br>Автоматический режим работы<br>Широкий спектр производительности<br>Длительная (от 6 до 48 ч) работа без оттайки | Необходимость предварительной регулировки натяжения несущей цепи<br>Возможность застывания смазки в подшипниках качения<br>Возможность перекоса люлек, что приводит к необходимости регулирования натяжения несущей цепи                                                                                                                               |
| <b>Спиральный типа АСС</b> — для быстрого замораживания в потоке холодного воздуха: пельменей, мясных полуфабрикатов, вареников, пирогов, блинчиков, сосисок в вакуумной упаковке, пиццы, теста, рыбы и рыбного филе, частей птицы на подложках                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Возможность замораживания любого вида продукции<br>Невозможность опрокидывания продукта (спиральная лента)<br>Оптимизация распределения воздушного потока в морозильной камере, что обеспечивает максимальную скорость замораживания продукта<br>Возможность многократной сборки и разборки морозильной камеры<br>Компактность аппарата<br>Малая производственная площадь<br>Автоматический режим работы<br>Широкий спектр производительности                                                                                                                 | Сложность конструкции аппарата<br>Большая стоимость аппарата<br>Малая доступность несущих модульных, поворотных лент<br>Возможность застывания смазки в подшипниках качения                                                                                                                                                                            |
| <b>Флюидизационный типа АСФ</b> — для быстрого замораживания в потоке холодного воздуха: ягод, плодов, нарезных овощей и грибов, овощных смесей                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Возможность замораживания мелких и крупных (резанные овощи и фрукты) продуктов в псевдооживленном слое<br>Отсутствие смерзания продукта<br>Отсутствие примерзания продукта к ленте<br>Широкий спектр производительности                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Большая стоимость несущих пластмассовых и металлических лент<br>Невозможность изменения длины пути продукта без смены лент<br>Ограниченная номенклатура продукции<br>Невозможность закладки мороженого<br>Большая энергоемкость<br>Возможность застывания смазки в подшипниках качения                                                                 |



Технико-экономические показатели скороморозильных аппаратов:  
 а — удельная мощность  $P_G$  (на единицу производительности  $G$  аппарата); б — удельная мощность  $P_v$  (на единицу объема  $V$  морозильной камеры); в — суммарная установленная мощность; г — удельная производительность аппарата (на единицу объема морозильной камеры);

1 — флюидизационный аппарат типа АСФ; 2 — конвейерно-тележечный аппарат типа КТ; 3 — ленточный аппарат типа АСТЛ; 4 — тележечный аппарат типа ТСТ

параты занимают промежуточное положение (см. рисунок, г).

➤ При малых значениях производительности аппаратов (менее 300 кг/ч) с точки зрения удельной производительности на единицу объема морозильной камеры наиболее эффективны (см. рисунок, г) тележечные аппара-

ты, менее эффективны флюидизационные, затем идут ленточные и конвейерно-тележечные (наименее эффективны).

Выводы по удельной производительности относятся к аппаратам для замораживания определенных продуктов (для флюидизационного аппарата это зеленый горошек, черника и т. п., для ленточного и тележечного аппаратов — пельмени, для люлечного аппарата — сосиски и сардельки). При иных видах продуктов возможно получение других результатов.

Особенности скороморозильных аппаратов, их модели и технологические параметры были описаны в этом и других периодических специализированных изданиях.

Специалисты ООО ПТФ «КРИО-ТЕК» готовы разработать, изготовить и поставить скороморозильные аппараты по техническим условиям Заказчика.

129110, Москва, ул. Каланчевская, д. 32/61.  
 Тел./факс: 280-1446, 280-8833  
[www.kriotek.ru](http://www.kriotek.ru) e-mail: [info@kriotek.ru](mailto:info@kriotek.ru)



**IKK 2003  
Hannover**

24-я международная  
 специализированная выставка  
 «Холодильная техника,  
 вентиляция и кондиционирование»

Вам необходима  
 дополнительная информация?  
 Мы с удовольствием Вам  
 поможем:

Представительство Немецкой  
 Экономики в РФ  
 Тел.: +7 0 95. 2 34 49 50  
 Факс: +7 0 95. 2 34 49 51  
[sedowa@dihk.ru](mailto:sedowa@dihk.ru)

Организаторы  
 VDKF Wirtschafts- und  
 Informationsdienste  
[info@vdkf.com](mailto:info@vdkf.com)

Проведение  
 Nürnberg Messe  
 Messezentrum  
 D-90471 Nürnberg

[www.ikk-online.com](http://www.ikk-online.com)

[www.ikk-tradefair.com](http://www.ikk-tradefair.com)

### Прыжок вперед в технологии холодильной техники

Специализированная выставка IKK — это не только всемирно известная выставка с широким спектром предложений от холодильных камер в лабораториях до климатического оборудования, предлагаемого на мировом рынке. Она демонстрирует новейшие достижения в области климатической и вентиляционной техники как автономного, так и центрального кондиционирования. Вполне логично, что Вас заинтересует наша разнообразная экспозиция. Спешите увидеть всё собственными глазами на выставке IKK в Ганновере!

**VDKF**

**NÜRNBERG MESSE**

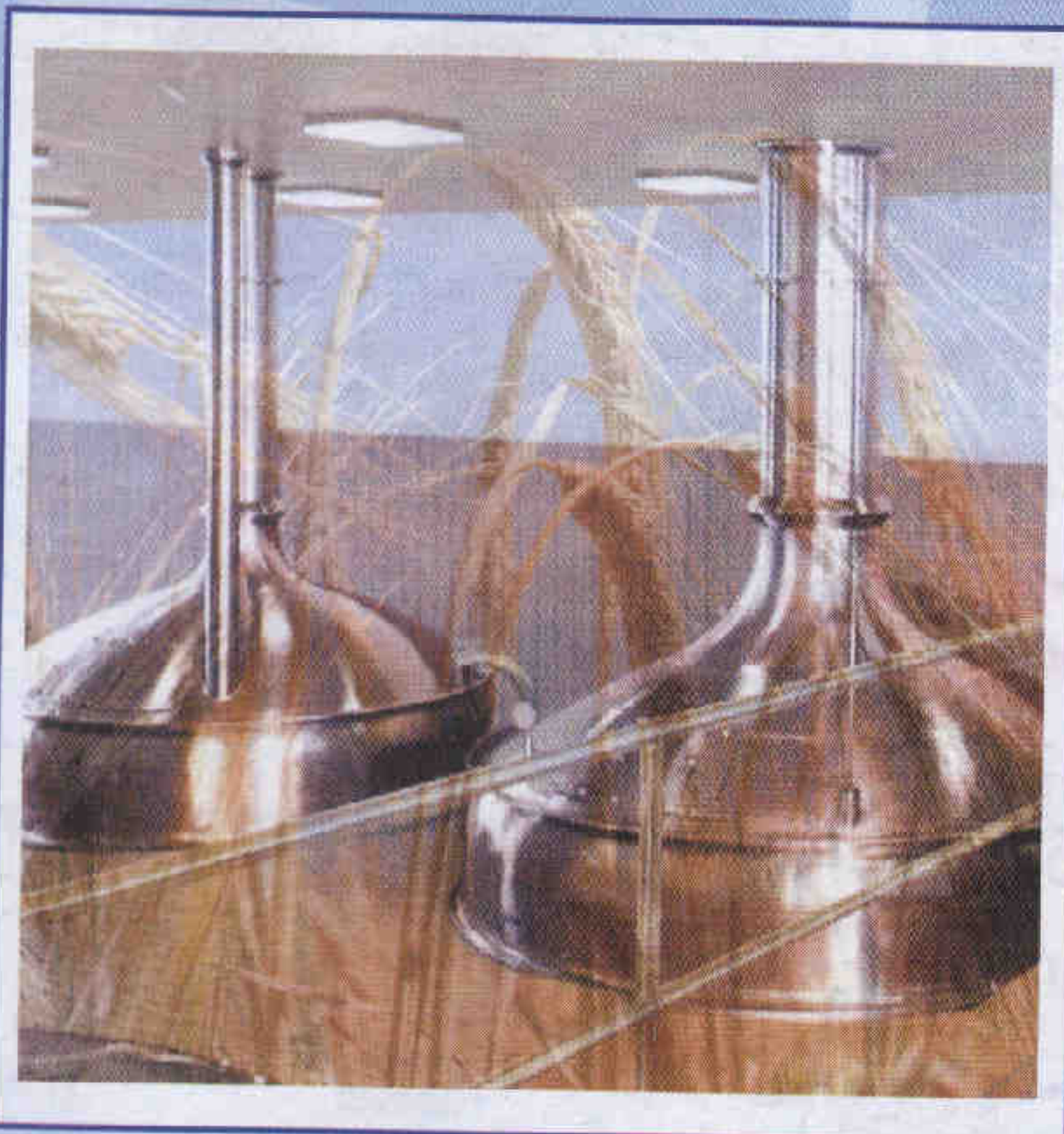
# Системы охлаждения Концепция фирм

Пиво – древний напиток, при производстве которого необходимо охлаждение на разных стадиях его приготовления. Раньше пивоварам приходилось полагаться на естественные температурные условия их местности или на использование природного льда.

Впервые холодильное оборудование было использовано в 1878 г. на пивоварне Carlsberg в Копенгагене. Принимая во внимание тот факт, что до этого холодильные машины вообще не были достаточно распространены, очевидно, что пивоварни одни из первых применили системы искусственного охлаждения в производственном процессе.

Холодильное оборудование играет важную роль в производстве качественного пива. Процессы охлаждения должны контролироваться с высокой точностью. Это предъявляет особые требования к уровню холодильной техники. Кроме того, принимая во внимание, что на холодильную установку расходуется практически 50% всей электроэнергии пивоваренного завода, оптимизация ее энергопотребления наравне с качеством продукта существенно влияют на коммерческий успех предприятия.

Надо также иметь в виду, что профессиональные технологи-пивовары, как правило, недостаточно вникают в суть холодильных процессов, и поэтому очень важна не только поставка фирмой холодильного оборудования, соответствующего современному уровню, но и компетентность ее специалистов в процессах пивоварения.



При производстве пива холод используется в следующих процессах.

### ➤ Приготовление солода

Для повышения влагосодержания зерен от 12 до 45 % их вымачивают при температуре около 15 °С (охлаждаются вода и воздух). Затем зерна проращивают.

### ➤ Хранение хмеля

Хмель нужно хранить при температуре 0... 1 °С и достаточно низкой относительной влажности (около 55 %).

### ➤ Охлаждение сусл

После процессов кипячения и фильтрации сусло должно быть охлаждено перед помещением в емкости для ферментации от 94 до 13 °С. Это на 1–2 °С ниже требуемой температуры ферментации.

Различают одностадийный и двухстадийный процессы, а также сезонные и ежедневные варианты нагрузки. Охлаждение сусла – самый холодоёмкий процесс в производстве пива.

## ➤ Ферментация

Под ферментацией понимается процесс преобразования сусла в пиво (зеленое пиво). Для светлых сортов пива («нижней» ферментации) нормальная температура в течение ферментации составляет 13...15 °С или немного выше (при более высокой плотности сусла). Дрожжи обычно добавляют, когда температура сусла на 1...2 °С ниже температуры ферментации.

В конце начальной ферментации продукт охлаждают до температуры 7...8 °С, при которой осуществляется процесс созревания. Дрожжи из пива убирают.

## ➤ Стабилизация

Этот процесс проходит при температуре, наиболее близкой к температуре замерзания пива, т. е. около  $-1,5^{\circ}\text{C}$ .

➤ **Фильтрация**

После примерно 24 ч хранения в емкостях для стабилизации (обработки) или для ферментации (процедура в одной и той же емкости) пиво подвергают фильтрации. Непосредственно перед фильтрацией его нужно охладить до минимально допустимой температуры, так как это позволяет удалить субстанции, приводящие к помутнению пива («chill-haze»). Процесс происходит при температуре +2...-2 °C.

### ➤ Охлаждение пива высокой плотности

При варении пива высокой плотности в него вносят при температуре около 2 °С специальную добавку («gravity liquor»).

### ➤ Пастеризация

Пастеризация необходима для долгосрочного хранения готового пива, что очень важно, если его нужно транспортировать по всему миру. При пастеризации пиво подогревают до температуры 62...70 °С, выдерживают при ней некоторое время, а затем охлаждают до температуры розлива (около 0 °С).

### ➤ Охлаждение разливаемого пива

Большинство систем розлива работают при низкой температуре, обычно около 0 °С.

### ➤ Охлаждение остатков

На многих стадиях процесса пивоварения образуются остатки. Практика показывает, что они составляют около 10 % от произведенного продукта. Для повторного использования остатки подвергают пастеризации при 62...70 °С с последующим охлаждением.

➤ **Хранение дрожжей (закваски)**

Новые дрожжи формируются в ходе ферментации и используются повторно – иногда от 10 до 20 раз. Дрожжи собирают при температуре

# в пивоваренной промышленности «Йорк Интернэшнл»

приблизително 8 °C и хранят между циклами при 4 °C.

➤ **Рост дрожжей (закваски)**

Рост дрожжей происходит при температурах, характерных для ферментации (около 15 °С).

- **Регенерация (восстановление)  $\text{CO}_2$**

В процессе ферментации сахар, содержащийся в сусле, преобразуется в алкоголь с выделением диоксида углерода, который регенерируют, поскольку далее он может быть применен в процессе карбонизации пива. Если пивоварня производит и безалкогольные напитки, то  $\text{CO}_2$  также может быть использован в этом производстве. Температура конденсации чистого газа равна  $-20^\circ\text{C}$ .

Приведенный перечень даже без указания скорости процессов, цикличности работы и т. д. дает представление о необходимости тщательного анализа технологии при выборе типа и составляющих частей холодильной системы.

В зависимости от конкретных условий можно использовать следующие варианты систем:

- непосредственного охлаждения или с промежуточным хладоносителем;
- с аммиаком или фреоном в качестве хладагента;
- с пропиленгликолем или водой в качестве хладоносителя;
- с пластинчатыми или кожухотрубными теплообменниками;
- с агрегатированными холодильными машинами или компрессорно-конденсаторными агрегатами;
- с винтовыми или поршневыми компрессорами и т. д.

Компания "Йорк Интернэшнл" производит и поставляет весь комплекс холодильного оборудования, соответствующего требованиям технологии производства пива:

- винтовые компрессоры SAB 110, SAB 128, SAB 163, SAB 202, SAB 283, SAB 355, SAB 81–89 объемной производительностью от 45 до 7000 м³/ч;
- поршневые компрессоры СМО.

ТСМО, SMC, TSMC объемной производительностью от 55 до 1800 м³/ч;

- компрессорные агрегаты ROTATUNE с частотным преобразователем для плавного регулирования производительности;
- агрегатированные холодильные машины типов PLCH, PLCA, YCWS, YCAJ, YDAJ, YK, PAC с водяными конденсаторами;
- агрегатированные холодильные машины типов YCAS, YASX, YCAL, YCAA с воздушными конденсаторами для размещения на открытой площадке;
- конденсаторы, испарители пластинчатые и кожухотрубные;
- компьютерные системы управления и текущего контроля UNISAB и SUBVISUAL;
- системы для регенерации диоксида углерода.

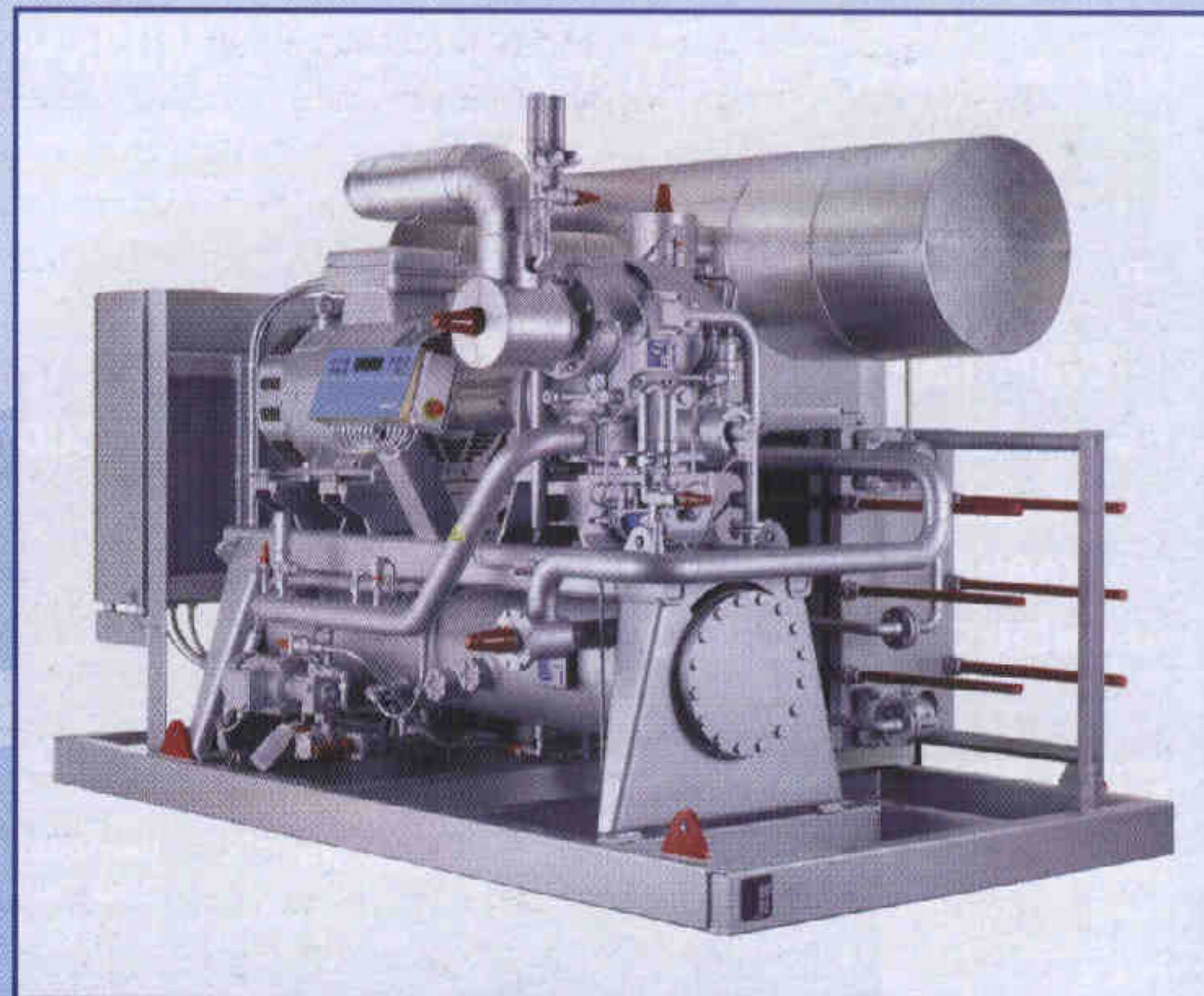
Выпускаются холодильные машины, работающие как на аммиаке, так и на фреонах: R22, R134a, R404A, R407C.

Компанией выполняются рабочий проект системы холодоснабжения, поставка и монтаж оборудования, пуск его в эксплуатацию с дальнейшим гарантийным и сервисным обслуживанием.

Отличительной особенностью оборудования YORK является разнообразие ассортимента, предлагаемого для конкретной заданной холодопроизводительности.

Каждый из производимых типов машин имеет свои преимущества перед остальными: низкий уровень шума, малые габаритные размеры, высочайшую эффективность. Благодаря этому заказчику может быть предложено оборудование, идеально соответствующее всем его требованиям.

Компания "Йорк Интернэшнл" владеет торговыми марками GRAM, SABROE, STAL, производит и постав-



ляет запасные части для всего спектра оборудования, выпускавшегося ранее этими фирмами.

Оборудование фирмы "Йорк Интернэшнл" прекрасно зарекомендовало себя на многих пивоваренных производствах: "Вена", "Балтика", "Хайнекен", "Тинькофф", "Очаково", "Браво", "Объединенные пивоваренные заводы" и др.

В завершение можно сказать, что основные принципы компании ЗАО "ЙОРК ИНТЕРНЭШНЛ" в поставке холодильного оборудования для пивоваренной промышленности (как, впрочем, и для других отраслей, требующих искусственного охлаждения) – это знание ее специалистами технологии процессов, основанное на более чем 100-летнем опыте применения холода в пивоваренной промышленности, производство и поставка современной холодильной техники, максимальное удовлетворение требований заказчика, что является ключом к успеху пивоварни независимо от объема ее производства.

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

## «ВЕЧНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ПРЕЖДЕ И ТЕПЕРЬ»

Мир, в котором мы живем, буквально пропитан энергией в самых различных формах – в виде электричества, теплоты, магнетизма, гравитации, движения, излучения. ... Человек издревле фиксирует и изучает такие феномены как грозы, землетрясения, морские и атмосферные течения, солнечная радиация, приливы и отливы, вулканическая деятельность планеты Земля, процессы фотосинтеза, распространения света, теплоты, ядерные превращения, процессы преобразования энергии... Мы часто удивляемся непознанному, глубине тайн и совершенству природы. Новые технологии и инструменты исследований открывают новые энергетические взаимодействия и новые возможности.

Нобелевский лауреат 1970 г. шведский физик Ханнес Улоф Йёста Альфвен, награжденный также золотой медалью имени М.В. Ломоносова АН СССР, отмечал, что наши представления о ближнем и дальнем космосе в до-спутниковую эпоху (до 1957 г.) были менее точны, чем воззрения Аристотеля! В этом убедительное свидетельство ряда особенностей научного поиска, а также относительности научных доктрин и ценности истинного знания, основанного на практическом опыте Человечества.

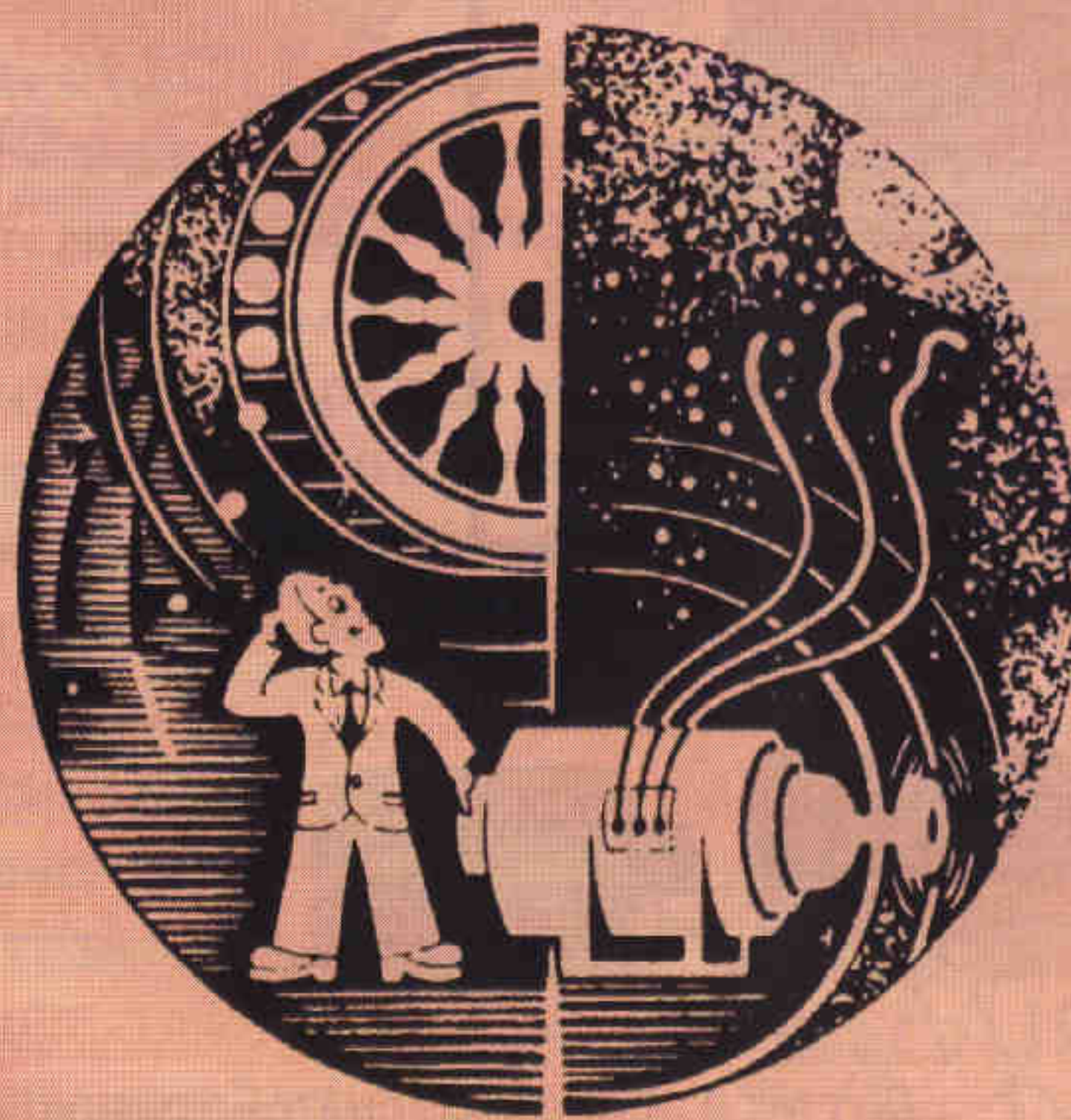
Одним из величайших достижений научной мысли является феноменологическая термодинамика. Именно эта наука, формировавшаяся еще в XVIII и в начале XIX веков, составляет научный стержень книги профессора В.М. Бродянского. Должен в этой связи отметить тот факт, что самые выдающиеся физики XX столетия глубоко изучали и развивали термодинамику, писали книги и статьи, связанные с этой темой.

Нашими целями были, остаются и останутся в будущем раскрытие и осознание различных энергетических преобразований, создание новых источников и преобразователей энергии. История науки показывает, что на этих путях возникало много гениальных открытий, изобретений и, увы, заблуждений тоже. Одним из них является так называемый вечный двигатель. В книге много поучительных примеров из этой области поисков человеческого разума, и в мире технической литературы она является уникальным и весьма полезным трудом. Холодильщикам и криогеникам книга должна быть особенно близка и понятна, в частности, потому, что именно в холодильной технике был впервые реализован так называемый тепловой насос, обеспечивающий преобразование работы (электрической энергии) в теплоту с коэффициентом преобразования больше единицы, и тем не менее не имеющий никакого отношения к вечному двигателю.

Большой интерес представляет критический разбор различных «изобретений», относящихся как к «холодным» двигателям, производящим работу «из ничего», так и различным способам охлаждения и отопления, основанным на фантастических измышлениях.

В книге приведено и проанализировано много примеров «вечных двигателей». В этом деле участвуют, как это ни странно, и люди, имеющие ученые степени и звания. Доходит до того, что всерьез обсуждается вопрос об ис-

# ВЕЧНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ПРЕЖДЕ И ТЕПЕРЬ



Разбор этих и других подобного рода псевдонаучных измышлений полезен не только при изучении и преподавании физики, термодинамики и других дисциплин, связанных с энергетикой, но и для выработки умения критически анализировать предложения, подобные «уникальному квантовому гидравлическому двигателю», который «в 10 раз эффективнее, чем двигатель внутреннего сгорания».

Нам остается поблагодарить уважаемого Виктора Михайловича Бродянского за прекрасную книгу.

Заведующий кафедрой МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
лауреат Государственной премии и международной премии,  
заслуженный деятель науки и техники  
Российской Федерации,  
Почетный член  
Парижского Международного института холода,  
профессор **А.М. АРХАРОВ**

**По вопросам приобретения книги обращаться:**  
**тел./факс (095) 334-74-21**  
**e-mail: fizmat@maik.ru**

# Экономичное получение холода

Ю.Н. НОВОЖИЛОВ, заслуженный изобретатель РСФСР

Известно, что для работы холодильных установок требуется огромное количество электроэнергии. Учитывая ее высокую стоимость, которая имеет устойчивую тенденцию к дальнейшему росту, экономия электроэнергии на холодильных складах становится актуальной проблемой.

Публикуемые ниже предложения автора могут позволить решить эту проблему.

Для выработки электроэнергии и отопления жилых помещений и промышленных предприятий в городах и вблизи них обычно строят районные электростанции, ТЭЦ, крупные котельные, использующие в качестве топлива природный газ с давлением около 1 МПа. Перед подачей газа на горелки котлов для сжигания его дросселируют на газорегулирующих пунктах (ГРП). При этом давление газа снижается с 1 до 0,1 МПа при одновременном понижении его температуры до 0...-10 °С.

Если такой температуры газа достаточно для обеспечения заданного температурного режима в камерах холодильных складов, то может быть использована технологическая схема, приведенная на рис. 1.

Природный газ с давлением около 1 МПа по трубопроводу 1 поступает в ГРП 2, где с помощью регулирующих клапанов 3 дросселируется до давления около 0,1 МПа. При этом его температура снижается. Охлажденный газ проходит через теплообменник 4, по змеевику 5 которого насосом 6 прокачивается хладагент (это может быть раствор хлористого натрия или кальция или фреон). Нагретый в теплообменнике газ подается на горелки котла 7.

Подогрев газа перед сжиганием в топке котла повышает экономичность технологического процесса.

Охлажденный хладагент поступает к теплообменным батареям 8, установленным в помещении холодильного склада 9.

Воздух в помещении склада охлаждается, а подогретый в батареях хладагент при помощи насоса 6 возвращается в теплообменник 4. В такой схеме электрическая энергия расходуется только на прокачку хладагента насосом 6. Для охлаждения холодильных складов не нужны специальные холодильные машины, расходующие электрическую энергию. Холод получают попутно при дросселировании сжатого газа. Таким образом полезно используется энергия, затраченная на сжатие природного газа на компрессорных станциях.

Этот способ получения холода может быть использован и тогда, когда по технологическим причинам необходимо более глубокое охлаждение хладагента, чем получаемое при обычном дросселировании потока газа. В этом случае в схеме дросселирования потока газа следует использовать вихревую трубу. Схема получения холода с помощью вихревой трубы показана на рис. 2.

Природный газ, поступающий по трубопроводу 1 на электростанцию, котельную и т. д., направляется в вихревую трубу 2, имеющую тангенциальный вход 3. В вихревой трубе за счет перепада давлений газ закручивается и разделяется на два потока — холодный 4 и горячий 5, которые отбираются соответственно из центральной и периферийной

частей вихревой трубы. При этом температура холодного потока будет намного ниже температуры газа за регулирующим клапаном при обычном дросселировании без вихревой трубы. Температура горячего потока газа будет выше, чем сжатого газа до вихревой трубы. В зависимости от соотношения расходов холодного и горячего потоков газа могут быть реализованы различные режимы работы вихревой трубы. Но чем меньше доля холодного газа, тем ниже его температура. Так, в случае одинаковых по величине горячего и холодного потоков газа и при снижении в вихревой трубе его давления с 0,9 до 0,1 МПа температура горячего потока газа повысится на 40 °С, а холодного понизится на 40 °С по сравнению с температурой поступающего в

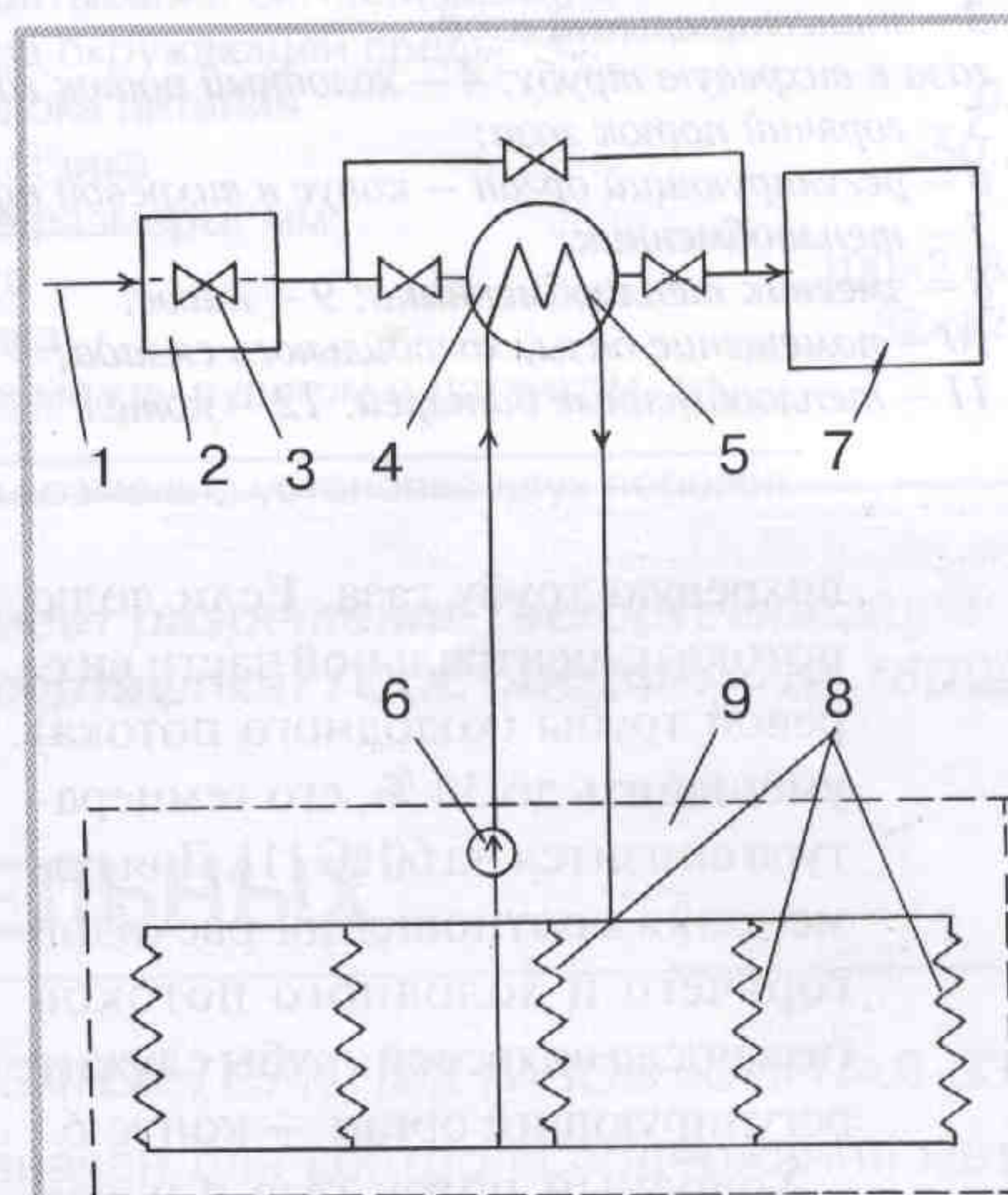


Рис. 1. Получение холода при дросселировании природного газа:  
1 — трубопровод подачи газа;  
2 — газорегулирующий пункт (ГРП);  
3 — регулирующий клапан; 4 — теплообменник; 5 — змеевик теплообменника;  
6 — насос; 7 — котел; 8 — теплообменные батареи; 9 — помещение базы, холодильного склада

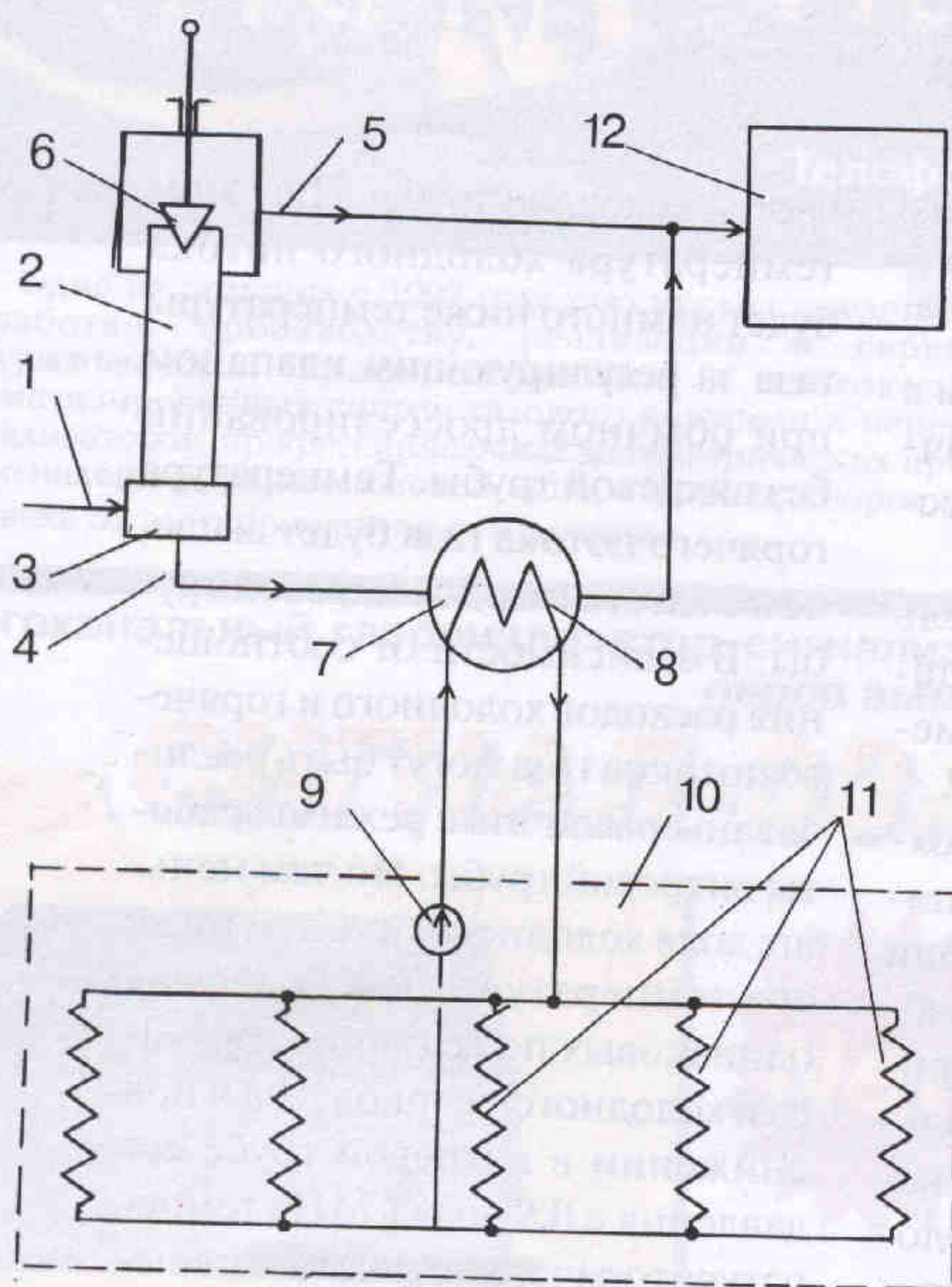


Рис. 2. Схема получения холода с помощью вихревой трубы:

- 1 — трубопровод подачи газа; 2 — вихревая труба; 3 — тангенциальный вход газа в вихревую трубу; 4 — холодный поток газа; 5 — горячий поток газа; 6 — регулирующий орган — конус в вихревой трубе; 7 — теплообменник; 8 — змеевик теплообменника; 9 — насос; 10 — помещение базы, холодильного склада; 11 — теплообменные батареи; 12 — котел

вихревую трубу газа. Если долю потока из центральной части вихревой трубы (холодного потока) уменьшить до 30 %, его температура снизится на 60 °С [1]. Для изменения соотношения расходов горячего и холодного потоков газа после вихревой трубы служит регулирующий орган — конус 6.

Холодный поток газа 4 после вихревой трубы подается в теплообменник 7, по трубкам змеевика 8 которого насосом 9 прокачивается хладоноситель. Холодный газ нагревается, а охлажденный хладоноситель по трубопроводу с тепловой изоляцией поступает в теплообменные батареи 11, охлаждает воздух помещений, а

сам подогревается и вновь прокачивается насосом 9 через змеевик 8 теплообменника 7.

Холодный поток газа 4 после теплообменника 7 смешивается с потоком горячего газа 5. Смешанный поток поступает на горелки котла 12.

В данной схеме холод получают только за счет использования энергии сжатого газа без затрат электрической или какой-либо другой энергии, что важно при высоких ценах на энергоносители. Используемая в схеме вихревая труба проста по конструкции и надежна в работе, так как не имеет движущихся частей [1, 2].

Обычно при дросселировании потока сжатого газа с помощью регулирующих клапанов его энергия целесообразно не используется. Более того, происходит износ дросселирующей арматуры, а подача охлажденного газа в топку котлов снижает их экономичность.

Предложенная выше технологическая схема позволяет рационально использовать энергию потока сжатого газа перед его сжиганием в топках котлов.

Естественно, что при реализации предложенных схем должно быть предусмотрено размещение холодильных складов, холодильников и т. п. вблизи от электростанций, котельных и других объектов, использующих природный газ. Это целесообразно делать в ходе проектирования. Таким образом можно обеспечить комбинированную и экономичную выработку электрической энергии, тепла и холода.

В тех случаях, когда нельзя пол-

ностью исключить возможность прекращения подачи газа на предприятие, на охлаждаемых объектах должны быть установлены резервные холодильные установки. При получении холода от холодного потока газа эти установки не работают, что позволяет сохранить их моторесурс, а также сократить затраты на ремонт и обслуживание.

Для оценки эффективности получения холода с помощью вихревой трубы при снижении давления природного газа с 1 до 0,1 МПа можно привести следующий пример.

На ТЭЦ мощностью 400 МВт сжигается около 200000 нм<sup>3</sup> газа в час. С помощью вихревой трубы можно получить холодный поток газа с объемным расходом  $V = 100000$  нм<sup>3</sup> в час. Разность температур этого потока газа до и после вихревой трубы составляет  $\Delta t = 40$  °С. Теплоемкость метана (основной компонент природного газа) составляет

$$c = 0,593 \text{ ккал/(кг} \cdot \text{К)}.$$

$$\text{Удельный вес метана}$$

$$\gamma = 0,716 \text{ кг/нм}^3.$$

$$\text{Холодопроизводительность}$$

$$Q_0 = \gamma V c \Delta t =$$

$$= 100000 \cdot 0,593 \cdot 0,716 \cdot 40 =$$

$$= 1698352 \text{ ккал/ч} \approx 2000 \text{ кВт}.$$

Для обеспечения такой холодопроизводительности необходимо затратить значительное количество электроэнергии, которое экономится при использовании приведенного в статье метода получения холода.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мартынов А.В. Бродянский В.М. Что такое вихревая труба. — М.: Энергия, 1976.
2. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. — М.: Машиностроение, 1969.
3. Новожилов Ю.Н. Установка с вихревой трубой для дросселирования природного газа и получения холода // Промышленная энергетика. 1995. № 3.

**IX Международный симпозиум  
«ПОТРЕБИТЕЛИ-ПРОИЗВОДИТЕЛИ  
КОМПРЕССОРОВ И КОМПРЕССОРНОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ-2003»**

**IX Международный симпозиум «Потребители–производители компрессоров и компрессорного оборудования-2003» прошел 18–20 июня 2003 г. в Санкт-Петербургском государственном политехническом университете. Традиционно организатором его была кафедра компрессорной, вакуумной и холодильной техники СПбГПУ при поддержке администрации университета, Ассоциации компрессорщиков и пневматиков и Международной академии холода. Генеральным спонсором симпозиума стало ОАО «Газпром». В работе симпозиума приняли участие 170 специалистов из 111 организаций 55 городов России, Белоруссии, Австрии, Литвы, Польши, Украины, Германии, Италии, Нидерландов, США, Франции, Швейцарии и Японии. Вниманию участников симпозиума были предложены 32 доклада.**

Симпозиум открыл председатель оргкомитета д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой компрессорной, вакуумной и холодильной техники СПбГПУ Ю.Б. Галеркин. С приветствием к участникам симпозиума обратился вице-президент СПбГПУ чл.-кор. АН России Ю. П. Федоров.

На пленарных заседаниях было заслушано 16 докладов, большая часть которых была посвящена современным турбокомпрессорам для природного газа.

Широкая номенклатура газоперекачивающих агрегатов была представлена в докладе ОАО «Сумское НПО им. М.В. Фрунзе (Украина), газоперекачивающие агрегаты серии «Урал» – в докладе Пермского НПО «Искра». Современные уплотнения и опоры центробежных газовых компрессоров были рассмотрены в докладах «ВНИИгаз», АО «Грейс» (г. Сумы, Украина), MAN Turbomashinen (Швейцария) и S2M (Франция).

Большое внимание опыту модернизации турбокомпрессорного оборудования в основном



Участников  
симпозиума  
приветствует вице  
президент СПбГПУ  
чл.-кор. АН России  
Ю.П. Федоров



Д-р техн.наук,  
профессор, заведующий  
кафедрой  
компрессорной  
вакуумной и  
холодильной техники  
СПбГПУ  
Ю.Б. Галеркин  
открывает симпозиум

из-за изменения условий эксплуатации и с целью экономии энергии было уделено в докладах: ОАО «Компрессорный комплекс» (Санкт-Петербург), MAN TURBO (Германия/Швейцария), ООО НПЦ «Анод» (Нижний Новгород).

Конкретным разработкам в области турбомашин были посвящены доклады: «Проектирование и освоение производства малонапорных блочных воздушных нагнетателей производительностью 60...200 м<sup>3</sup>/мин и конечным давлением 1,2...3,2 ата» ОАО «Дальэнерго-маш»; «Высокопроизводительные центробежные компрессоры промышленного назначения для агрессивных сред» итальянской фир-

мы GE Power Systems Oil&Gas; «Передовые технологии в области разработки компрессоров высокого давления для заправки газа» фирмы Mitsubishi Heavy Industries и др.

Крупнейший производитель поршневых компрессоров для природного газа – американская компания Ariel представила обзор производимого ею поршневого и винтового компрессорного оборудования.

Российское ОАО «Пензкомпрессормаш» ознакомило участников симпозиума с современными винтовыми воздушными компрессорными установками, имеющими запатентованный профиль роторов.

Холодильному оборудованию на базе новых рядов спиральных, винтовых и центробежных компрессоров, работающих на озонобезопасных хладагентах, был посвящен доклад ОАО «ВНИИхолодмаш-Холдинг».

На симпозиуме работали две секции: «Опыт эксплуатации» и «Новое в компрессорной технике».

Доклады, представленные на первой секции в основном потребителями компрессорного оборудования, касались опыта его эксплуатации, сравнения различных типов машин, прогнозирования их ресурса и технологии ремонта. Интерес вызвал доклад представителей ООО «Агромаш» и ОАО «Каустик» (Волгоград) о новых импортозамещающих и ресурсосберегающих ремонтных лазерных технологиях и специальных покрытиях, позволяющих формировать высокие эксплуатационные свойства базовых деталей компрессоров. Наиболее перспективны лазерная наплавка композиций на основе Ni-Cr-V и лазерная модификация рабочих поверхностей тонкопленочными фторполимерными твердосмазочными защитными покрытиями.

На секции «Новое в компрессорной технике» следует отметить доклад «Опыт создания нового поколения холодильных центробежных компрессоров» представителей «ВНИИхолодмаш-Холдинг» И.Я. Сухомлинова, М.В. Головина, Д.Л. Славуцкого и МАИ – Ю.А. Равикovichа. Эти компрессоры новых типоразмерных рядов со встроенным высокочастотным приводом на магнитных подшипниках не имеют системы смазки, сальников и мультипликато-

ра, что повышает их энергетические характеристики. Холодопроизводительность работающих на R134a компрессоров 2...5 МВт. Была также доказана целесообразность создания безмасляных центробежных холодильных компрессоров со встроенным высокочастотным двигателем малорасходного (на RC318 и R134a) и среднерасходного рядов (на RC318, R134a и R22). Базовым для среднерасходного ряда был принят компрессор холодопроизводительностью 400 кВт, для малорасходного – 32 кВт. Ожидаемый уровень КПД компрессоров среднерасходного ряда составляет 0,56...0,65, что соответствует уровню эффективности современных холодильных компрессоров других типов. Малорасходные центробежные компрессоры не уступают по эффективности винтовым, но лучше их по массогабаритным показателям.

Другие выступления были посвящены разработке и исследованию центробежных нагнетателей (ОАО НПО «Искра», г. Пермь, ГОУ СПбГПУ), новой конструкции газоперекачивающего агрегата ГПА-Ц10Б с авиаприводом (ОАО «Сумское НПО им. М.В. Фрунзе»), созданию головных образцов газоперекачивающего и газозаправочного оборудования нового поколения (ОАО «Кировский завод») и др.

Как всегда, симпозиум сопровождался выставкой фирм-участниц симпозиума, развернутой в Выставочном комплексе СПбГТУ.

В последний день симпозиума вниманию участников была предложена интересная экскурсионная программа.



# SHK MOSCOW 2003

Международная специализированная выставка «Санитарная техника, отопительное оборудование, кондиционирование воздуха и техническое обеспечение зданий» (SHK Moscow) была в седьмой раз проведена в российской столице 26 – 29 мая 2003 г. Впервые в этом году выставка была размещена в новом 7-м павильоне Выставочного комплекса на Красной Пресне, созданном при финансовом участии организатора выставки SHK – немецкой фирмы *Messe Düsseldorf*. Выставка прошла при содействии ЗАО «Экспоцентр». В ней приняли участие около 250 фирм из 23 стран мира.

В рамках выставки прошли:

- традиционный Седьмой Европейский симпозиум «Современные энергоэффективное оборудование для теплоснабжения и климатизации зданий», организованный АВОК, ЕНІ (Европейским объединением производителей отопительного оборудования) при участии Госстроя, «Мессе Дюссельдорф ГмбХ» и УТЭХ (Управления топливно-энергетического хозяйства Правительства Москвы);
- 2-я Всероссийская конференция климатических фирм, посвященная состоянию и перспективам развития российского климатического рынка.

В секторе систем кондиционирования воздуха и климатического оборудования были широко представлены фирмы, предлагавшие самое современное оборудование наряду с комплексом услуг по подбору, проектированию, поставке, монтажу и сервисному обслуживанию: «Вента», «Вертекс-Инжиниринг», «Евроклимат», «Солнечный ветер», «Арктика» и др.

Фирма «Вента» представила разработанный ею совместно с НИЦ «Инвент» новый роторный пластинчатый теплообменник [РПТМ] с вращающейся самосмазываемой насадкой для тепловлажной обработки воздуха в СКВ.

Некоторые монтажные фирмы, например «Гамма-Вент», предлагали создание систем вентиляции и кондиционирования на базе отечественных комплектующих производства таких фирм, как «Мовен», «Домодедовский машиностроительный завод «Кондиционер» (ДоКон), «Веза», представленных на выставке.

Еще один отечественный производитель – промышленная группа «Климат Групп» экспонировала приточно-вытяжную установку со встроенным кондиционером. Установка не имеет выносных блоков и внешних трубопроводов и обеспечивает значительную экономию энергии благодаря использованию вытяжного воздуха для нагрева приточного.

Центральные кондиционеры КЦП собственного производства производительностью по воздуху 1000...150 000 м³/ч и весь комплекс услуг по подбору, установке и обслу-

живанию оборудования предлагала группа компаний «Климатехника».

Разработчиком и изготовителем каркасных центральных кондиционеров является и «Воздухотехника» (Москва), демонстрировавшая кондиционеры марки КЦК производительностью по воздуху 1600...80 000 м³/ч.

Зарубежные производители систем кондиционирования воздуха и их элементов были представлены фирмами *Teba* (Турция), *Weger* (Италия), *IMP Klima* (Словения) – воздухораспределение, фэн-койлы, *Halton OY* (Финляндия) и др. Московское представительство фирмы *York International* предлагало крышные и прецизионные кондиционеры, а также тепловые насосы. Отделение *York Controls Group* рекламировало контроллеры для СКВ и систему *ISN* (Integrated Systems Network) для управления тепло- и холодоснабжением зданий.

Идея создания общих систем управления инженерными системами зданий получает все более широкое распространение. Следствием этого стало появление специализированных фирм данного направления, некоторые из которых были представлены на выставке SHK Moscow 2003. Системы автоматизации зданий, а также регуляторы давления, температуры, расхода и системы регулирования экспонировала фирма *SAMSON AG* (Германия). Группа компаний «Инпред» (Москва) предлагала системы автоматизации и диспетчеризации инженерного оборудования зданий концерна *Siemens*. Специализируется на системах автоматики для систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха немецкая фирма *Sauter*. Элементы систем автоматизации показали: индийская фирма «Индфос» (совместное с фирмой *Danfoss* производство





паяные теплообменники совместного производства России и Швеции. «Машинпэкс» (Москва) предлагала пластинчатые теплообменники собственной сборки из комплектующих GEA Ecoflex (Германия).

Кожухотрубные теплообменники, отделители жидкости и ресиверы экспонировала фирма Technoklima (Словацкая Республика).

Эта фирма является также дистрибьютером представленной на выставке итальянской компании DENA LINE S.P.A. – европейского лидера в области производства вентиляторов, ресиверов, влагоотделителей и глушителей шума.

Насосное оборудование, используемое в системах кондиционирования воздуха, можно было увидеть на стендах фирм Grundfoss (Германия), «Вило Рус» (поставка насосов производства промышленной группы Wilo AG), «Арнас» (насосы Grundfoss).

Медные трубы для СКВ, тепло- и водоснабжения предлагали фирмы Wieland и KME (Германия), медные и латунные фитинги – «ИБП Инстал-фиттингс Лтд» (Польша), N.T.M. S.P.A. (Италия), арматуру – Oventrop GmbH & Co (Германия), «АДЛ» (Москва) и др.

Воздушные фильтры для систем вентиляции и кондиционирования, в том числе и для «чистых помещений», были представлены на выставке отечественными производителями НПП «Фолтер» и проектно-строительным предприятием «Чистый воздух».

Теплоизоляционные материалы для труб систем отопления, кондиционирования и вентиляции выставили фирмы «Анавид» (Израиль), «Изолин», «Термафлекс Изоляция», «Фирма КВ», «Минисант-2» и др. Завод «Лит» (Переславль-Залесский) предлагал пенополиуретановую изоляцию «Регент» для холодильных установок (применима для температур до  $-100^{\circ}\text{C}$ ), а также отражающий материал «Пенофол» (фольга + полиэтиленовая пена) для внутренней изоляции помещений и холодильных камер



(температура до  $-60^{\circ}\text{C}$ ) и эластичные воздуховоды «Пенофол-air» для систем кондиционирования, вентиляции и отопления.

Постоянное совершенствование и усложнение инженерных систем зданий, все большая их взаимосвязанность требуют непрерывного обмена знаниями и опытом между производителями, потребителями оборудования, специалистами смежных отраслей и координирующих организаций. Местом такого межпрофессионального общения стали нынешняя выставка SHK Moscow и сопутствующие ей симпозиумы и конференции.

В целом раздел кондиционирования выставки SHK Moscow 2003, почти не изменившийся по составу участников с прошлого года, произвел, однако, лучшее впечатление благодаря как более современному дизайну выставочной площади, так и расширившемуся сектору систем автоматизации для управления инженерными системами зданий.

регуляторов давления, термостатов, запорной арматуры); «Сервоприводы Белимо Россия» (представительство в России швейцарской фирмы Belimo, производящей приводы, регулируемые шаровые и седельные клапаны); Jumo (Германия) и др.

Теплообменное оборудование для систем кондиционирования воздуха и холодоснабжения (паяные пластинчатые теплообменники, промышленные и потолочные воздухоохладители) демонстрировала фирма Alfa Laval. Фирма Swerp International выставила пластинчатые разборные и



## Из Бюллетеня МИХ

### СИСТЕМА АККУМУЛЯЦИИ ЛЬДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СМЕСИ ВОДЫ И МАСЛА

Авторы изучали ледяную суспензию, полученную из смеси масла и воды путем охлаждения и перемешивания. Установлено, что добавка, имеющая аминогруппу ( $\text{NH}_2$ ) и группу силанола ( $\text{SiOH}$ ), важна для образования суспензии с высоким IPF без прилипания льда к охлаждающей стенке. Более того, частицы льда в суспензии были дисперсными и гранулированными и не прилипали друг к другу.

Авторы провели эксперименты с целью выяснения состава суспензии. На основании теплового анализа с помощью дифференциального сканирующего калориметра определили, что твердая субстанция представляла собой не чистый лед, а соединение льда и добавки. Тогда при использовании добавки и очень небольшом понижении точки замерзания (около  $7^\circ\text{C}$ ) всю воду в смеси можно заморозить.

*K. Matsumoto, Y. Shiokawa, M. Okada, et al. // Int. J. Refr., GB, 2002.01, vol. 25, № 1, 11–18*  
БМИХ, 2002, № 3, с. 55

### ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА R143A

Определены теплофизические свойства хладагента R143a в условиях насыщения с использованием эффекта динамического рассеяния света (DLS). Эффект применяли для измерения температуропроводности и скорости звука как насыщенной жидкости, так и паровой фазы в диапазоне температур  $273...346\text{ K}$ . Полученные результаты использовали для определения удельной теплоемкости при постоянном давлении

и изоэнтальпийном сжатии. Тот же способ (DLS) применяли для измерения поверхностного натяжения и кинематической вязкости жидкости в температурном диапазоне  $253...333\text{ K}$ . Подробно рассмотрены результаты исследований R143a и сравнивали с данными, имеющимися в литературе.

*A. P. Froba, S. Will, A. Leipertz // Int. J. Refr., GB, 2001.08, vol. 24, № 8, 734–743*

БМИХ, 2002, № 3, с. 56

### ТЕПЛООТДАЧА ПРИ КИПЕНИИ СЖИЖЕННОГО ПРОПАНА НА ПОРИСТЫХ СТРУКТУРАХ

Объектом исследования был процесс теплоотдачи при пленочном кипении пропана на горизонтальных трубах с пористым покрытием и на металлокерамических поверхностях испарителей с каналами для удаления пара. Изучали зависимость процесса кипения от давления насыщения и влияния параметров пористого покрытия на интенсивность теплоотдачи. Результаты исследований показывали, что применение металлического пористого покрытия, полученного электродуговым тепловым напылением, позволяет добиться значительно увеличения теплового потока (в 3–8 раз в зависимости от условий). Полученные результаты можно использовать в химической промышленности, холодильной технике, электронике и т. д.

*L. L. Vasiliev, A. S. Zhuravlyov, M. N. Novikov, et al. // Proc. ASMEZSITS int. Therm. Sci. Semin., Bled. SI, 2000.06.11–14, vol. 1, 341–345*

БМИХ, 2002, № 3, с. 59

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООТДАЧИ ПРИ КОНДЕНСАЦИИ ВОДЫ И R134A НА ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ТРУБАХ С НАКАТНЫМИ РЕБРАМИ

Экспериментальное исследование проводили на двух различных стендах для воды и R134a. Опытные секции изготавливали механической накаткой ребер на гладких медных трубках с наружным диаметром  $24,4\text{ мм}$ . Изучали два типа оребренных трубок: круглого сечения с накатными ребрами (CIFT) и сплюснутые с накатными ребрами (SIFT). Трубки располагали одна под другой внутри испытываемого конденсатора.

На основании результатов экспериментов авторы составили эмпирическое уравнение, которое позволяет рассчитывать коэффициент теплоотдачи при конденсации по их экспериментальным данным при использовании трубок CIFT и SIFT с точностью  $\pm 15\%$ , а также по экспериментальным данным других тринадцати исследователей с точностью  $\pm 35\%$ .

*R. Kumar, H. K. Varma, B. Mohanty, et al. // Int. J. Refr., GB, 2002.01, vol. 25, № 1, 111–126*  
БМИХ, 2002, № 3, с. 60

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИНТОВЫХ МАШИН В КАЧЕСТВЕ ДЕТАНДЕРОВ ДЛЯ ЗАМЕНЫ ДРОССЕЛИРУЮЩИХ ВЕНТИЛЕЙ В ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

Эффективность элементов пароконденсационных холодильных установок сегодня приближается к верхним пределам. Потери, связанные с дросселированием,

становятся более значительными, особенно если используются новые хладагенты. Ведутся работы по разработке детандеров, которые можно было бы применять для замены дросселирующих вентилей, избежав потерь мощности, связанных с дросселированием. Эта мощность может быть далее использована для привода или основного компрессора, или электрического генератора, или другого компрессора для повторного сжатия части пара, образовавшегося при расширении.

*I.K.Smith, N.Stosic, A.Kovacevic  
//Proc. ASME-ZSIS int.  
therm.Sci.Semin., Bled., SI,  
2000.06.11–14, vol. 1, 499–504  
БМИХ, 2002, № 3, с. 63*

# ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АММИАЧНЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК В СТРАНАХ СЕВЕРНОЙ ЕВРОПЫ

В Северной Европе, где применение аммиака имеет долгую историю, разработаны самые прогрессивные и строгие правила его использования. В статье приведены данные по современному состоянию использования аммиака в странах Северной Европы, рекомендации по безопасной эксплуатации аммиачного холодильного оборудования.

*K. Mimura // Refrigeration, JP, 2001, vol. 76, № 885, 605–609*  
 МИХ, 2002, № 3, с. 63–64

## ВОДА КАК ХЛАДАГЕНТ

В связи с экологическими проблемами заслуживает внимание использование воды как хладагента. Фирма «Йорк» (YORK GROUP) в течение нескольких лет занимается разработкой чиллеров, использующих воду в качестве хладагента.

В статье приведены характерные особенности таких чилле-

ров, их преимущества и недостатки. Описана также опытная установка, смонтированная в Дании, и приведены возможные области применения чиллеров в будущем.

*K. Matsuo // Refrigeration, JP, 2001,  
vol. 76, № 882, 323–326  
БМИХ, 2002, № 3, с. 64*

# ПОТОК ХЛАДАГЕНТА R134A ЧЕРЕЗ ТРУБЫ С ДРОССЕЛЕМ

Представлены экспериментальные данные и модель для прогнозирования потока хладагента через трубы с отверстиями, используемые в качестве дроссельных устройств в системах автомобильных и других кондиционеров. Результаты охватывают широкий круг изменений (933 точки) массового расхода хладагента R134a через дросселирующие устройства различных диаметра и длины, при наличии фильтров или без них на входе и выходе, в большом диапазоне рабочих условий и при паросодержании на входе от 0 до 1, с переохлаждением до 40 °C.

*M.Singh, P.S.Hrnjak, S.W. Bullard*  
*//HVAC&R Res., US, 2001.07,*  
*vol. 7, № 3, 245–262*  
*БМИХ, 2002, № 3, с. 64*

# АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСПАРИТЕЛЬНЫХ ЗМЕЕВИКОВ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ВОЗДУХА

Делается попытка проанализировать характеристики испарительных змеевиков со сложными схемами распределения хладагента с помощью математической модели. Проверку модели проводили на четырех змеевиках с различными условиями воздушного потока при использовании R134a как хладагента. На этой модели изучали

теплоотдачу и характеристики  
потока хладагента.

Исследования показали, что хотя тепловое сопротивление со стороны хладагента сопоставимо с сопротивлением со стороны воздуха, рабочие характеристики змеевика могут быть улучшены путем изменения массовой скорости хладагента. Приведены рекомендации по компоновке схем распределения хладагента.

*S.Y.Liang, T.N.Wong, G.K.Nathan*  
//Int. J. Refrig., GB, 2001.12,  
vol. 24, № 8, 823—833  
БМИХ, 2002, № 3, с. 65

# СЛУЧАИ ПОЯВЛЕНИЯ ТОКСИКОГЕННЫХ ПЛЕСНЕВЫХ ГРИБОВ В ВОЗДУХЕ МАЛЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ КАМЕР

Микологические исследования, проводившиеся в 1996–2000 гг., были направлены на определение и идентификацию плесневых грибов в воздухе 25 малых холодильных камер. Ежемесячно на протяжении каждого года исследовали и сравнивали содержание микотоксинов. Точки измерения располагали таким образом, чтобы можно было осуществить самую точную идентификацию источников, степень загрязнений и распространение микотоксинов.

*R. Rywotycki // Chłodnictwo, PL, 2001, vol. 36, № 5, 40–44  
БМИХ, 2003, № 3, с. 79*

## ПАССИВНАЯ АККУМУЛЯЦИЯ ХОЛОДА НА ХОЛОДИЛЬНИКАХ

Рассматривается задача использования продуктов, хранящихся на холодильниках, в качестве термически инерционной массы для сдвига холодильных нагрузок на более благоприятные рабочие периоды (периоды низких тарифов на энергию, более низкие температуры воздуха и т. д.)

Составлены расчетные модели

# Юрию Николаевичу Дубровину 50 лет

Исполнилось 50 лет Юрию Николаевичу Дубровину – председателю Совета директоров ОАО «ВНИХОЛОДМАШ-ХОЛДИНГ».

По окончании в 1977 г. МВТУ им. Н.Э. Баумана по специальности «Холодильные машины и установки» молодой специалист Ю.Н. Дубровин был направлен на работу во ВНИИхолодмаш.

Работая в этом институте на различных инженерных должностях, Юрий Николаевич внес большой вклад в исследования и конструктивную доводку нескольких поколений высокоэффективных систем холодоснабжения, кондиционирования и термостатирования ракетно-космических комплексов, в создание нескольких типов систем холодоснабжения для атомных подводных лодок. Он зарекомендовал себя знающим специалистом, прекрасным организатором, творчески подходящим к решению технических проблем.

В январе 1983 г. Ю.Н. Дубровин был назначен на должность заместителя генерального директора ВНИИхолодмаша и экспериментального завода «Красный Факел», а в июне 1988 г. в связи с организацией Научно-производственного



объединения холодильного машиностроения (НПО «ВНИИхолодмаш») – заместителем генерального директора этого объединения.

В мае 1994 г. ВНИИХолодмаш становится акционерным обществом и Ю.Н. Дубровин избирается председателем Совета директоров ОАО «ВНИИХОЛОДМАШ-ХОЛДИНГ».

Высокий авторитет, сила убеждения и требовательность позволили Юрию Николаевичу организовать в короткий срок переезд компании в комплекс зданий на Алтуфьевском шоссе и наладить стабильную работу коллектива в новых условиях.

В настоящее время Совет директоров, возглавляемый Ю.Н. Дубровиным, используя полувековой

опыт работы ВНИИХолодмаша в различных отраслях холодильной техники, расширяет сферы его деятельности, занимается формированием технической политики в области холодильного машиностроения, компьютеризацией проектирования, усовершенствованием научно-исследовательской и производственной базы. Большое внимание он уделяет сохранению научно-технического потенциала организации, решению социальных нужд персонала компании.

Ю.Н. Дубровин неоднократно представлял холодильное оборудование, выпускаемое заводами отрасли, на международных выставках. Его заслуги оценены научной общественностью: он избран действительным членом Международной академии холода.

Нельзя не отметить и личные качества юбиляра. Это великолепный собеседник, любитель живописи и животных, спортсмен, доброжелательный человек.

Сотрудники ОАО «ВНИИХОЛОДАМАШ-ХОЛДИНГ», друзья и редколлегия журнала «Холодильная техника» поздравляют Юрия Николаевича с юбилеем, желают крепкого здоровья, счастья и всяческих успехов.

для хранящихся продуктов, воздуха в камерах, конструкции холодильника с целью прогнозирования его температурно-влажностных характеристик. Полученные на модели результаты подтверждаются опытными данными.

Обсуждается влияние циклических изменений температуры во время эксплуатации на качество продуктов. Результаты исследований показали, что пассивная аккумуляция холода может привести к ежегодной экономии до 53 % общих расходов на охлаждение.

Прогнозируемое максимальное колебание температуры на холодильнике составляет 5,6 °C и не будет оказывать значитель-

ного влияния на изменение качества продуктов при температурах ниже  $-18^{\circ}\text{C}$ .

*E. Altwies, D. T. Reindl // Int. J. Refrig., GB, 2002.01, vol. 25, № 1, 149–157*

БМИХ, 2003, № 3, с. 79

# СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ В СУПЕРМАРКЕТЕ

Описана система регулирования Newel, разработанная фирмой Digitel. Эта система обеспечивает регулирование не только температуры, но также давления и влажности в камерах холодильников, автоматическую пе-

редачу текущих данных в центр обслуживания и для обнаружения неполадок. Контролируется также процесс оттайки. Система позволяет добиться экономии средств за счет снижения затрат труда и эксплуатационных расходов.

*B. Gazicki, M. Kijko // Chłodnictwo, PL, 2000, vol. 35, № 12, 28–32*  
*БМИХ, 2002, № 3, с. 79*

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АВТОМОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА, РАБОТАЮЩИХ НА СО<sub>2</sub> ИЛИ R134А

Дается оценка достоинств автомобильных систем кондиционирования, работающих на  $\text{CO}_2$  и

**R134a.** Система на R134a имеет обычную комплектацию: компрессор, конденсатор, расширительное устройство и испаритель. Система на CO<sub>2</sub> дополнительно оснащена теплообменником на всасывающей линии. Для этих двух систем были предприняты попытки провести объективное сравнение рабочих характеристик. Установлено, что система на R134a имела лучший холодильный коэффициент. Разница зависела от частоты вращения (объемной производительности) компрессора и температуры окружающей среды.

*J.S.Brown, S.F.Yana-Motta,  
P.A.Domanski //Int. J. Refrig., GB,  
2002.01, vol. 25, № 1, 19–32  
БМИХ, 2002, № 3, с. 82*

## КОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ, КОНДИЦИО- НИРОВАНИЯ И ВЕНТИЛЯ- ЦИИ В ЗДАНИИ НОВОГО ТЕРМИНАЛА МЕЖДУНАРОД- НОГО АЭРОПОРТА В КИТАЕ

В статье представлена конструкция системы отопления, кондиционирования, вентиляции воздуха нового терминала крупнейшего аэропорта в Китае. В зависимости от архитектурных особенностей используется подача воздуха либо через сопла, либо через диффузоры и спиральные воздуховоды с двойными стенками.

Описаны система подачи свежего воздуха и водяной контур СКВ.

J.Zhou, Q.Pan //HV&AC, CH,  
2001.08, vol. 31, № 141, 68–71  
БМИХ, 2002, № 3, с. 87–88

## КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА НА ПОДВОДНОЙ ЛОДКЕ

Описана система кондиционирования воздуха дизель-электрической субмарины. СКВ включает системы циркуляции и вентиляции воздуха, а также его охлаждения и очистки. Система кондиционирования имеет очень большое значение не только для команды, но и для непрерывной работы оборудования на борту.

*T. Takeda* // *Refrigeration*, JP, 2001,  
vol. 76, № 885, 600–604  
БМИХ, 2002, № 3, с. 91

# **НОВЕЙШИЕ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

Фирма Inter City Express разрабатывает системы кондиционирования для железнодорожного транспорта с воздушными холодильными машинами. Основной причиной перехода на воздушный холодильный цикл является то, что повышение расхода энергии, вызываемое низкой его эффективностью, влияет на глобальное потепление в

меньшей степени, чем выброс HFC и HCFC, поскольку летний период в Европе короток, а утечки хладагента из «холодильников на колесах» гораздо выше, чем утечки из стационарных установок.

S.Kato //Refrigeration, JP, 2001,  
vol. 76, № 886, 677–682  
БМИХ, 2002, № 3, с. 91

## АНАЛИЗ РАБОТЫ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК

Швейцарское федеральное агентство по вопросам использования энергии более 5 лет ведет систематические наблюдения за работой небольших теплонасосных установок в Швейцарии. Имеющиеся данные включают наблюдения по 120 установкам. Статистический анализ показал, что за период 1994/95—1998 гг. средняя энергетическая эффективность тепловых насосов в Швейцарии, характеризуемая сезонным коэффициентом преобразования, повысилась с 2,6 до 3,2. Пятилетние наблюдения за отдельными тепловыми насосами показали, что их энергетические характеристики не ухудшились, т. е. их износ не имел существенного значения.

*M.Erb, P.Hubacher //IEA HPC  
Newsl., NL, 2001, vol. 19,  
№ 1, 15—17  
БМИХ, 2002, № 3, с. 92*

Информационно-издательский центр  
**«Холодильная техника»**  
принимает заказы  
на изготовление  
рекламных листовок,  
проспектов и буклетов.  
Цены договорные.

**(095) 207-23-96, 207-53-14,  
тел./факсу (095) 975-36-38.**

# КАМЕРЬ ШОКОВОЙ ЗАМОРОЗКИ



мороженого  
пельменей  
полуфабрикатов

**РЕМХОЛОД**

т. (3822) 658385, ф. 658404  
<http://www.remholod.tomsk.ru>  
 e-mail: [rus@rus.tsk.ru](mailto:rus@rus.tsk.ru)

# Оптимальные режимы низкотемпературной обработки мяса и мясопродуктов на холодильниках Германии

*Редакция продолжает публикацию рекомендаций немецких специалистов по оптимальным режимам хранения различных продуктов питания. В апрельском номере нашего журнала речь шла о низкотемпературном хранении различных фруктов, овощей и зелени. В данном номере приводятся рекомендации по хранению охлажденных и замороженных мяса и мясopодуkтoв.*

При хранении мяса в холодильных камерах на него оказывают влияние различные факторы, от правильного выбора которых в течение всего срока хранения будут зависеть в дальнейшем качество, внешний вид и сохранность первоначальной массы продукта. Поэтому в условиях жесткой конкуренции на внутренних и мировом рынках производители мясопродуктов строго выдерживают рекомендации, разработанные специалистами по низкотемпературному хранению продуктов питания.

## Одного холода недостаточно

Мясо относится к скоропортящимся продуктам. Его влажная поверхность является благодатной почвой для размножения различных микроорганизмов, которые образуются после убоя скота и осуществляют процесс разложения. И хотя низкие температуры тормозят такой процесс, можно твердо сказать,

что это только одна из многих предпосылок оптимального хранения мяса и мясопродуктов. При хранении в холодильной камере высокое товарное качество данных продуктов можно обеспечить только при одновременном поддержании заданных температуры, скорости воздуха, относительной влажности, освещенности и выполнении определенных гигиенических требований.

## Температура

Низкие температуры замедляют процесс размножения микроорганизмов. Уже при температуре  $0...2^{\circ}\text{C}$  мясо может храниться от 1 до 2 недель. Поэтому охлаждаемые мясо и мясопродукты в зависимости от необходимого срока их хранения и назначения содержат в камере при температуре  $+10...-1^{\circ}\text{C}$ . При хранении замороженного мяса рекомендуются температуры  $-18...-30^{\circ}\text{C}$ . Размножение бактерий прекращается при температурах ниже

–10 °С, плесневых грибов –  
ниже –18 °С.

### Относительная влажность

На практике часто пренебрегают требованием поддержания в холодильной камере заданной относительной влажности. Следует особо подчеркнуть, что от этого теряется товарный вид мяса. При слишком высокой (около 100 %) относительной влажности воздуха в холодильной камере на поверхности мяса начинает образовываться конденсат, что приводит в быстрому размножению плесневых грибов.

Если же относительная влажность недостаточна, то мясо начинает высыхать и терять свою первоначальную массу.

### Скорость движения воздуха

Рекомендуемые скорости движения воздуха в холодильной камере приведены в табл. 1, при этом вентиляторы воздухоохладителей должны гарантированно обеспечивать 10–50-кратный воздухообмен в течение каждого часа.

## Яркость освещения

Под воздействием слишком яркого света в холодильных камерах мясо и мясoproдукты приобретают неприятную на вид окраску и теряют то-

Режимы низкотемпературной обработки мяса и мясopодуктов

Таблица 1

| Процесс                                                      | Температура в камере, °C | Относительная влажность, % | Скорость воздуха, м/с | Время хранения или замораживания, ч               | Температура в туше после убоя, °C | Яркость освещения, лк |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Быстрое охлаждение                                           | -1...+1                  | 85-90                      | 1...4                 | Свинина: 12...16<br>Говядина: 18...24             | ≤4                                | —                     |
| Шоковое охлаждение                                           | -5...-8                  | Около 90                   | 1...4                 | Тушки: 2<br>свинина: 10...14<br>говядина: 15...20 | ≤4                                | —                     |
| Хранение охлажденного неупакованного мяса говядины и свинины | -1...+2                  | 85...90                    | 0,1...0,3             | Сроки хранения указаны в табл. 2                  | —                                 | До 60                 |
| Хранение говядины в вакуумной упаковке                       | -1...+2                  | —                          | 0,1...0,3             | То же                                             | —                                 | То же                 |
| Воздушное замораживание                                      | -30...-45                | —                          | 2...4                 | 14...22, но сильно зависит от загрузки камеры     | —                                 | —                     |
| Контактное замораживание мяса без костей                     | -30...-40                | —                          | —                     | То же                                             | —                                 | —                     |
| Хранение замороженного мяса                                  | -8...-30                 | 95...98                    | —                     | Сроки хранения указаны в табл. 2                  | —                                 | До 60                 |

Рекомендуемые условия хранения охлажденного мяса и мясopодуктов

Таблица 2

| Продукт                       | Температура хранения, °C | Относительная влажность, % | Максимальный срок хранения |
|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Говядина без упаковки         | -1...0                   | 85-90                      | 2...4 нед                  |
| Говядина в вакуумной упаковке | -1...+2                  | 85-90                      | 3...10 нед                 |
| Свинина                       | -1,5...0                 | 85-90                      | 1...3 нед                  |
| Ветчина                       | 0...1                    | 85-90                      | 10 дней                    |
| Шпик копченый                 | -1...0                   | 75-80                      | 2...3 мес                  |
| Колбаса вареная               | 1...2                    | 80-85                      | 10 дней                    |
| Колбаса копченая              | 0,5...1                  | 80-85                      | 3...4 нед                  |
| Колбаса сырокопченая (салями) | -2...0                   | 75-80                      | 6 мес                      |
| Дичь                          | -2...0                   | 85                         | 3...5 нед                  |
| Птица                         | -1...0                   | 80-85                      | 3...5 дней                 |
| Жир                           | -1...0                   | 80-85                      | 3...4 дня                  |

Рекомендуемые условия хранения замороженного мяса и мясopодуктов

Таблица 3

| Продукт                          | Температура хранения, °C | Относительная влажность, % | Максимальный срок хранения, мес |
|----------------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Говядина первого сорта           | -18                      | 95-98                      | 9...12                          |
| Говядина второго сорта           | -18                      | 95-98                      | 7...8                           |
| Свинина первого и второго сортов | -18                      | 95-98                      | 6...9                           |
| Языки, печень, почки             | -18                      | 95-98                      | 6                               |
| Свиной бекон                     | -18                      | 85-90                      | 4...6                           |
| Копченый шпик                    | -18                      | 90-95                      | 8                               |
| Колбаса полукопченая             | -18                      | 85-90                      | 8                               |
| Колбаса сырокопченая             | -18                      | 85-90                      | 12                              |
| Дичь (кроме мяса кабана)         | -18                      | 90                         | 9                               |
| Мясо кабана                      | -18                      | 90                         | 6                               |
| Импортная птица                  | -18                      | 90-95                      | 9...10                          |
| Цыплята                          | -22                      | 95-98                      | 12...15                         |

варный вид. Поэтому в холодильных и морозильных камерах яркость освещения не должна превышать 60 лк. В технологических помещениях верхняя граница освещенности может достигать 120 лк.

#### Выполнение

#### гигиенических требований

Наряду с выполнением нормативных требований технологических процессов в убойных цехах и последующем производстве мясopодуктов должны строго соблюдаться правила гигиены при хранении этих продуктов в холодильных и морозильных камерах. Невидимое глазом скопление различных микробов на конструктивных элементах холодильной камеры и установленного в ней технологического оборудования (транспортеров, тележек, стеллажей и т.п.) должно устраняться регулярной чисткой и обеззараживанием поверхностей и элементов, непосредственно контактирующих с мясными продуктами. Однако, для того чтобы чистка была более эффективной, материалы, из которых изготовлены внутренние элементы камер, должны легко очищаться, а их конструктивное исполнение должно быть удобным для чистки.

#### Некоторые общие рекомендации по хранению мяса и мясных продуктов

##### Свежее неупакованное мясо

При использовании современных методов охлаждения для быстрой осушки поверх-

ности мяса воздух в камере должен иметь низкую влажность, а чтобы избежать нежелательной усушки мяса в процессе хранения, в холодильной камере должны поддерживаться высокая влажность и низкая скорость воздуха.

#### *Свежее мясо в вакуумной упаковке*

При хранении мяса и мясных продуктов в вакуумной упаковке скорость воздуха и его влажность в холодильной камере не играют никакой роли. Следует помнить, что при такой упаковке повышение температуры воздуха более  $2^{\circ}\text{C}$  резко ухудшает качество продукции.

#### *Замороженное мясо*

При хранении замороженного мяса наряду с поддержанием в холодильной камере указанных в табл. 1 условий необходимо следить за тем, чтобы в камере не было посторонних запахов. При длительном хранении замороженного мяса его рекомендуется по возможности упаковывать или в начале хранения слегка сбрызнуть водой, что позволяет создать на поверхности мяса тонкий слой льда, который препятствует его высушиванию. Тощее мясо может храниться дольше, чем жирное. Надо учесть, что хранение замороженных мяса и мясопродуктов в камере с температурой ниже  $-30^{\circ}\text{C}$  экономически нецелесообразно, поскольку это никак не улучшает качество продуктов.

Основные режимы холодильной обработки мяса и мясопродуктов приведены в

табл. 1, а условия их хранения – в табл. 2 и 3.

#### *Жареные мясопродукты*

Продукты сразу после жарки необходимо быстро охладить до  $-1...+2^{\circ}\text{C}$  (максимально допустимая температура  $5^{\circ}\text{C}$ ). Чтобы обеспечить сочность этой продукции на момент продажи, ее необходимо за два дня до продажи хранить в холодильнике.

#### *Копченые мясопродукты*

Мясопродукты сразу после копчения перед упаковкой следует охладить до температуры  $6...10^{\circ}\text{C}$ . Для длительного хранения этой продукции рекомендуется диапазон температур  $8...12^{\circ}\text{C}$  (относительная влажность воздуха 65–75 %).

#### *Вареные колбасы*

Вареную колбасу охлаждают сразу после завершения процесса ее изготовления. При хранении в холодильной камере колбас в натуральной оболочке слишком низкая относительная влажность воздуха ведет к чрезмерному их усыханию. Относительная влажность должна быть около 90 %, а температура –  $1...+2^{\circ}\text{C}$ . Яркость света не должна превышать 60 лк.

#### *Ливерная колбаса*

Для сохранения качества ливерных колбас необходимо очень строго выдерживать заданный температурный режим в холодильной камере, а именно –  $1...+2^{\circ}\text{C}$  (максимально допустимая температура не выше  $5^{\circ}\text{C}$ ). При упаковке этих колбас в искусственные водонепроницаемые оболочки поддержания определенной относительной

влажности в камере не требуется, тогда как при хранении ливерной колбасы в натуральной оболочке нужно обеспечить относительную влажность воздуха выше 90 %. Эти колбасы очень чувствительны к яркости освещения, поэтому при хранении их необходимо защищать от света.

#### *Кровяная колбаса*

Режим хранения этого вида колбасы, так же как вареной и ливерной, зависит от типа наружной оболочки – синтетической или натуральной. Чтобы уменьшить усыхание кровяной колбасы в натуральной оболочке, уровень относительной влажности должен быть выше 90 %. Для хранения уже охлажденной в водяной ванне колбасы в холодильной камере требуется поддерживать температуру не выше  $5^{\circ}\text{C}$ .

#### *Сырокопченые колбасы*

Свои специфические свойства копченые колбасы приобретают в камерах созревания. При хранении не должны ухудшаться потребительские свойства колбас, но должен продолжаться процесс высушивания. Для этого требуется поддерживать в камере температуру  $10...15^{\circ}\text{C}$ , при которой сохраняется качество жира, входящего в состав этих колбас. Чтобы процесс высушивания колбас шел непрерывно, необходимо обеспечить в камере уровень влажности 65...80 % при невысокой скорости циркулирующего воздуха.

Канд. техн. наук **К.А. КОПТЕЛОВ**