ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ

Издается с января 1912 г. Москва

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

Учредитель —
Издательство «Холодильная техника»

Холодильная Техника

4•2004

Kholodilnaya Tekhnika

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ
Минпромнауки России
Международной академии холода

Главный редактор
Л.Д.Акимова

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

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

Ответственность за достоверность рекламы несут рекламодатели.
Рукописи не возвращаются.

Адрес редакции:
107045, Москва,
Уланский пер., д. 21, стр. 2, оф. 1
Тел.: (095) 207-2396, 207-2426,
207-1145
Тел./факс: (095) 207-2066

E-mail: holodteh@ropnet.ru
ht.info@ropnet.ru
http://www.holodteh.ru

Подписано в печать 19.04.2004.
Формат 60x88 1/8. Офсетная печать.
Усл. печ. л. 6,5.

Отпечатано в ООО «АфиксСистема»

© Холодильная техника, 2004

В НОМЕРЕ: **IN ISSUE:**

КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА — **AIR CONDITIONING**

Кокорин О.Я., Смирнова И.Н. **Местно-центральные системы кондиционирования в торговом комплексе в Москве** — 2 — *Kokorin O.Ya., Smirnova I.N.* **Local-central air-conditioning systems in a trade complex in Moscow**

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

Московскому заводу холодильного машиностроения "Компрессор" 135 лет — 8 — **Moscow refrigeration machine-building plant "Compressor" is 135 years old!**

НАУКА И ТЕХНИКА — **SCIENCE AND TECHNIQUE**

Цветков О.Б., Лаптев Ю.А. **О теплопроводности и вязкости газообразных альтернативных хладагентов при атмосферном давлении** — 10 — *Tsvetkov O.B., Laptev Yu.A.* **About heat conductivity and viscosity of alternative refrigerant gases at the atmospheric pressure**

ГЕА ГРАССО **Двухступенчатые винтовые компрессорные агрегаты "Грассо"** — 14 — *GEA GRASSO* **Two-stage screw compressor units "Grasso"**

БИТЦЕР **Новые поршневые компрессоры "Octagon". Часть 2. Выигрышные особенности** — 16 — *BITZER* **New reciprocating compressor "Octagon". Part 2. Advantageous peculiar features**

ХИМХОЛОДСЕРВИС **Надежные чиллеры производства НПФ "Химхолодсервис"** — 20 — *HIMHOLODSERVICE* **Reliable chillers of NPF Himholodservice**

ООО "Эйркул" представляет новые серии теплообменного оборудования "Альфа Лаваль" — 24 — **OOO "Aircool" presents new series of heat exchange equipment "Alfa Laval"**

ДАНФОСС *Фетисов Ю.Ю.* **Контроллеры производительности "Данфосс" – отличный выбор** — 26 — *DANFOSS* *Fetisov Yu.Yu.* **Danfoss production capacity controllers – an excellent choice**

ЭлИн **Технология ТЕРМОХРОН – новое слово в контроле режимов работы холодильной техники** — 28 — *ElIn* **Technology "Termochron" – a new word in the control of operation conditions of refrigeration equipment**

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ — **STANDARDIZATION AND CERTIFICATION**

Продукция, прошедшая сертификацию в НП «СЦ НАСТХОЛ» в марте 2004 г. и получившая разрешение Госгортехнадзора России на право применения во взрывопожароопасных производствах — 36 — **Products having passed certification at NP "STs Nasthol" in March of the year 2004 and obtained the permit of Gosgortekhnadzor of Russia to be used in explosion-fire-hazard production processes**

ДЛЯ ПРАКТИКОВ — **ASSISTANCE TO PRACTICAL WORKER**

ФАРМИНА *Шишов В.В.* **Циркуляция компрессорного масла в холодильной установке** — 38 — *FARMINA* *Shishov V.V.* **Compressor oil circulation in refrigeration installation**

Олейников Б.И., Олейник В.В., Игнатенко Е.Н. **Тренажер "Автоматизированная фреоновая холодильная установка"** — 40 — *Oleinikov B.I., Oleinik V.V., Ignatenko E.N.* **Simulator "Automated freon refrigerating installation"**

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ — **INTERNATIONAL EXHIBITION**

Heat & Vent 2004 — 46 — **Heat & Vent2004**

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

Из Бюллетеня МИХ — 48 — **From Bulletin of IIR**

ХОЛОДИЛЬНОЕ ДЕЛО 1912 2004

НАУКОВА БІБЛІОТЕКА

УДК 621.4.

Местно-центральные системы кондиционирования в торговом комплексе в Москве

Д-р техн. наук, проф. **О.Я. КОКОРИН**
МГСУ,
И.Н. СМИРНОВА
фирма "Резерв"

An example of calculation of operational regimes of local-central air conditioning systems in a sales area in summer and winter seasons is presented.

A scheme and a principle of operation of such systems are given.

Фирмой «Резерв» разработан проект здания торгового комплекса. Оригинальное архитектурно-строительное решение здания торгового центра потребовало нетрадиционных решений инженерных систем, в состав которых входят системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ВОК).

Особенностью современных торговых центров является наличие различных по назначению зон, позволяющих посетителям как сделать покупки (торговые залы), так и отдохнуть (бары, рестораны, кафе).

Для помещений торговых залов характерно отсутствие постоянных внутренних перегородок и постоянных мест размещения демонстрационных витрин. Торговые помещения сдаются в аренду различным фирмам, которые сами определяют вид продаваемого товара, расположение демонстрационных витрин и торговых точек. Второй особенностью функционирования торговых помещений является переменность тепло- и влаговыделений в торговых точках из-за изменения числа покупателей, а также в зависимости от времени суток.

Энергосбережение при функционировании систем кондиционирования воздуха (СКВ) торговых помещений достигается применением местно-центральных СКВ с агрегатами, имеющими регулируемую холодопроизводительность. Каждое торговое помещение обслуживается своей приточной установкой, в которой приготовляется наружный воздух в количестве 30 м^3/ч на человека или 6 м^3/ч на 1 м^2 площади.

Количество приточного наружного воздуха $L_{пн}$ (м^3/ч) принято из условия поглощения расчетных влаговыделений от людей в теплый период года. В воздухоохладителе приточного агрегата осуществляется наиболее энергетически рациональный режим охлаждения приточного наружного воздуха, представленный на I–d-диаграмме на рис. 1. Заштрихована область возможных колебаний параметров внутреннего воздуха в обслуживаемой зоне торговых залов, отвечающая оптимальным нормам теплового комфорта для людей в теплый период года [3].

Приточный наружный воздух с параметрами Б (точка H) [3] охлаждается при постоянном влагосодержании до t_{ox} = 16 °С. В приточном вентиляторе и воздуховодах он нагревается на 1 °С и с температурой $t_{пп}$ = 17 °С через диффузоры под потолком (ниже светильников) равномерно подается струями в обслужи-

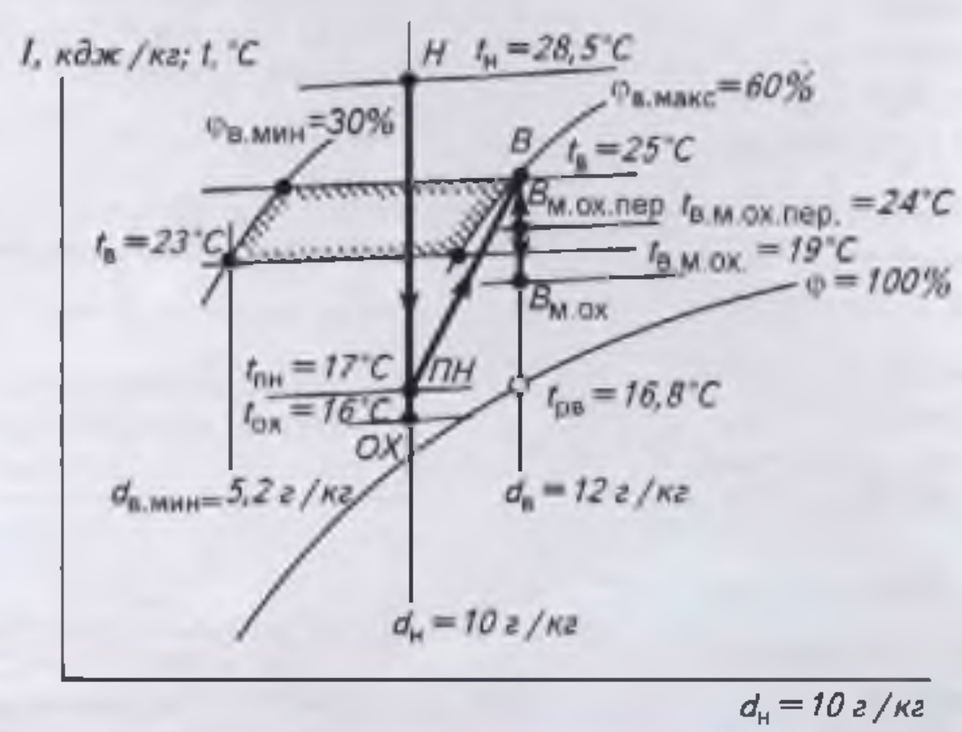


Рис. 1. Построение на I–d-диаграмме расчетного режима работы местно-центральной СКВ в торговых помещениях в теплый период года:
Н–ОХ – охлаждение саннормы приточного наружного воздуха в центральном приточном агрегате; ОХ–ПН – нагрев в приточном вентиляторе и воздуховодах; ПН–В – поглощение влаговыделений и части явных теплоизбытков в обслуживаемом помещении; В–$В_{м.ох}$ – охлаждение внутреннего рециркуляционного воздуха при постоянном влагосодержании в воздухоохладителе местного вентиляторного агрегата; $В_{м.ох}$–В – восприятие тепловыделений в помещении охлажденным в местном вентиляторном агрегате воздухом; В– $В_{ц.ох.пер}$ – охлаждение рециркуляционного воздуха в местном агрегате при снижении тепловыделений в обслуживаемой зоне торгового помещения

ваемую зону торгового помещения. Вытяжка отработанного воздуха из каждого торгового помещения осуществляется из верхней зоны через заборные устройства, смонтированные выше светильников. Это позволяет до 40 % теплоты от светильников отводить с вытяжным воздухом.

Приточный наружный воздух в расчетных условиях теплого периода года поглощает от 20 до 30 % общих теплоизбытков и 100 % расчетных влаговыделений. Основные же явные тепловыделения на 70–80 % воспринимаются охлажденным в местных рециркуляционных агрегатах внутренним воздухом. В зависимости от распределения теплоизбытков по площади торгового помещения может изменяться место расположения вентиляторного агрегата, воздухоохладитель которого присоединяется к патрубкам, предусмотренным на подающем и обратном трубопроводах циркуляции охлажденной воды.

Трубопроводы подачи охлажденной воды к воздухоохладителям местных агрегатов и возврата отепленной воды подведены к каждому торговому помещению.

Торговое помещение делится на зоны с примерно одинаковыми изменениями тепловыделений. В каждой зоне устанавливают датчики контроля температуры. При сосредоточении покупателей в одной из зон торгового помещения местные агрегаты в этой зоне работают с максимальной холодопроизводительностью, осуществляя охлаждение внутреннего рециркуляционного воздуха при постоянном влагосодержании на $\Delta t_{ox} = 6$ °С (режим охлаждения $B–B_{м.ох}$ на рис. 1). В зонах торгового помещения, где покупателей мало, тепловыделения будут ниже расчетных. Это обусловит снижение $t_в$ ниже комфортного значения ($t_в = 23$ °С). Датчик контроля температуры воздуха в обслуживаемой зоне подает команду на автоматический клапан сокращения подачи охлажденной воды от центральной холодильной станции в воздухоохладители местных вентиляторных агрегатов, обслуживающих эту зону торгового помещения (процесс $B–B_{м.ох.пер}$).

Сокращение потребления холодной воды в воздухоохладителях центральных приточных местных рециркуляционных агрегатов будет воспринято автоматическими регуляторами работы холодильных машин на центральной холодильной станции (подробное описание энергосберегающей системы холодоснабжения СКВ торгового центра см. в журнале «Холодильная техника» № 3/2004).

В здании торгового центра применено остекление наружных строительных конструкций. Наличие наклонного вертикального декоративного остекления позволило создать затемнение и понизить расчетные теплопритоки от солнечной радиации.

В целях снижения теплопритоков от нагретого остекления в теплый период года применены подвесные вентиляторные агрегаты. В теплый период года в воздухоохладители этих агрегатов подается холодная вода. Охлажденный рециркуляционный воздух через направляющие сопла поступает на нагретое остекление. В холодный период года эти вентиляторные агрегаты используются для обдува остекления нагретым рециркуляционным воздухом.

По периметру наружных ограждающих конструкций торговых помещений установлены плинтусные конвекторы с горизонтальной двухтрубной схемой теплоснабжения горячей водой от местного индивидуального теплового пункта (ИТП), расположенного в подвале здания. Системы отопления в расчетных условиях холодного периода года работают на горячей воде 95/70 °С. Изменение температуры горячей воды в ИТП осуществляется автоматически в зависимости от температуры наружного воздуха.

Регулирование теплоотдачи отопительных приборов производится с помощью терморегуляторов прямого действия, устанавливаемых на подводках к ним.

В торговых помещениях при включенном освещении, наличии покупателей и работе служебного оборудования теплоизбытки сохраняются и в холодный период года. Так, например, в рабочие часы суток в торговых помещениях цокольного этажа супермаркета на уровне 4,2 м удельные теплоизбытки составляют 39 Вт/м², а в торговом помещении на первом этаже они меньше – 27 Вт/м².

Поглощение теплоизбытков в холодный период года энергетически рационально осуществлять путем подачи саннормы приточного наружного воздуха с температурой $t_{н.х} < t_{в.х}$. По нормам [1] в холодный период года температура воздуха в торговых помещениях поддерживается на уровне $t_{в.х} = 16$ °С. Для сохранения тепловой комфортности при воздухораспределении через диффузоры, расположенные у потолка, в холодный период года температурный перепад $t_{вх} – t_{п.х}$ может достигать 4 °С.

ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Тогда в цокольный этаж торгового помещения с приточным наружным воздухом поступит естественный холод в количестве (Вт)

$$Q_{х.пн} = L_{пн}\rho_{пн}c_р(t_{вх} - t_{пн.х})/3{,}6, \quad (1)$$

где $\rho_{пн}$ – плотность приточного наружного воздуха, кг/м^3;

$c_р$ – удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·К),

или в численном выражении

$Q_{х.пн} = 10700 \cdot 1{,}22 \cdot 1(16-12)/3{,}6 = 14504$ Вт.

Удельная ассимиляционная способность приточного наружного воздуха

$$q_{х.ас.пн} = Q_{х.пн}/F_{пом} = 14504/1730 = 8{,}4 \text{ Вт/м}^2,$$

где $F_{пом}$ – площадь торговых площадей цокольного этажа супермаркета, м^2.

Остальные теплоизбытки удаляются охлаждением рециркуляционного воздуха в местных вентиляторных агрегатах:

$$Q_{х.м.п} = Q_{т.изб} - Q_{х.пн} = 67500 - 14504 = 52996 \text{ Вт}.$$

Для экономии электроэнергии на выработку холода в проекте применен принцип «свободного охлаждения», когда охлаждение воды, поступающей в теплообменники местных вентиляторных агрегатов, осуществляется холодом наружного воздуха (см. журнал «Холодильная техника», № 3/2004).

Постросние на *I*–*d*-диаграмме расчетного режима работы местно-центральной СКВ торговых помещений в холодный период года представлено на рис. 2.

В ночные часы дежурное отопление согласно требованиям норм [1] рассчитано на температуру воздуха 10 °С. С включением освещения в начале рабочего дня происходит быстрый подъем температуры воздуха в обслуживаемой зоне помещения до нормирусмого значения $t_{в.х} = 16$ °С.

Наружный приточный воздух (в количестве, определяемом санитарными нормами) нагревается в приточных агрегатах с помощью калориферов до температуры притока $t_{пн.х} = 12$ °С (процесс $Н_х - ПН_х$).

В приточном агрегате энергетически рациональную температуру приточного воздуха следует принимать $t_{пн.х} < t_{в.х} = 16$ °С. Это позволит сократить расход тепла на нагрев приточного наружного воздуха и использовать естественный холод для ассимиляции тепловыделений в торговом залс. Выбирая температуру притока $t_{пн.х}$, необходимо проверить обеспечение комфортного воздухораспределения и отсутствие холодного дутья в зоне нахождения людей в торговом помещении. В нашем случае $t_{пн.х} = 12$ °С.

Аналогичные требования по комфортности воздухораспределения относятся и к выбору температуры притока охлажденного рециркуляционного воздуха $t_{в.х.п.ох}$ от местных вентиляторных воздухоохладительных агрегатов.

Регулирование производительности местных агрегатов осуществляется по $t_{в.х}$. При снижении $t_{в.х} < 16$ °С происходит автоматическое сокращение поступления холодной воды в теплообменники местных вентиляторных агрегатов.

На рис. 2 пунктиром показана условная климатическая кривая $Н–Н_{ноч}–Н_х$ годового изменения параметров наружного воздуха в климате Москвы. Климатическую кривую пересекают изотермы $t_{в.х} = 16$ °С, $t_{в.пер} = 20$ °С и $t_в = 25$ °С, соответствующие границам комфортных температур воздуха в зонс нахождения людей в торговых помещениях в холодный, переходный и теплый периоды года.

Норма $t_{в.х} = 16$ °С для холодного периода года [1] предполагает, что покупатели в торговых помещениях находятся в теплой одежде (в климате России до температур наружного воздуха порядка 6...10 °С). В диапазоне изменения температур наруж-

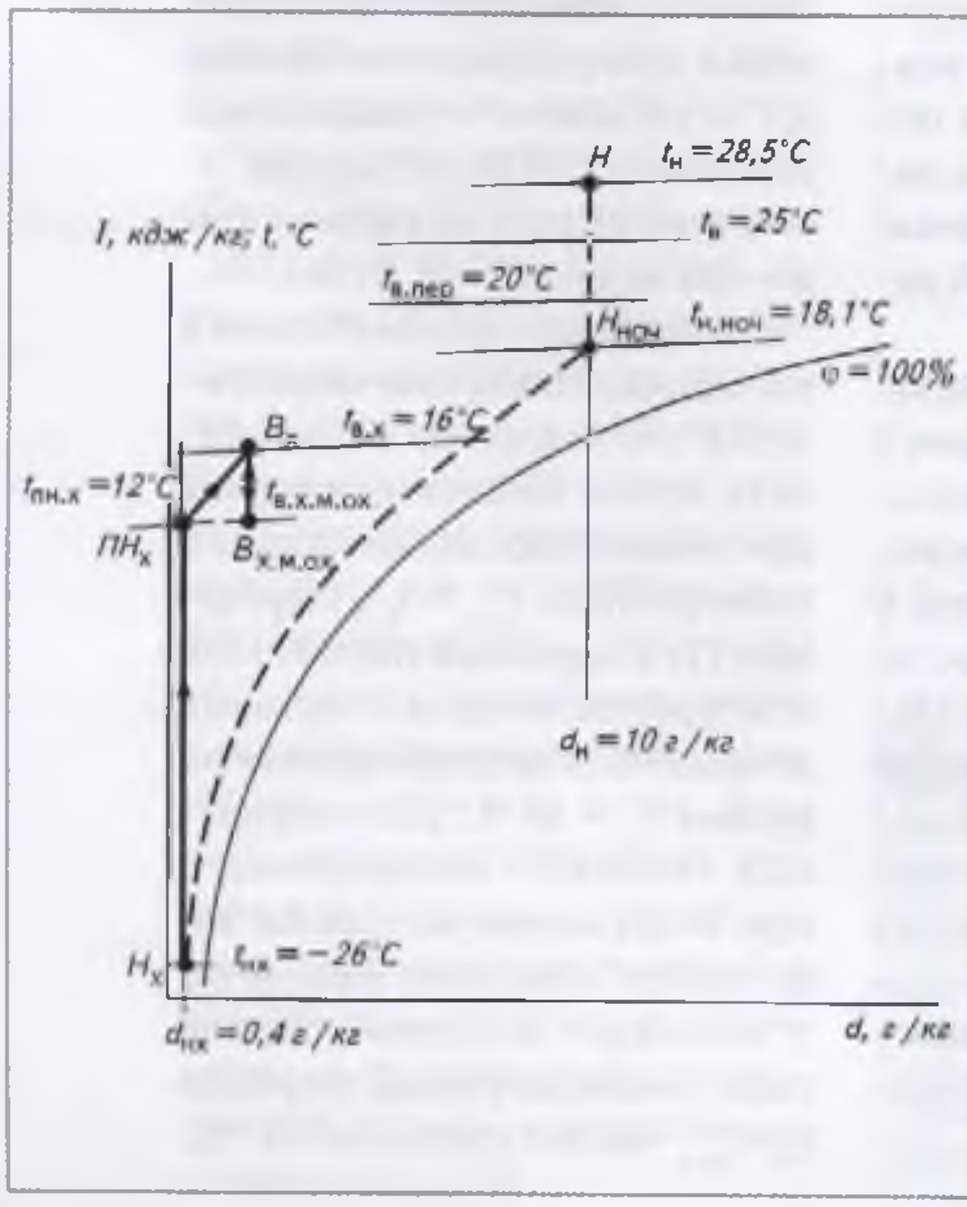


Рис. 2. Построение на I–d-диаграмме расчетного режима работы местно-центральной СКВ в торговом помещении в холодный период года (сплошные линии) и годовая климатическая кривая изменения параметров наружного воздуха в Москве (пунктир):
$Н_х–ПН_х$ – нагрев приточного наружного воздуха в калорифере приточного агрегата;
$ПН_х–В_х$ – поглощение тепловыделений и влаговыделений в торговом помещении приточным наружным воздухом;
$В_х–В_{х.м.ох}$ – охлаждение рециркуляционного воздуха в теплообменнике местного вентиляторного агрегата;
$В_{х.м.ох}–В_х$ – поглощение тепловыделений в торговом помещении охлажденным рециркуляционным воздухом;
$Н–Н_{ноч}–Н_х$ – климатическая кривая изменения температур наружного воздуха в Москве (пунктирная линия)

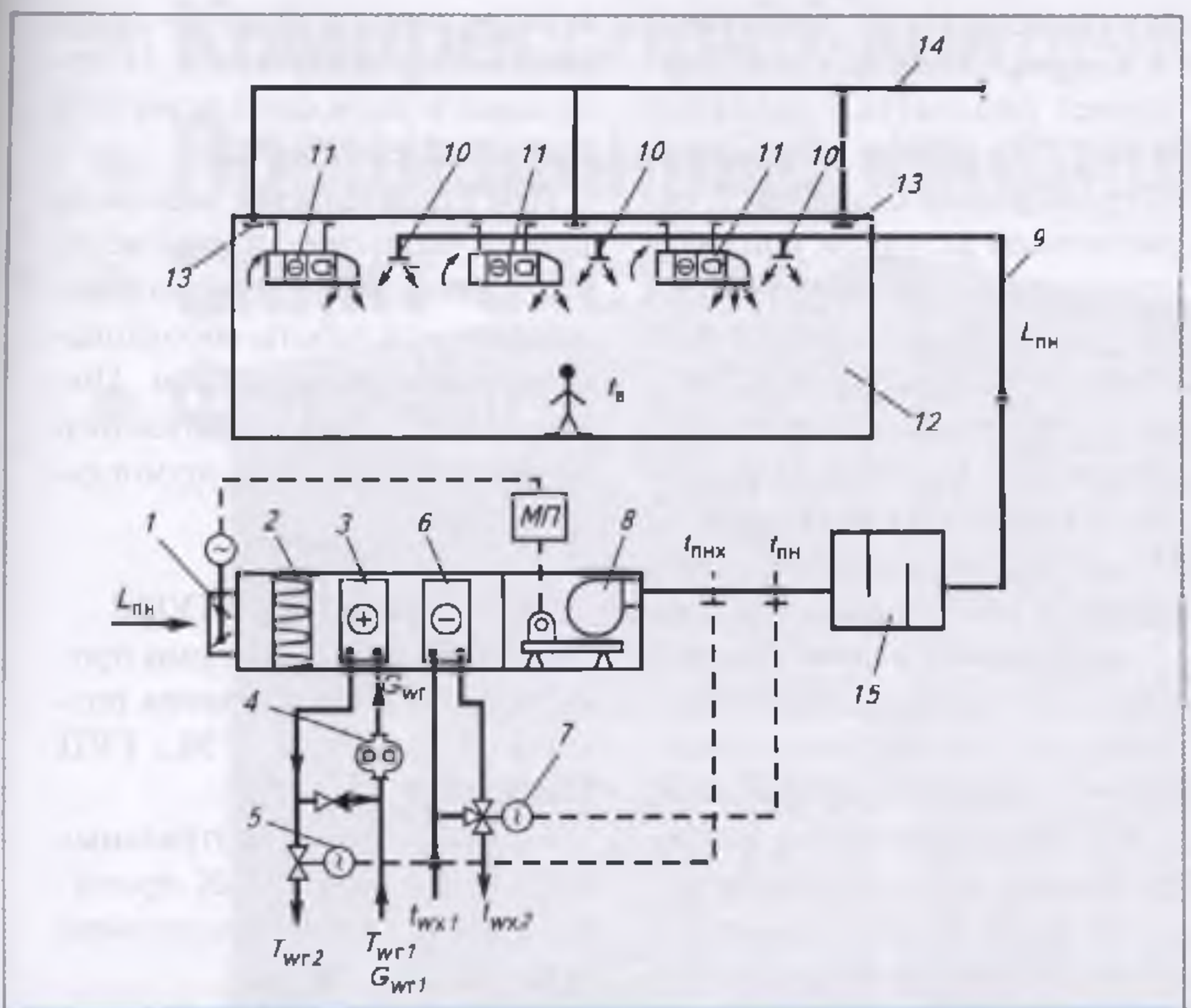


Рис. 3. Принципиальная схема местно-центральной СКВ, обслуживающей торговое помещение:
1 – клапан поступления саннормы приточного наружного воздуха $L_{пн}$; 2 – фильтр; 3 – калорифер; 4 – сдвоенный рециркуляционный насос; 5 – автоматический водяной клапан на трубопроводе горячей воды; 6 – воздухоохладитель; 7 – автоматический трехходовой клапан на трубопроводе холодной воды; 8 – приточный вентилятор; 9 – приточный воздуховод; 10 – приточные диффузоры; 11 – местные вентиляторные воздухоохладители; 12 – торговое помещение; 13 – заборные вытяжные устройства; 14 – вытяжной воздуховод к вытяжному агрегату (на схеме не показан); 15 – шумоглушитель

ного воздуха 10...20 °С люди одеваются соответственно осеннему и весеннему климату. В этот период в зоне нахождения людей в торговых помещениях температуру воздуха рационально поддерживать на уровне 17...20 °С при комфортном диапазоне относительной влажности 30–60 %.

Энергетически целесообразно осуществлять автоматическую перенастройку датчиков контроля температуры воздуха в зоне нахождения людей в торговых залах с $t_{в\,х}$ = 16 °С (в холодные дни) на $t_{в.пер}$ = 20 °С (в переходный период) и на $t_в$ = 25 °С (в теплый период года) в соответствии с параметрами Б [3].

Как известно, в последние годы летом в России наблюдается значительное потепление. Так, например, в Москве температура наружного воздуха в течение двух недель в полуденные часы превышает 30 °С. Холодопроизводительности центральной холодильной станции, рассчитанной на теплопритоки при $t_в$ = 28,5 °С (параметры Б), оказывается недостаточно для поддержания в зоне нахождения людей в помещениях комфортной температуры $t_в$ = 25 °С. Тепловой дискомфорт увеличивается и от того, что при интенсивной солнечной радиации и длительном сохранении высоких температур наружного воздуха строительные конструкции, мебель, служебное оборудование накапливают тепло и начинают выделять его в помещение.

Для устранения перегрева помещений без увеличения расчетной мощности холодильной станции рационально в ночные часы охлаждать помещение прохладным наружным воздухом. В режимах ночного охлаждения следует температуру внутренней поверхности строительных конструкций понизить до 21...22 °С. Охлажденные ночью поверхности в дневные часы смогут поглощать тепло от солнечной радиации или работы освещения во внутренних помещениях. Допустимый по условиям теплового комфорта дневной подъем температуры поверхностей до 26 °С значительно снизит нагрузку на СКВ.

В торговом центре в целях сокращения затрат электроэнергии на преодоление аэродинамического сопротивления протяженных воздуховодов помещения с приточными и вытяжными агрегатами расположены рядом с обслуживаемыми торговыми помещениями. Это вызвало определенные трудности с размещением в тесном помещении оборудования стандартных размеров. Поэтому было выбрано оборудование фирмы «Йорк-Россия», которое изготовляется с определенными проектом рациональными размерами [2].

На рис. 3 представлена принципиальная схема местно-центральной СКВ, обслуживающей торговые помещения. При включении пускателя МП электродвигателя приточного вентилятора *8* открываются воздушные клапаны *1*, и приточный наружный воздух $L_{пн}$ поступает в фильтр *2*. В холодный период года приточный воздух $L_{пн}$ нагревается в калорифере *3* до температуры притока $t_{пн\,х}$, что обес-

печивается автоматическим регулированием расхода горячей воды G_{wr1}, поступающей к смесительному насосу *4* с помощью клапана *5*. Для обеспечения надежности нагрева приточного воздуха и увеличения времени работы смесительного насоса *4* использован сдвоенный насос типа UPSD. Расход воды G_{wr} через трубки калорифера постоянен, скорость воды в трубках составляет порядка ω = 0,122 м/с, что соответствует турбулентному режиму течения жидкости и предотвращает замораживание (по требованиям СНиП [3]).

В переходный период года при достижении $t_н$ ≈13 °С насос *4* останавливается и нагрев приточного наружного воздуха в калорифере *3* прекращается. Приточный наружный воздух подается в помещение без нагрева при температурах наружного воздуха 13...20 °С. При $t_н$ > 20 °С к воздухоохладителю *6* начинает подаваться холодная вода t_{wx1}. Ее расход регулируется трехходовым клапаном *7*, управляемым датчиком контроля температуры приточного воздуха $t_{пн}$ = 16 °С. Вентилятор *8* по приточному воздуховоду *9* подает приготовленный наружный воздух $L_{пн}$ через диффузоры *10* в торговое помещение *12*. Под потолком торгового помещения *12* подвешены местные охладительные вентиляторные агрегаты *11* фирмы «Йорк-Россия» с дистанционным управлением. Расход холодной воды через теплообменники вентиляторных агрегатов регулируется по команде датчиков контроля температуры $t_п$ в соответствующей зоне нахождения людей в торговом помещении *12*. Отепленный воздух под потолком через устройство *13* по вытяжному воздуховоду *14* поступает в вытяжной агрегат и выбрасывается наружу.

При строительстве торгового центра были поставлены жесткие условия по обеспечению малошумности работы оборудования инженерных систем. Поэтому все выбросы вытяжного воздуха оборудованы шумоглушителями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *МГСН* 4.13–97. Нормы проектирования предприятия розничной торговли – М.: ГУП ЦПП, 1998.

2. *Производство* центральных кондиционеров YORK прописалось в Москве// Холодильная техника. 2001. № 1.

3. *СНиП* 2.04.05–91*. Отопление, вентиляция и кондиционирование – М.: ГУП ЦПП, 1998.

ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА АВОК

В серии «Техническая библиотека НП „АВОК“» вышла в свет новая книга

«Системы автоматизации и управления зданиями. Англо-немецко-русский терминологический словарь». Настоящее издание является частью методических документов, над которыми ведет работу технический комитет НП «АВОК» «Интеллектуальные здания и информационно-управляющие системы». Комитетом разрабатываются российские отраслевые стандарты для систем автоматизации и управления зданиями (САиУЗ), определяющие требования к созданию, функционированию и развитию САиУЗ и ее составных частей.

Терминологический словарь является справочным руководством, которое должно позволить установить единое понимание терминологии широкому кругу специалистов, работающих в области систем автоматизации и управления зданиями.

Издание представляет собой сборник терминов и определений на русском, английском и немецком языках, используемых в серии международных стандартов EN ISO 1 6484 «Building Automation and Control Systems – BACS». ■

Получить более подробную информацию о книге и возможности ее приобретения можно на сайте НП «АВОК»: www.abok.ru .

Справки по тел: 921-60-48; 921-64-29; e-mail: BACS@abok.ru

ИЗДАНИЕ 2004 ГОДА

УДК 621.564.2

О теплопроводности и вязкости газообразных альтернативных хладагентов при атмосферном давлении*

Д-р техн. наук, проф. **О.Б. ЦВЕТКОВ**,
канд. техн. наук **Ю.А. ЛАПТЕВ**
СПбГУНиПТ

A combination of strongly theoretical approaches and heuristic scenarios to the calculation of transport coefficients of dilute gases is presented. It is shown that the fundamental theoretical models do not contain adjustable parameters and allows the description of transport properties of pure HCFC and HFC refrigerants, and their mixtures including polar fluids. The validity of this scheme was confirmed by comparison of calculated results to experimental values made for sixth pure refrigerants, two ternary and one binary mixtures (R32, R123, R124, R125, R134a, R143a, R404A, R407C and R410A). Agreement of the present values with those of some experimental results are quite satisfactory.

Разработка альтернативных хладагентов инициировала появление значительного объема экспериментальных исследований за относительно небольшой период времени – с 90-х годов XX в. до начала нынешнего. Чтобы осмыслить качество полученной за столь короткое время теплофизической информации, нужна невозмутимая, спокойная и продолжительная работа, тем более что есть о чем поразмыслить: расхождения между результатами многих работ выходят за рамки погрешности эксперимента.

Кинетические коэффициенты разреженных газов, обычно ассоциирусмые с атмосферной теплопроводностью и вязкостью, являются базой для изучения свойств переноса сжатых паров и жидкостей, в том числе на линиях насыщения.

Анализ экспериментальных работ показывает, что наиболее значимые расхождения имсют место при измерснии теплопроводности. При максимальной погрешности эксперимента, оцениваемой авторами в 0,5 %, несоответствие данных может на порядок и более превышать эту величину (для хладагентов R32, R123, R125, R134a и R143a [11, 13, 14, 19, 20, 22]). Разброс опытных данных для R143a более чем необычен и превышает 20 %.

При оценке опытных данных экспериментаторы исходили из представлений молекулярно-кинетической теории неравновесных явлений. По Эйкену, для теплопроводности многоатомных газов принято соотношение [2]

$$\frac{\lambda M}{\eta} = f_{tr} c_{v,tr} + f_{int} c_{v,int}, \qquad (1)$$

где λ – теплопроводность;
M – молекулярная масса;
η – динамическая вязкость;
$c_{v,tr}$, $c_{v,int}$ – трансляционная и обусловленная внутренней энергией молекул компоненты изохорной теплоемкости;
f_{tr} и f_{int} – теоретически обоснованные Мейсоном и Мончиком [15] выражения:

$$f_{tr} = \frac{5}{2}\left[1 - \left(\frac{10}{3\pi}\right)\left(1 - \frac{2}{5}\frac{\rho D_{int}}{\eta}\right)\times \right.$$
$$\left. \times\left(\frac{c_{rot}}{RZ_{rot}} + \frac{c_{vib}}{RZ_{vib}}\right)\right], \qquad (2)$$

ρ – плотность;
D_{int} – коэффициент диффузии внутренней энергии;
R – газовая постоянная;
c_{rot}, c_{vib} – вращательная и колебательная составляющие идеально-газовой изохорной теплоемкости c_v;
Z_{rot}, Z_{vib} – числа столкновений для вращательной и колебательной релаксации молекул;

$$f_{int} = \frac{\rho D_{int}}{\eta}\left[1 + \frac{5}{\pi}\left(1 - \frac{2}{5}\frac{\rho D_{int}}{\eta}\right)\times \right.$$
$$\left. \times\left(\frac{c_{rot}}{c_{int} Z_{rot}} + \frac{c_{vib}}{c_{int} Z_{vib}}\right)\right]. \qquad (3)$$

При температурах, характерных для холодильной техники, оставаясь в рамках рассмотре-

Таблица 1

Хладагент	Параметры межмолекулярного взаимодействия		Литературный источник
	σ, нм	ε/k, K	
R22	0,4597	291,9	[7]
R123	0,560	340,0	[22]
R124	0,5377	301,47	Данные авторов
R125	0,5101	261,39	[12, 17]
R134a	0,50647	288,82	
R143a	0.5025	267.10	
R32	0.4098	289,65	

* *Включая R32, R123, R124, R125, R134a, R143a, R404A, R407C и R410A.*

ния релаксационных процессов, можно принять $Z_{vib} >> Z_{rot}$ [1, 6, 7, 15, 24] и пренебречь слагаемым c_{vib}/Z_{vib}. Зависимость Z_{rot} от температуры принимали по Паркеру в соответствии с рекомендациями [7].

Основываясь на особенностях механизма диффузии внутренней энергии [24], в расчетах D_{int} следовали классическому описанию [15], апробированному в [1, 6, 7]. В случае передачи вращательной энергии полярных газов эффективный коэффициент диффузии определяли из соотношения [15]

$$D^*_{int} = D_{ii}/(1+\delta_{ii}), \qquad (4)$$

где D_{ii} – коэффициент самодиффузии;

$$\delta_{ii} = \exp(a\tau^n). \qquad (5)$$

В интервале приведенных температур $\tau = 0.6...1,4$; $n = 0,89$; $a = -2,55$ (в соответствии с опытными данными [1]).

Согласно молекулярно-кинетической теории вычисление динамической вязкости газов сводится к комбинации интегралов столкновения [2]. Расчет интегралов проводили для модели потенциала Леннард–Джонса (12–6) [1]. Значения эффективных параметров потенциала, принятые в расчетах, даны в табл. 1. В основу анализа данных по изохорной теплоемкости положены соотношения, приведенные в [16].

Коэффициенты динамической вязкости R32, R123, R124, R125, R134a и R143a представлены в табл. 2. Точность вычислений оценивали по хладагенту R22: расчеты подтвердили стандартные справочные данные по вязкости R22, погрешность которых в интервале температур 273... 473 К в [5] оценивается величиной ±(2–3) %. Так, расчетная вязкость хладагента R22 в состоянии разреженного газа при критической температуре $\eta^0_{кр} = 160,7 \cdot 10^{-7}$ Па·с, а по стандарту [5] $\eta^0_{кр} = 158,0 \cdot 10^{-7}$ Па·с (расхождение немногим более 1 %).

В расчетной схеме для теплопроводности вводилась поправка на полярность молекул, обладающих значительным дипольным моментом. Был рассчитан эффективный приведенный дипольный момент δ^*. Параметр δ_{ii} учитывали для молекул R32 и R143a, значения δ^* для которых составили 0,7 и 0,6 соответственно. В табл.3 приведены расчетные значения теплопроводности хладагентов.

Расчетные значения коэффициента теплопроводности R123 в пределах погрешности эксперимента подтвердили результаты опытов Хаммершмидта [11]. Приведенные в табл. 3 данные примерно на 2 % выше измерений Танаки, Матсуо и Тайя [20] для R125 и в пределах погрешности совпадают с [20] для R32. Значения теплопроводности R134a подтвердили опыты

Таблица 2

Хладагент	Коэффициент динамической вязкости газообразного хладагента $\eta \cdot 10^6$ (Па · с), при $p \approx 0,1$ МПа и температуре, К					
	240	280	300	320	360	400
R32	10,7	12,2	13,0	13,7	15,3	16,8
R123	–	–	10,8	11,5	13,0	14,5
R124	–	11,0	11,8	12,6	14,2	15,8
R125	10.8	12,5	13,2	14,0	15,6	17,2
R134a	9,7	11,2	11,9	12,6	14,1	15,5
R143a	9,2	10,6	11,3	12,0	13,4	14.8

Таблица 3

Хладагент	Коэффициент атмосферной теплопроводности газообразного хладагента $\lambda \cdot 10^4$ [Вт/(м · К)] при температуре, К					
	240	280	300	320	360	400
R32	81	111	125	141	172	203
R123	–	–	95	106	128	150
R124	–	101	113	126	152	179
R125	96	124	139	153	183	214
R134a	94	122	136	151	181	212
R143a	82	111	126	142	174	206

Таблица 4

Хладагент	M, кг/кмоль	$T_{кр}$, К	$T_{н.к}$, К	Состав, мас. %			
				R125	R134a	R143a	R32
R404A	97,60	345,25	226,65	44	4	52	–
R407C	86,20	348,95	229,45	25	52	–	23
R410A	72,58	345,65	221,55	50	–	–	50

Примечание. M – молекулярная масса; $T_{кр}$ – критическая температура; $T_{н.к}$ – нормальная температура кипения.

ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Таблица 5

Хладагент	T, K	$\lambda_э \cdot 10^4$, Вт/(м · K)	$\lambda_р \cdot 10^4$, Вт/(м · K)	$\delta = (\lambda_р - \lambda_э)/\lambda_э$, %	Литературный источник
R404A	252,80	99.0	97,00	–2,02	[10]
	293.16	129,8	127,90	–1,46	
	393.02	202,6	204.00	0,69	
R407C	253,27	96,8	97,70	0,93	
	314,26	144,0	143,12	–0,61	
	389,70	201,2	200.60	–0,30	
R410A	298,15	131.7	134,70	2,28	[20]
	314,17	144.0	147,20	2,22	[10]
	387,25	197,8	204.60	3,44	

Примечание. $\lambda_э$ – экспериментальные значения коэффициента теплопроводности; $\lambda_р$ – расчетные значения коэффициента теплопроводности; δ – погрешность расчетных значений.

Таблица 6

Хладагент	Коэффициент теплопроводности смесей $\lambda \cdot 10^4$ [Вт/(м·К)] при $p \approx 0{,}1$ МПа и температуре, К					
	240	280	300	320	360	400
R404A	86	117	132	148	178	209
R407C	86	117	132	148	178	209
R410A	88	120	136	152	184	216

[23] и экспериментальные данные Хаммершмидта [11]. В пределах 1–2 % согласуются значения теплопроводности для R143a с измерениями Танаки с соавторами [21]. Для R124 экспериментальные данные о теплопроводности в литературе не обнаружены.

Рассчитаны зависимости теплопроводности от концентрации и температуры для наиболее востребованных зеотропных смесевых хладагентов R404A, R407C и R410A. Характеристики смесей представлены в табл. 4.

Зеотропные смеси являются сложными системами, поскольку появляются дополнительные механизмы переноса – диффузия и термодиффузия. Это требует особой тщательности проведения экспериментальных исследований. Подобных работ крайне мало [3, 4, 10, 20], поэтому практически изучено всего несколько из многих десятков известных и применяемых в холодильной технике смесей.

Теория открывает перспективу изучения смесей любого состава, не прибегая к экспериментам. Важно подчеркнуть, что в этом случае степень согласованности теоретических оценок и эксперимента позволяет более объективно судить о достоверности выше приведенных расчетов кинетических коэффициентов индивидуальных хладагентов, составляющих эти смеси.

Для коэффициентов теплопроводности бинарной смеси многоатомных газов теоретически обосновано соотношение Мончика, Орейры и Мейсона [18]:

$$\lambda_{mix} = \lambda_{mix(mono)} + \frac{\lambda_1 - \lambda_{1,mono}}{1 + (D_{11,int} / D_{12,int})(x_2 / x_1)} + \frac{\lambda_2 - \lambda_{2,mono}}{1 + (D_{22,int} / D_{12,int})(x_1 / x_2)}, \quad (6)$$

где λ_{mix}, $\lambda_{mix(mono)}$ – теплопроводность соответственно смеси многоатомных и одноатомных газов [2];

λ_i – теплопроводность i-го многоатомного компонента;

$\lambda_{i,mono}$ – теплопроводность i-го компонента в одноатомном приближении [2];

$D_{ii,int}$ – коэффициент диффузии внутренней энергии i-го компонента;

$D_{ij,int}$ – коэффициент взаимной диффузии внутренней энергии компонентов i и j;

x_i, x_j – мольные концентрации компонентов смеси i и j.

Как показано в [9], для многокомпонентных смесей формулу (6) можно упростить и представить коэффициенты теплопроводности в форме уравнения А. Васильевой:

$$\lambda_{mix} = \sum_i \frac{\lambda_i}{1 + \sum_j A_{ij}(x_j / x_i)} \quad (7)$$

Коэффициенты A_{ij} в уравнении (7) рассчитывали по схеме Линдсея–Бромли [8]. Для бинарных систем учтено влияние полярности молекул. Сравнение результатов расчетов с экспериментом показано в табл. 5.

Сглаженные значения теплопроводности в диапазоне температур 240...400 К представлены в табл. 6.

Вероятная погрешность расчетных значений динамической вязкости, по нашим оценкам, может составить ±(2–

3)%. Результаты проведенного сравнения позволяют считать, что с учетом дефицита достоверной информации и существенной противоречивости экспериментальных исследований оценка погрешности табличных значений теплопроводности должна быть более осторожной. Эта погрешность может, вероятно, составить 3–5 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алтунин В.В. Теплофизические свойства двуокиси углерода. – М.: Изд-во стандартов, 1975.

2. Гиршфельдер Дж., Кертисс Ч., Берд Р. Молекулярная теория газов и жидкостей. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1961.

3. Гребеньков А.Ж., Котелевский Ю.Г., Саплица В.В.// Вестник МАХ. – 2002. - № 3. – С. 25–27.

4. Лаптев Ю.А., Цветков О.Б. // Холодильная техника. 2003. № 1. – С. 16–18.

5. Теплофизические свойства фреонов. Т. 1. Фреоны метанового ряда: Справочные данные/ В.В. Алтунин, В.З. Геллер, Е.К. Петров и др.; Под. ред. С.Л. Ривкина. Госстандарт, ГСССД. – М.: Изд-во стандартов, 1980.

6. Ферцигер Дж., Капер Г. Математическая теория переноса в газах. – М.: Мир, 1976.

7. Цветков О.Б. Теплопроводность холодильных агентов. – Л.: Изд-во ленигр. ун-та, 1984.

8. Шашков А.Г., Абраменко Т.Н. Теплопроводность газовых смесей. – М.: Энергия, 1970.

9. Cowling T.G., Gray P., Wright P.G.// Proc. Roy. Soc., A. – 1963. – Vol. 276. – P. 69.

10. Geller V.Z., Nemser B.V., Cheremnykh U.V.// Int. J. Thermophys. – 2001. – Vol. 22, N 4. – P. 1035–1043.

11. Hammerrschmidt U.// Proc. 12th Symposium on Thermophys. Properties, June 19–24, 1994, Colorado, USA.

12. Huber M.L., Frend D.G., Ely J.F.// Fluid Phase Equilibria. – 1992. – Vol. 80. – P. 249–261.

13. Laesecke A., Perkins R.A., Nieto de Castro C.A.// Fluid Phase Equilibria. – 1992. – Vol. 80. – P. 263–274.

14. Le Neindre B., Garrabos Y., Kim M.S.// Proc. Fourteenth Symposium on Thermophys. Properties, 2000, Boulder, USA.

15. Mason E.A., Monchick L.// J. Chemical Physics. – 1962. – Vol. 36, N 6. – P. 1622–1639.

16. McLinden M.O.// Rev. Int. Friod. – 1990. – Vol. 13. - P. 149–162.

17. McLinden M.O., Klein S.A. Perkins R.A.// Int. J. Refrigeration. – 2000. – Vol. 23. – P.43–63.

18. Monchick L., Oreira A.N.G., Mason E.A.// J. Chem. Phys. – 1965. – Vol. 34, N 9. – P. 3241.

19. Sun L.G., Zhu M.S., Han L.Z., Lin Z.Z.// J. Chem. Eng. Data. – 1997. – Vol. 42. – P. 179–182.

20. Tanaka Y., Matsuo S., Taya S.// Proc. 12-th Symposium, June 12-24, 1994, Colorado, USA.

21. Tanaka Y., Nakata M., Makita T.// Int. J. Thermophys. – 1991. – Vol. 12, N 6. – P. 949-963.

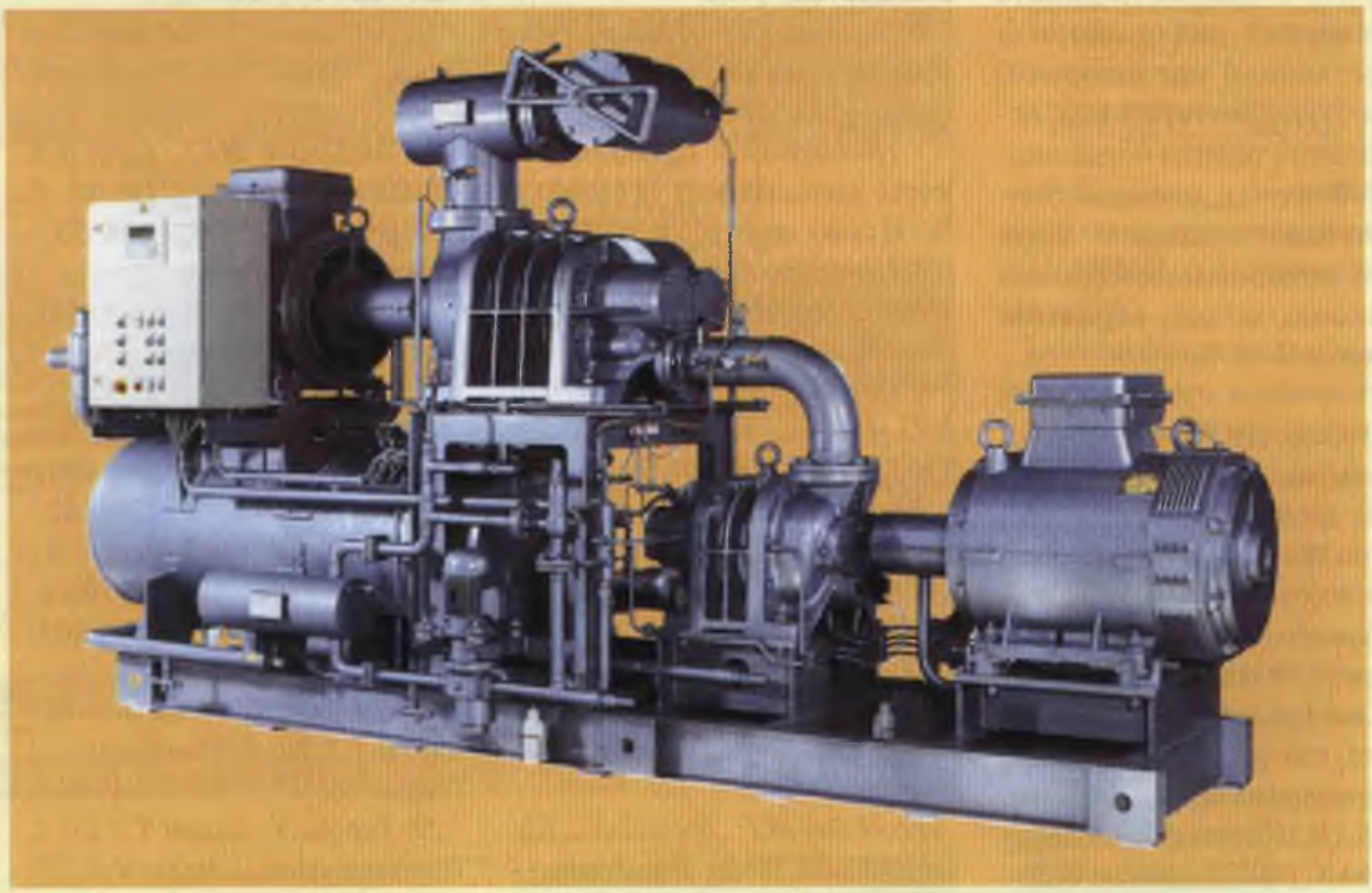
22. Tanaka Y., Satani T.// Int. J. Thermophysics. – 1996. Vol. 17, N 2. – P. 293–328.

23. Tsvetkov O.B., Laptev Yu. A. // High Temperatures - High Pressures. – 1997. – Vol. 29. – P. 417–421.

24. Wakeham W.A., Vesovic V. // Status and Future Developments in Transport Properties: Kluwer Acad. Publ., 1992. – P. 29–55.

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

Двухступенчатые винтовые компрессорные агрегаты «Грассо»



Фирма «Грассо» является признанным лидером в производстве промышленного холодильного оборудования.

Фирма инвестировала более 40 млн евро в разработку нового поколения винтовых компрессоров «Грассо», компрессорных агрегатов и холодильных машин на их базе, выпускаемых на заводе в Западном Берлине (район Райнекендорф).

Благодаря выгодному расположению для расширения экспорта оборудования в Россию предприятие «Грассо» в Западном Берлине стало центром деловой активности фирмы в отношениях с Россией. При этом фирма приняла на себя все обязательства бывшего завода «Кюльавтомат», касающиеся поставок запасных частей, сервиса и ремонта оборудования.

При создании нового поколения винтовых компрессорных агрегатов «Грассо» использовался более чем 30-летний опыт работы, проектирования и внедрения перспективных новинок, применялись специальные конструктивные решения, учитывающие специфику работы промышленных холодильных установок в России.

Двухступенчатые винтовые компрессорные агрегаты «Грассо» предназначены для работы на аммиаке и современных озонобезопасных фреонах. Аммиачные компрессорные агрегаты «Грассо» отвечают всем требованиям Госгортехнадзора РФ с точки зрения безопасной эксплуатации.

Уникальные конструкции двухступенчатых винтовых компрессорных агрегатов обладают следующими особенностями:

- современный асимметричный профиль роторов со значениями холодильного коэффициента выше среднего в режиме частичной и полной нагрузки;
- компактность – два компрессора с двигателями смонтированы на одной раме;
- единая масляная система;
- единая система управления и контроля SIMATIC фирмы SIEMENS;
- автономные электродвигатели для каждого компрессора;
- оптимальный выбор режима двухступенчатого сжатия с промежуточным охлаждением;
- плавное регулирование производительности.

Значительная экономия места достигается применением в качестве экономайзеров кожухотрубных теплообменников, смонтированных на агрегате. При этом габариты агрегата не превышают размеров, указанных в таблице, и существенное повышение холодопроизводительности обеспечивается при минимальной площади, занимаемой агрегатом.

Тип NH_3 /R22	Холодопроизводительность, кВт, при n = 2940 мин$^{-1}$, t_c/t_0			Габаритные размеры, мм
	–50/+30 °C	–40/+40 °C	–35/+40 °C	
HE/HN	60/75	92/107	116/115	3470×1000×1970
LE/LN	69/84	106/122	133/132	3470×1000×1970
ME/MN	90/104	135/152	169/186	3470×1000×1970
NE/NN	112/133	172/194	215/237	3470×1000×1970
PE/PN	100/119	156/174	195/194	3540×1100×2150
RE/RN	131/157	203/228	255/253	3640×1200×2330
SE/SN	163/196	253/285	318/315	4710×1200×2400
VE/VN	208/250	328/369	413/409	4710×1480×2530
YE/YN	293/356	463/522	583/578	4830×1480×2530
ZE/ZN	345/411	543/602	682/675	4830×1480×2565
αE/αN	411/496	649/726	815/885	5020×1550×2595
βE/βN	527/327	857/924	1047/1127	6500×1860×3410
γE/γN	628/755	993/1111	1250/1356	6500×1860×3410
δE/δN	731/862	1151/1269	1447/1546	6620×1860×3410

Хладагент – NH_3 /R22.
Перегрев 5/10 °C, переохлаждение 0 °C. Двухступенчатое дросселирование.

Фирма «Грассо Рефрижерейшн», ООО выполняет в России важные проекты, а также монтажные и пусконаладочные работы, гарантийное обслуживание и ремонт, поставку запасных частей как для новых агрегатов, так и для всех агрегатов поколения Kühlautomat.

На все агрегаты имеются сертификаты соответствия ГОСТ Р, Разрешение на применение Госгортехнадзора РФ.

Грассо Рефрижерейшн, ООО,
Grasso International, Представительство в Москве:
Семеновский вал, 6, строение 1, 105094, Россия, Москва
Тел.: (095) 787-20-11, 787-20-13, 787-20-14, 787-20-16. Факс: (095) 787-20-12
E-Mail: grasso@gea.ru. Адрес в Интернете: http://www.grasso.nl

Новые поршневые компрессоры «Octagon».

Часть 2. Выигрышные особенности*

Учитывая все основные достоинства и недостатки рассмотренных типов компрессоров, компания «Битцер» создала новую серию поршневых компрессоров Octagon, в которой с целью их усовершенствования подвергся модификации ряд существенных параметров, среди которых: плавность хода и шумовые характеристики, КПД, регулируемость производительности, габаритные размеры и масса, стоимость.

Шумовые характеристики компрессоров серии Octagon с демпфером пульсаций в головке блока цилиндров (см. сайт www.bitzer.ru)

Несмотря на исключительную плавность хода, обусловленную конструкционными особенностями компрессоров этой серии, в отдельных случаях возникали значительные резонансные пульсации в нагнетательных трубопроводах. Как правило, такие пульсации сокращаются до приемлемой величины путем установки глушителей (демпферов) на трубопроводе. Недостаток такого технического решения состоит в том, что на участке нагнетательного трубопровода между демпфером и компрессором всегда присутствуют значительные пульсации. Полностью избежать негативного воздействия пульсаций давления в системе удалось благодаря новой головке блока цилиндров (рис. 1), где с помощью резонансного канала пульсации гасятся в месте их возникновения.

Сравнение характера пульсаций при стандартной и модифицированной головках блока цилиндров показано на рис. 2.

Стендовое измерение базовых шумовых характеристик компрессора не показало значительного их улучшения. Однако при работе компрессора в составе холодильной установки выявлено отчетливое уменьшение шумовых показателей. В связи с этим несколько серийных компрессорно-конденсаторных агрегатов с воздушным охлаждением были дополнительно подвергнуты многократным циклическим испытаниям на шумовые характеристики на расстоянии 1 м по DIN 45635. Затем были сопоставлены результаты испытаний, полученные на компрессоре серии Octagon без демпфера пульсаций (ДП), компрессоре серии Octagon с ДП и спиральном компрессоре.

Замеренные звуковые давления могут рассматриваться как типичные для агрегатов с конденсатором воздушного охлаждения. Оче-

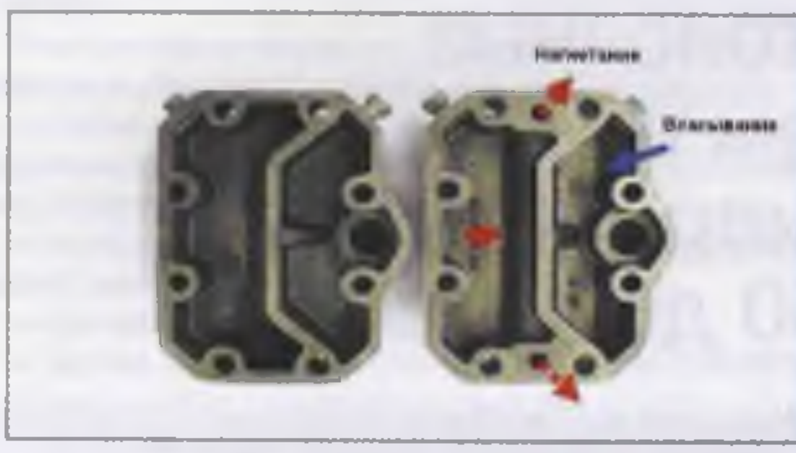


Рис. 1. Головки блока цилиндров: слева без демпферов пульсаций, справа с демпфером пульсаций (компрессор серии Octagon)

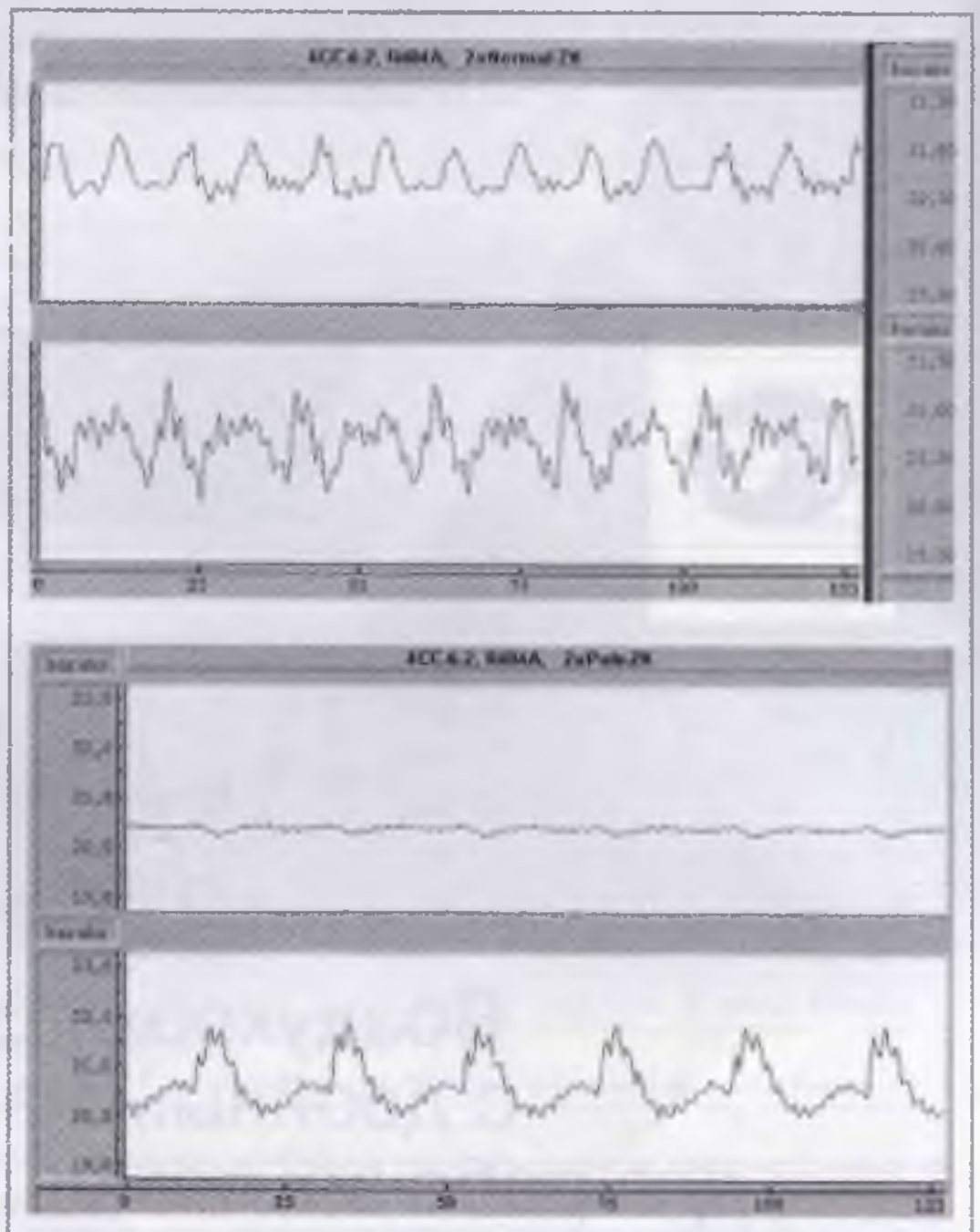


Рис. 2. Колебания давления при стандартной головке в трубопроводе (верхнее окно) и в головке блока цилиндров (нижнее окно):
а – без демпфера пульсаций в головке блока цилиндров;
б – со встроенным в головку демпфером пульсаций

* *Продолжение. Начало см. журнал «Холодильная техника» № 3/2004.*

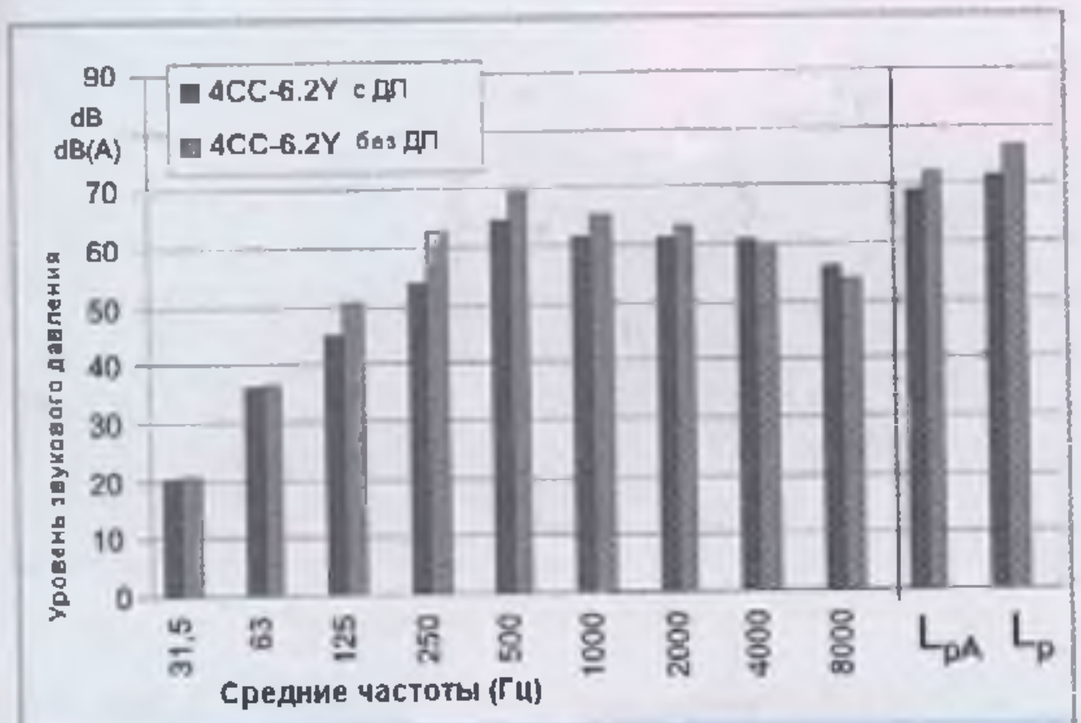


Рис. 3. Уровень звукового давления на расстоянии 1 м от компрессорно-конденсаторного агрегата с компрессором Octagon с демпфером пульсаций и без него

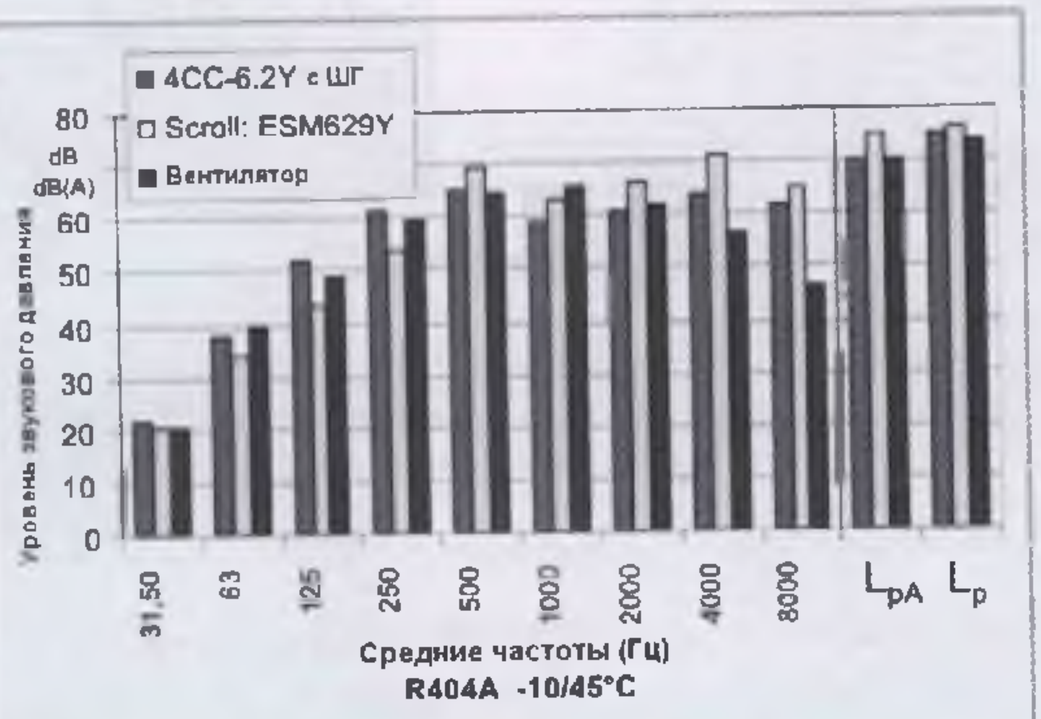


Рис. 4. Сравнение уровней звукового давления в машинном отделении на расстоянии 1 м для компрессора Octagon 4CC-6.2Y, спирального компрессора ESM629Y и вентилятора агрегата

видно снижение шума, которое достигается применением новых головок блока цилиндров (рис. 3).

О том, насколько низкими являются эти шумовые характеристики, можно судить по рис. 4. Компрессор серии Octagon с ДП оказывается не просто работающим тише спирального компрессора, но даже находится на уровне шумовых характеристик вентилятора компрессорно-конденсаторного агрегата.

Значительное снижение шумовых характеристик поршневых компрессоров «Битцер» позволило также достичь универсальности их применения во всех возможных типах установок. Было доказано, что поршневые компрессоры не только не являются более шумными и подверженными вибрациям, чем ротационные, но даже могут превосходить их по этим показателям.

Регулирование холодопроизводительности изменением частоты вращения

Объемная производительность короткоходовых поршневых компрессоров оптимально регулируется путем изменения частоты вращения коленчатого вала. Хорошим примером является серия компрессоров Octagon, допустимый диапазон частот питающего тока для которой 30...60 Гц (стандартное исполнение) и 20...70 Гц (расширенный вариант исполнения) (рис. 5).

Однако и это не предел. В одной из опытных установок, где изучались предельные возможности поршневых компрессоров, электродвигатель двухцилиндрового компрессора теплового насоса, представленного на рис. 6, успешно работал в диапазоне частот 20...80 Гц.

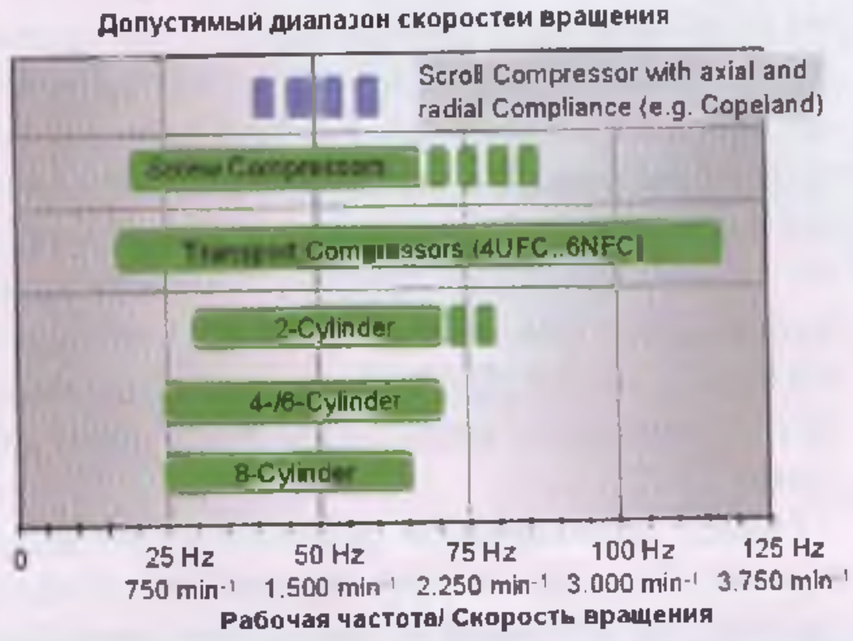


Рис. 5. Регулирование производительности компрессора изменением частоты вращения вала

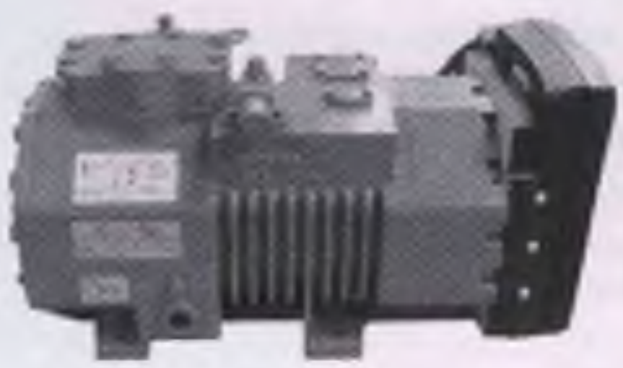


Рис. 6. Перспективный компрессор Octagon серии C2 со встроенным частотным преобразователем

Существенное преимущество поршневых компрессоров, реализованное в конкретном проекте

Если требуется регулировать компрессор морозильной установки изменением частоты вращения, необходимо учитывать, что, начиная с некоторой предельной частоты, ее повышение не вызывает увеличения холодопроизводительности. В этом случае можно применить вариант с двухступенчатым поршневым компрессором. В качестве примера рассмотрим экспериментальный компрессор для холодильной установки типового рефрижераторного контейнера.

ОБЛАСНА УНІВЕРСАЛЬНА НАУКОВА БІБЛІОТЕКА ім. О. Гаврьова

Требования, которые предъявлялись к этому компрессору:

Габаритная ширина, мм	< 250
Масса, кг	< 100
Хладагент	R134a
Регулирование бесступенчатое, в диапазоне холодопроизводительностей, кВт	10,5... 0,5
Холодопроизводительность Q_0, кВт, при температуре в охлаждаемом объеме, °С	
–28	3,5
–18	4,0
–4	10,5
Экономия потребляемой энергии, %	30
Температура окружающей среды, °С:	
расчетный режим	+38
экстремальный режим	От арктических условий до +55 °С

Ни винтовой, ни спиральный компрессоры не подошли для выполнения этих требований (в частности, очень низким оказался КПД при частичной нагрузке). Но даже одноступенчатый поршневой компрессор с регулированием частоты вращения смог частично выполнить поставленную задачу. Однако затем оказалось, что при частоте питающего тока выше 80 Гц и t_0 = –33 °С (R134a) повышение холодопроизводительности оказалось невозможным (рис. 7).

Самое оптимальное решение было достигнуто при использовании двухступенчатого компрессора (рис. 8), который по холодопроизводительности превосходил одноступенчатый на 25 %. Среднее потребление энергии за типичный цикл нагрузки было на 30 % меньше того же показателя для серийной машины.

Благодаря использованию переохладителя хладагент R134a, типичный для кондиционирования воздуха, смог прекрасно работать в морозильных установках и по результатам сравнительных измерений обеспечил такие же показатели, что и R404A. Принципиальная схема установки показана на рис. 9.

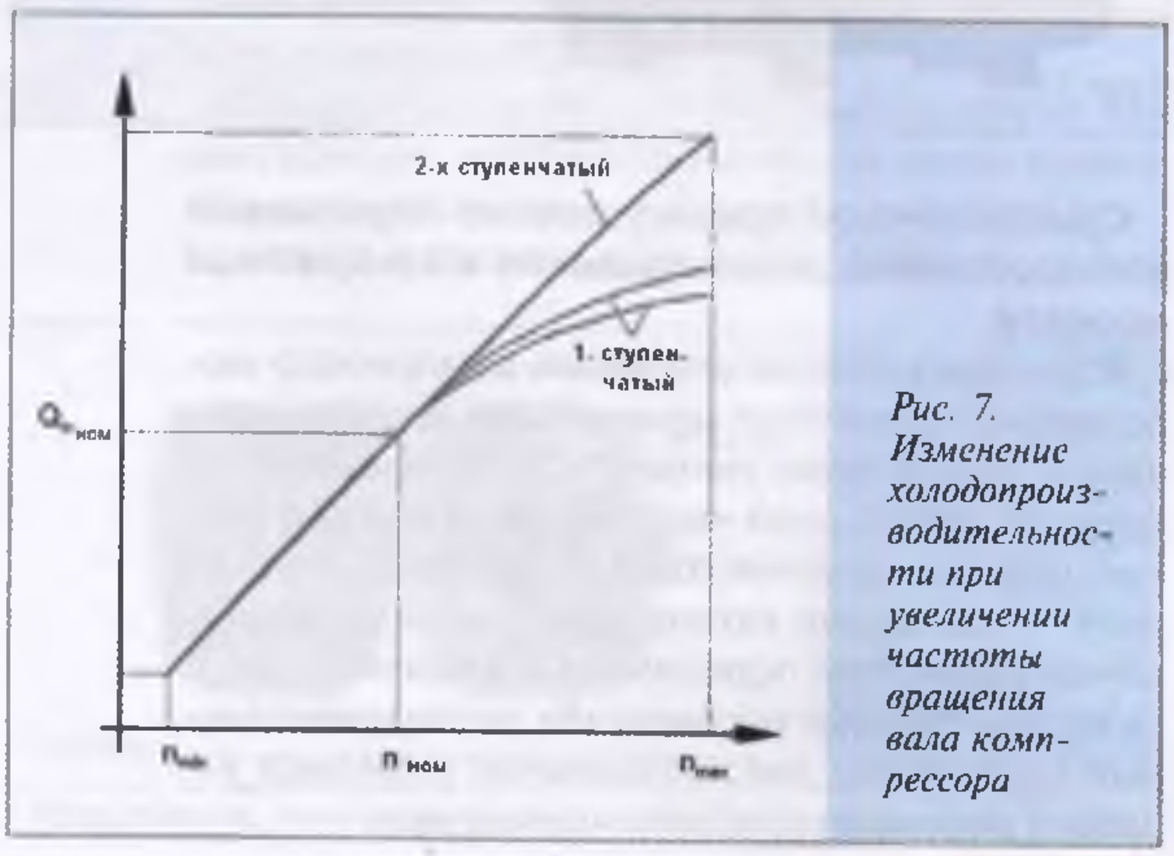


Рис. 7. Изменение холодопроизводительности при увеличении частоты вращения вала компрессора

Рис. 8. Перспективный компрессор Octagon S4CC-5Y с переключением на работу в 1–2 ступени и преобразователем частоты

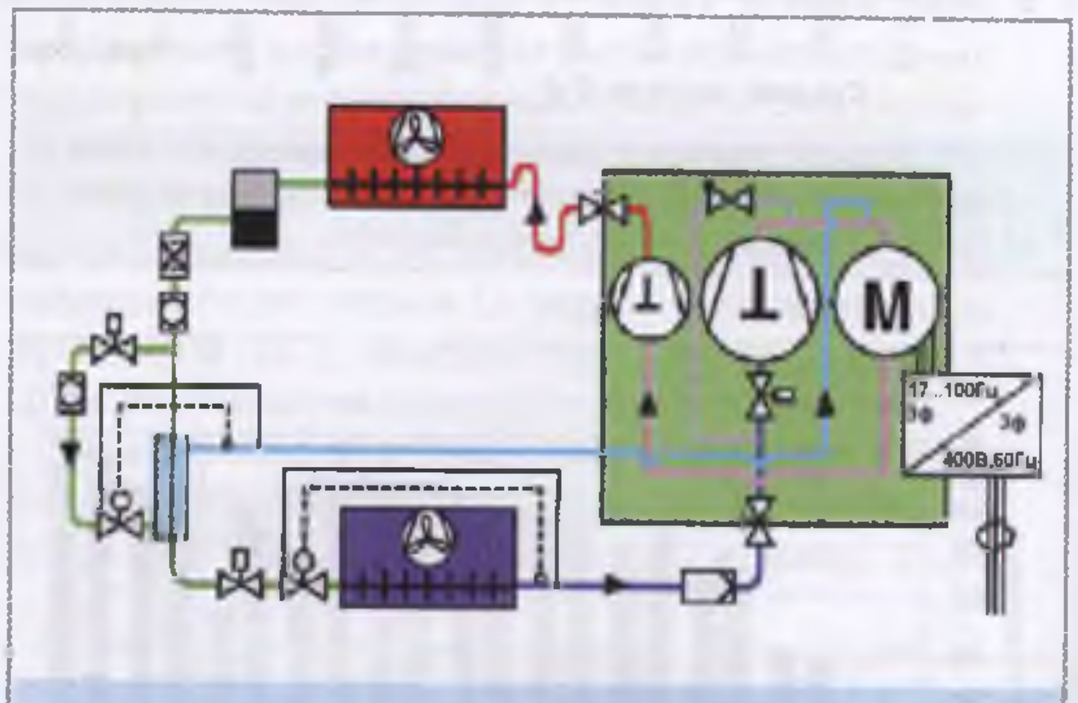


Рис. 9. Принципиальная схема установки с применением перспективного компрессора Octagon S4CC-5Y и жидкостного переохлаждения

Все требования по конструктивным размерам и холодопроизводительности были выполнены.

Можно с уверенностью сказать, что в этом конкретном случае никакой другой тип компрессора не будет лучше, чем поршневой.

Таким образом, полугерметичные поршневые компрессоры все еще обладают значительным потенциалом развития, который позволит оптимально использовать их в холодильной технике и в будущем. Адаптация поршневых компрессоров к новым областям применения и хладагентам возможна при относительно низких издержках. По массе, плавности хода и компактности современные поршневые компрессоры вполне конкурентоспособны с ротационными. Регулирование изменением частоты вращения, пока еще не общепринятое для поршневых компрессоров, при широком использовании даст значительную экономию энергии.

В последующих публикациях мы подробно рассмотрим этот вопрос и рекомендации фирмы «Битцер» в этой области.

УДК 621.565

НАДЕЖНЫЕ ЧИЛЛЕРЫ ПРОИЗВОДСТВА НПФ «ХИМХОЛОДСЕРВИС»

Канд. техн. наук **Н.В. ТОВАРАС, А.А. МАКАРОВ, О.Г. ВОРОНКОВ**,
канд. техн. наук **С.В. ХОМЕНКО, О.В. ЛОБОВ, Д.И. РАКИТИН**

Фирма НПФ "Химхолодсервис" относится к тем немногим организациям в России, занимающимся холодом, которые создают технику и самостоятельно осваивают ее производство. Разработка новой техники является одним из основных направлений деятельности фирмы.

Известно, что новые изделия, соответствующие мировому техническому уровню, появляются в результате многолетней работы ученых, исследователей, конструкторов, испытателей, технологов.

Конструктивные разработки фирмы основаны не только на знании потребностей холодильной отрасли, но и на заделах предыдущих НИР и ОКР, интеллектуально-профессиональном потенциале наших специалистов, которые прошли хорошую школу во ВНИИхолодмаше, на заводе "Компрессор", в НИИ Турбохолод, в Криогенмаше.

При этом следует отметить вклад ВНИИхолодмаша и ВНИХИ в развитие общих концепций совершенствования холодильного и вспомогательного оборудования, взятых на вооружение сотрудниками фирмы.

Начав с разработки теплообменных аппаратов и успешно освоив ряд образцов, фирма постоянно расширяла собственное производство. Глобальной задачей, решенной ее специалистами, было создание полного набора эффективного холодильного и вспомогательного оборудования для комплектации современных холодильных установок.

За 10 лет существования НПФ "Химхолодсервис" была разработана, изготовлена, прошла испытания и эксплуатационную проверку широкая гамма аппаратов, агрегатов и машин для комплектации крупных холодильных аммиачных и фреоновых установок.

По техническому уровню оборудование "Химхолодсервиса" превосходит отечественные аналоги и находится на уровне лучших мировых образцов.

Группа разработки новой техники

В настоящее время производятся созданные фирмой девять типоразмеров аммиачных и фреоновых чиллеров с различной комплектацией теплообменной аппаратурой. При их разработке был решен комплекс научных, инженерных и технологических задач. Чиллеры спроектированы на базе винтовых компрессоров таких известных фирм, как Aerzen (Германия) и Howden (Шотландия), являющихся одними из наиболее крупных компаний в Европе по производству компрессоров. В чиллерах используются компрессоры модификаций: VMY046H, VMY046N, VMY146H, VMY146N, VMY246H, VMY246N, VMY346H, VMY346N фирмы Aerzen и XRV 163.165, XRV 165.193, XRV 204.110, XRV 204.145, XRV 204.165, XRV 204.193, WRV 255.110, WRV 255.130, WRV 255.145, WRV 255.165, WRV 255.193, WRV 255.220 фирмы Howden.

Все компрессоры имеют плавное регулирование производительности: от 20 до 100 % (Aerzen) и от 10 до 100% (Howden). Возможность подключения экономайзера через специальный порт в некоторых случаях позволяет повысить производительность компрессора до 25 % и холодильный коэффициент до 20 % в зависимости от хладагента и температурного режима. Это снижает капитальные и эксплуатационные затраты. НПФ "Химхолодсервис" разработан ряд открытых экономайзеров на различные мощности.

Выпускаются агрегаты и холодильные машины на базе винтовых компрессоров отечественного производства ВХ-350. Благодаря относительно низкой стоимости остается высоким спрос на агрегаты с отечественными компрессорами.

Во всех агрегатах применяются высокоэффективные горизонтальные и вертикальные маслоотделители МОТ (со степенью отделения 5...10 ppm) собственной разработки и производства. Масло охлаждается термосифонным, водяным или воздушным маслоохладителями. Для базовых моделей холодильных агрегатов используются водоохлаждаемые маслоохладители типа МОХ также собственной разработки и производства.

Испарительные блоки, входящие в состав чиллеров, разработаны на базе пластинчатых, пленочных, панельных и кожухотрубных испарителей как собственного, так и зарубежного производства. Они работают по схеме либо непосредственного кипения, либо с затопленным испарителем. В последнем случае подача хладагента осуществляется или под действием гравитации (принцип термосифона), или насосом. Схемы с испарителями непосредственного кипения в основном применяются при небольшой холодопроизводительности. В них, как правило, нет проблем с возвратом масла, которые имеются в схемах с затопленным испарителем.

Схемы возврата масла различаются в зависимости от его растворимости и плотности.

Растворимое масло, поступающее в контур испаритель–сепаратор, постепенно концентрируется в хлад-

агенте по мере возвращения чистого пара хладагента из испарителя в компрессор. Из определенных точек этого контура отводится небольшая часть смеси масло–хладагент. При испарении ее в теплообменнике масло возвращается во всасывающую линию компрессора вместе с парами. Нерастворимое масло (аммиачные системы) собирается в нижней части контура и отводится оттуда.

Разработанные фирмой устройства возврата масла функционируют в полностью автоматическом режиме. Наличие таких устройств очень важно: из-за их отсутствия на некотором оборудовании импортного производства ведущих зарубежных фирм приходится регулярно останавливать машины для удаления масла из аппаратов и возврата его в компрессор.

Фирма разработала и запатентовала аммиачные испарительные блоки БИА и БИТ с гравитационной системой питания. Конструктивно они выполнены в виде кожухотрубных (БИА) и пленочных трубно-змеевиковых (БИТ) аппаратов. В испарительный блок БИА входят кожухотрубный испаритель с системой равномерного распределения хладагента, отделитель жидкости, циркуляционный контур, уравнительная колонка с реле уровня и блок питания жидким аммиаком. Блоки БИА в составе наших чиллеров широко используются для охлаждения растворов хлористого кальция и пропиленгликоля на десятках предприятий России, таких, как Щелковский мясокомбинат, пивкомбинаты "Красный Восток", "Витязь" и др.

Блок БИТ представляет собой единую конструкцию, включающую испарительные батареи, оросительный узел, жидкостный бак, отделитель жидкости и накопитель-питатель. Блоки БИТ для получения ледяной воды успешно эксплуатируются на многих хладокомбинатах и молокозаводах. Эти аппараты проходили многолетнюю экспериментальную проверку, прежде чем стали применяться в составе наших чиллеров. Аппараты высокоэффективны (на 70 % лучше традиционных испарителей) и удобны в эксплуатации.

Блоки с пластинчатыми теплообменными аппаратами применяются в машинах большой холодопроизводительности. Для охлаждения раствора хлористого кальция используют титановые испарители. Холодильная машина с титановым испарительным блоком установлена и прекрасно функционирует на катке "Зоркий". Эти блоки имеют существенно более низкую заправку хладагентом (в 2–2,5 раза), чем блоки БИА, но и бóльшую стоимость. Они позволяют снизить аммиакоемкость холодильных установок в 5–6 раз по сравнению с установкой на базе традиционных испарителей типа ИТГ.

Изготовляемые фирмой испарители с межтрубным кипением на базе труб с эффективным нарезным оребрением применяются во фреоновых установках с промежуточным хладоносителем (раствором хлористого кальция). В этих испарителях применяют толстостенные трубы, стойкие к коррозии.

Ресиверно-испарительные блоки с испарителями внутритрубного кипения импортного производства используют в холодильных установках с воздушными и испарительными конденсаторами. Систему питания, ресивер, запорную и регулирующую арматуру и, как правило, экономайзер разрабатывает и подбирает наша фирма.

Чиллеры, созданные НПФ "Химхолодсервис" на базе кожухотрубных испарителей, применяют для получения

Производственная база «Нахабино»

искусственного льда на катках различных размеров. Например, уже около года в Ледовом дворце "Спартак" в Сокольниках успешно эксплуатируются четыре машины МВТ 420-2-3 для охлаждения раствора хлористого кальция. Они изготовлены на базе компрессоров Aerzen, испарителей собственного производства, воздушных конденсаторов и маслоохладителей. При их конструировании были решены вопросы возврата масла, его охлаждения и зимнего регулирования холодопроизводительности.

Для катков созданы также чиллеры с импортными кожухотрубными испарителями (хладоноситель – этиленгликоль) и чиллеры на базе более дешевых и компактных бессальниковых компрессоров, практически не требующих обслуживания. Однако у последних чиллеров есть свои "минусы": существенно более низкий по сравнению с сальниковыми компрессорами холодильный коэффициент, а также большая чувствительность к "влажному ходу" и малая ремонтопригодность. В результате срок службы бессальникового компрессора по сравнению с сальниковым, по данным исследований компании York, приблизительно в 4–5 раз меньше (см. журнал "Холодильная техника" № 12/2002).

Кроме Ледового дворца «Спартак», наши чиллеры различных типоразмеров для охлаждения раствора хлористого кальция успешно работают в течение 8 лет на Новоуральском электрохимическом комбинате.

Области применения чиллеров представлены в табл. 1, характеристики аммиачных компрессорных агрегатов – в табл. 2.

Чиллер для охлаждения раствора хлористого кальция

Таблица 1

Области применения чиллеров

Основные параметры	Молочные и пивные комбинаты		Пивные комбинаты		Склады, камеры хранения		Спортивные катки	Низкотемпературные склады		Кондиционирование
Тип хладагента	NH_3	R22	NH_3	R22	NH_3	R22	R22	NH_3	R22	R22
Температура конденсации*, °С	35		35		35		35	35		35
Температура кипения, °С	–2		–10		–12		–20	–30		+2
Тип хладоносителя	Вода		Пропиленгликоль		Пропиленгликоль		Этиленгликоль/ $CaCl_2$	Пропиленгликоль		Вода
Концентрация хладоносителя, %	100		30		36		40/25	50		100
Температура хладоносителя на входе/ выходе, °С	+7/+2		–1/–5		–5/–8		–12/–15	–23/–26		+12/ +7
Холодопроизводительность чиллеров на базе компрессоров Aerzen**, кВт	191... 2401	179... 2243	138... 1740	133... 1673	126... 1597	122... 1549	88...1124	54... 686	57... 726	205... 2580
Холодопроизводительность чиллеров на базе компрессоров Howden**, кВт	457... 2678	440... 2442	325... 1925	322... 1782	297... 1768	297... 1649	211... 1180	126... 738	134... 731	510... 2811

* Возможна работа при температуре конденсации 45 °С (для R22). ** Сведения о применяемых компрессорных агрегатах см. в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики аммиачных компрессорных агрегатов

Модель	Теоретическая объемная производительность, м³/ч	Холодопроизводительность Q_0, кВт	Мощность N_e, кВт
		при t_0 = –35 °С, t_c = +35 °С	
Aerzen			
RCU VMY046H	233	41,2	29,9
RCU VMY046N	355	62,8	45
RCU VMY146H	444	83,1	57,7
RCU VMY146N	678	126,4	87
RCU VMY246H	911	170	114,9
RCU VMY246N	1378	258	173
RCU VMY346H	1830	338	217
RCU VMY346N	2754	518	327
Howden			
RCU XRV163-165	593	103,7	74,8
RCU XRV163-193	710	125,9	89,6
RCU XRV204-110	798	152	108
RCU XRV204-145	1070	211	138
RCU XRV204-165	1219	233	156
RCU XRV204-193	1348	258	174
RCU WRV255-110	1561	256	202
RCU WRV255-130	1725	305	224
RCU WRV255-145	2120	353	287
RCU WRV255-165	2358	392	306
RCU WRV255-193	2590	457	334
RCU WRV255-220	3145	527	415

Достижением НПФ "Химхолодсервис" стала разработка собственной системы управления и контроля всех параметров чиллера. Основная ее часть – микропроцессорный пульт управления ПУМ2000 – по отзывам специалистов иностранных и отечественных ведущих фирм находится на уровне лучших мировых аналогов по возможностям и надежности.

ПУМ2000 легко перепрограммируется под конкретные технологические задачи. Это обусловливает гибкость системы управления, возможность легко и быстро решать возникающие в процессе пусконаладочных работ вопросы путем изменения алгоритма программы. ПУМ2000 контролирует давления всасывания и нагнетания, давление в первой (до картриджей) и во второй (после картриджей) секциях маслоотделителя, потери давления на картриджах, давление масла до и после фильтра тонкой очистки масла, потери давления на фильтрах тонкой и грубой очистки масла; температуры всасывания, нагнетания, масла, хладоносителя на входе и на выходе испарителя; величину силы тока электродвигателя.

Имеется возможность выбора автоматического или полуавтоматического режима работы ПУМа. В автоматическом режиме ПУМ управляет производительностью компрессора по уставке параметра регулирования, в полуавтоматическом – нагрузкой компрессора управляет обслуживающий персонал. Параметром регулирования может быть давление всасывания или температура хладоносителя на входе и на выходе испарителя. При достижении определенных величин параметров (устанавливаемых заводом-изготовителем) ПУМ2000 выдает сигнал предупреждения, а при достижении аварийной уставки осуществляет аварийный останов агрегата и выдачу сигнала аварии. ПУМ2000 управляет также вентиляторами конденсатора (по давлению нагнетания), вентиляторами воздушного маслоохладителя, соленоидным вентилем подачи воды на водяной маслоохладитель, не допускает перегрузки электродвигателя, приостанавливая загрузку компрессора, а при необходимости самостоятельно снижая производительность (если нагрузка на электродвигатель продолжает расти). Его можно подключать и к персональному компьютеру.

Микропроцессорный пульт управления ПУМ 2000

Несколько агрегатов, оборудованных ПУМами, можно объединить в локальную сеть с выводом информации на персональный компьютер. Это позволит управлять одним или несколькими компрессорами, регулируя холодопроизводительность по заданному параметру, останавливать компрессоры при снижении нагрузки, обеспечивать ротацию включения компрессоров по времени наработки.

Система диспетчеризации, созданная НПФ "Химхолодсервис" для работы с ПУМ2000, дает возможность взаимодействия не только с компрессорными агрегатами и машинами, но и со всеми элементами холодильного центра, т.е. обеспечивает мониторинг и контроль работы насосных групп, различной электромеханичекой арматуры (мотор-вентиль, соленоидный вентиль, датчики уровня и т.п.), оперативно поставляя информацию о температурных режимах, степени загрузки холодильных машин, предупреждающих сигналах и, что особенно важно, об аварийных ситуациях. Это позволяет быстро принимать меры для устранения аварии.

Технические характеристики ПУМ2000

Размеры металлического корпуса, мм	500×500×210
Вид климатического исполнения (по ГОСТ 15150–69)	УХЛ4
Условия эксплуатации:	
температура окружающего воздуха, °С	0...40
относительная влажность воздуха, %	45...80
атмосферное давление, кПа	84...107
Степень защиты корпуса ПУМ (по ГОСТ 14254–96)	IP54
Напряжение питания (при 50 Гц), В	187...242
Потребляемая мощность, Вт	Не более 30
Число универсальных входов для подключения датчиков с релейным или универсальным аналоговым (0...10 В; 0...5 мА; 4...20 мА) выходами	32
Число универсальных выходов переменного тока (семисторных)	24
Ток нагрузки выходов	0,05...1А.
Напряжение коммутации (фазное), В	220

Примечания Выходы защищены от перегрузки по току предохранителями, от импульсных бросков напряжения – варисторами.

Органы управления: переключатель "ВКЛ", кнопка "СТОП", 17-кнопочная специализированная клавиатура.

Устройства индикации: двухстрочный ЖКИ с 24 символами в каждой строке, четырехсимвольный семисегментный светодиодный индикатор текущего значения параметра регулирования, трехсимвольный семисегментный светодиодный индикатор производительности агрегата, 18 единичных встроенных в клавиатуру индикаторов.

Интерфейс связи с ПЭВМ RS-232S.

Полевая шина CAN 2.0B.

Силовые шкафы для холодильных агрегатов и машин собственного производства с плавным и разгруженным пусками электродвигателей различных мощностей разработаны НПФ "Химхолодсервис", исходя из особенностей отечественных энергосетей. Они успешно эксплуатируются в составе наших холодильных агрегатов и машин на Вологодском молочном комбинате, Щелковском мясокомбинате, Останкинском молочном заводе, катках "Зоркий", "Сокольники", "Рублевский лед", "Горки-2" и на ул. Таллалихина, на Новоуральском электрохимическом комбинате.

Вся техническая документация на оборудование верифицирована Госгортехнадзором РФ, прошла экспертизу надзора Минатома. Технические условия зарегистрированы Госстандартом РФ.

Холодильные машины, агрегаты, микропроцессорный пульт управления холодильной машиной (ПУМ), теплообменное и вспомогательное оборудование сертифицированы в системе сертификации ГОСТ Р Госстандарта России. Сертификаты соответствия Госстандарта России выданы сроком на три года, что позволяет производить серийный выпуск нашей продукции.

Инспекционный контроль, проведенный органами сертификации Госстандарта России, подтвердил соответствие оборудования "Химхолодсервиса" требованиям ГОСТа и Правил Госгортехнадзора РФ. В частности, испытания, проведенные при инспекционном контроле ПУМа, подтвердили его соответствие не только требованиям ГОСТов, указанных в сертификате, но и более расширенной номенклатуре требований государственных стандартов в области электромагнитной совместимости, о чем имеется Решение органа по сертификации.

В настоящее время завершается процесс сертификации действующей на фирме системы качества на соответствие требованиям ГОСТ Р, ИСО 9001–2001.

Фирма постоянно осуществляет маркетинговые исследования, проводит конструирование, технологическую подготовку производства, контроль качества изготовления комплектующих изделий, необходимых для обеспечения жизненного цикла продукции.

В состав фирмы входит подразделение, обеспечивающее гарантийное и послегарантийное обслуживание поставленного оборудования.

В заключение необходимо сказать, что все разработки НПФ "Химхолодсервис" создавались для решения конкретных задач, поставленных заказчиками. По истечении ряда лет можно с уверенностью сказать, что большая часть разработок прошла проверку временем и заняла определенную нишу на рынке холодильного оборудования благодаря надежности, удобству в эксплуатации и экономичности.

Информацию о разработках фирмы можно получить на сайте в Интернете: www.himholod.ru.

ООО «НПФ Химхолодсервис»
127422, г. Москва, ул. Костякова, 12.
Тел.: (095) 210-9310, 210-4511, 976-4804
E-mail: postmaster@himholod.ru

ООО «Эйркул» представляет новые серии теплообменного оборудования «Альфа Лаваль»

ООО "Эйркул", крупный поставщик холодильного оборудования, через свою обширную дилерскую сеть активно внедряет на рынке России последние разработки в области новейших компонентов холодильной техники.

Одну из главных позиций в области поставок занимает теплообменное оборудование фирмы "Альфа Лаваль". Прежде всего это воздухоохладители (потолочные, компактные, плоские и кубические), конденсаторы, пластинчатые теплообменники и охладители жидкости.

Среди всего разнообразия реализуемого оборудования можно особо отметить воздушные конденсаторы и охладители жидкости модельной линии Alfa Green, которые характеризуются пониженным уровнем шумового давления, компактностью исполнения и высоким коэффициентом полезного действия. Данная серия оборудования (ACS, ACD, ACV) наиболее рационально и максимально точно соответствует требованиям, предъявляемым к системам большой производительности.

К настоящему времени модернизирована хорошо известная серия компактных воздухоохладителей ACCS, LCS с диапазоном холодопроизводительности 10...400 кВт, отличающаяся теперь высокоэффективным теплообменом и малым объемом хладагента. В воздухоохладителях применяются однофазные и трехфазные вентиляторы с внешним ротором и термозащитой от перегрузки в соответствии с классом защиты IP 54. Низкий уровень шума электродвигателей вентиляторов в сочетании с меньшей турбулизацией потока воздуха (благодаря измененной геометрии воздухоподводящего сопла на корпусе аппарата) позволяет снизить уровень шума на 4 дБ по сравнению с прежним решением. Достигнуто однородное распределение воздуха на поверхности теплообмена, а потребление электроэнергии ниже, чем у аналогичного оборудования, не менее чем на 20 %. Все перечисленные характеристики и преимущества модельной линии AlfaGreen подтверждены испытаниями не только в собственных лабораторных центрах компании "Альфа Лаваль", но и в независимых сертификационных центрах.

Пластинчатые паяные теплообменники "HP серии", рассчитанные на высокие давления, предназначены для работы на CO_2. Данные аппараты специально разработаны для холодильных машин с рабочими давлениями 45...49 бар. Они используются в качестве испарителей или конденсаторов холодильной машины, а также как составная часть тепловых насосов. При этом возможно применение теплообменников в режимах повышенной циклической нагрузки по давлению.

Таким образом, теплообменное оборудование, предлагаемое ООО "Эйркул" на российский рынок, всегда максимально соответствует потребностям заказчиков, позволяя оптимизировать режимы эксплуатации и контроля.

Воздушные охладители жидкости и конденсаторы сегодня находят широкое применение в промышленных системах холодоснабжения и в системах центрального кондиционирования воздуха со сбросом низкопотенциального тепла и тепла конденсации в окружающую среду. В технологических процессах, где требуется круглогодичное охлаждение жидкостей, применение воздушных охладителей с использованием естественного холода атмосферного воздуха позволяет значительно оптимизировать процесс охлаждения.

Фирма "Эйркул" особое внимание уделяет поставкам воздухоохладителей промышленной серии Air Max. Воздушные теплообменники данной серии холодопроизводительностью до 170 кВт используются при оснащении технологических камер охлаждения и замораживания.

Вся продукция фирмы "Альфа Лаваль" выполнена в соответствии со стандартом качества ISO 9001 и программой сертификации EUROVENT CERTIFY ALL.

ООО "Эйркул" – дистрибьютор оборудования "Альфа Лаваль" – может предложить гамму продукции как для аммиачных, так и для фреоновых промышленных систем холодоснабжения.

Постоянное наличие широкого ассортимента теплообменного оборудования "Альфа Лаваль" дает возможность ООО "Эйркул" максимально удовлетворять запросы своих клиентов. Строгое выполнение договорных и гарантийных обязательств, большой ассортимент предлагаемого оборудования, высокое качество оказываемых услуг, богатый и серьезный опыт работы – все это, как и наличие надежных партнеров, позволяет ей десятый год удерживать лидирующие позиции на рынке России.

ООО «Эйркул»
191123, Санкт-Петербург,
ул. Шпалерная, 32–6Н
Тел.: +7 (812) 279-9876, 327-3821
Факс: +7 (812) 327-3345
E-mail: info@aircool.ru
www.aircool.ru

Победа за нами

SHK Moscow–2004
Экспоцентр Москва
24–27 мая
павильон №7, зал №5
стенд №7С21

Представляем AlfaNova.

Перед Вами новый теплообменный аппарат компании Альфа Лаваль. Он создан на базе инновационной технологии пайки пластин AlfaFusion. Значительным преимуществом данной модели является то, что она полностью выполнена из нержавеющей стали. Это безусловное технологическое достижение, способное сделать вашу жизнь легче даже тогда, когда ее условия становятся невыносимыми для традиционных кожухотрубных теплообменников.

AlfaNova – универсальный аппарат, идеально соответствующий требованиям холодильных систем с применением аммиака. Изготовленный полностью из нержавеющей стали, AlfaNova обладает высокой коррозионной стойкостью и удобством эксплуатации. Аппарат работает с применением водопроводной воды и отвечает всем санитарно-гигиеническим требованиям. Теплообменник AlfaNova рассчитан на высокие давления и способен выдерживать температуру до 550 °С. Его отличительной особенностью является повышенная сопротивляемость усталостным нагрузкам.

Области применения AlfaNova полностью совпадают с возможными применениями кожухотрубных теплообменников, при этом превосходя их в рабочих характеристиках. Размеры AlfaNova составляют всего одну вторую, а иногда и одну четвертую от размеров традиционного аппарата при в 10 раз меньшей площади занимаемой поверхности.

AlfaNova – это уникальная идея от Альфа Лаваль, способная вывести ваш бизнес на новую орбиту.

Для получения дополнительной информации обратитесь в офис компании ОАО «Альфа Лаваль Поток» или посетите наш сайт www.alfalaval.ru.

ОАО Альфа Лаваль Поток
Россия, Московская обл.
141070 г. Королёв, ул. Советская, 73
Тел.: +7 095 232 1250
Факс: +7 095 232 2573
www.alfalaval.ru

www.alfalaval.com

Контроллеры производительности «Данфосс» – отличный выбор

Компания «Данфосс» располагает широкой гаммой устройств управления компрессорно-конденсаторными агрегатами для торгового, коммерческого и промышленного холода. Данная статья знакомит читателя с модельным рядом и отличительными особенностями предлагаемых контроллеров производительности.

EKC 331T (рис. 1) является наиболее простым и универсальным устройством. Он имеет четыре выходных реле, которые могут быть использованы для управления компрессорами и вентиляторами конденсатора/маслоохладителя/сухого охладителя. В качестве источника сигнала обратной связи могут быть использованы датчики как давления, так и температуры. Применение датчиков температуры для контроля работы компрессоров целесообразно при управлении чиллерами. При контроле работы вентиляторов датчики температуры используются для управления сухим охладителем, маслоохладителем. Отличительной особенностью контроллера является возможность управления двумя компрессорами с двумя ступенями производительности каждый.

Рис. 1. EKC 331T и пример его применения

EKC 531D (рис. 2). Разработчикам была поставлена задача – создать недорогой и в то же время универсальный контроллер, отвечающий всем современным требованиям, предъявляемым производителями коммерческого и промышленного холодильного оборудования.

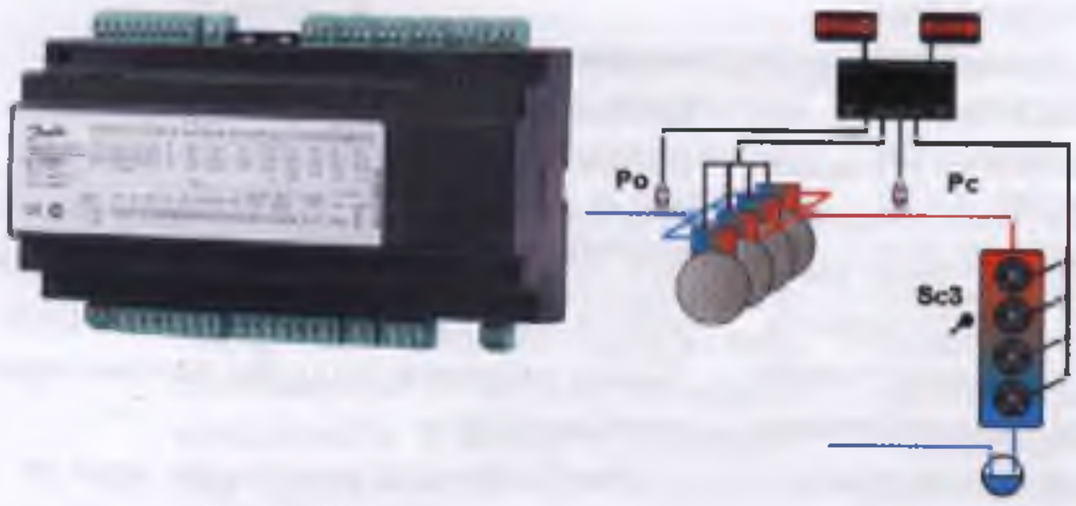


Рис. 2. EKC 531D и пример его применения

Управление компрессорами и вентиляторами конденсатора может осуществляться как по давлению, так и по температуре. К отличительным особенностям контроллера можно отнести:

- возможность управления компрессорами с различной производительностью, разными комбинациями компрессоров с изменяемой производительностью;
- наличие функций оптимизации давления всасывания и «плавающего» давления конденсации;
- возможность бесступенчатого управления вентиляторами конденсатора/сухого охладителя.

Контроллер имеет десять релейных и один аналоговый выход 0–10 В. Заводские настройки предусматривают использование восьми релейных выходов для управления компрессорами и вентиляторами конденсаторов, одного выхода для функции AKC ON и одного выхода как реле аварийной сигнализации. При необходимости аварийный выход и выход AKC ON можно переконфигурировать для управления вентиляторами.

В случае если имеющихся в контроллере выходов недостаточно, то при помощи аналогового выхода 0–10 В можно подключить один или два контроллера EKC 331T, работающих как релейные модули, и тем самым получить дополнительно четыре или восемь ступеней регулирования производительности конденсатора (рис. 3). Для бесступенчатого управления производительностью конденсатора сигнал с аналогового выхода подается на частотный преобразователь, что позволяет осуществлять точное поддержание давления/температуры конденсации и существенно снизить энергопотребление вентиляторов (рис. 4).

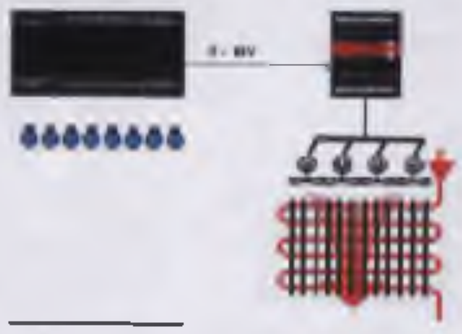


Рис. 3. Совместная работа EKC 531D и EKC331T в качестве модуля расширения

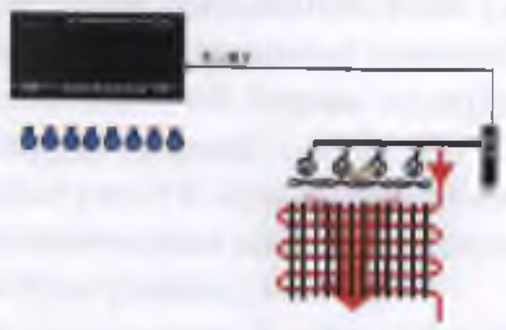


Рис. 4. Использование частотного преобразователя AKD для управления производительностью конденсатора

Контроллер имеет восемь входов для контроля контуров безопасности компрессоров. Кроме того, для получения дополнительной информации используется пять цифровых входов и три датчика температуры. Два цифровых входа могут быть запрограммированы для ручного смещения уставки давлений всасывания и конденсации.

EKC 531D монтируется на DIN-рейку, информация о режимах работы отображается на двух выносных светодиодных дисплеях, один из которых снабжен кнопками для настройки и управления.

Регулирование производительности компрессоров осуществляется по принципу «нейтральной зоны». Управление вентиляторами производится по пропорционально-интегральному (PI) либо только пропорциональному (P) закону.

Контроллером поддерживаются функции оптимизации давления кипения и «плавающего» давления конденсации.

AK2-PC 301A – первый из ряда контроллеров, выполненных на абсолютно новой платформе AK2 (рис. 5).

Рис. 5. Контроллер AK2

В основу разработки заложен модульный принцип – к главному модулю при необходимости добавляются дополнительные блоки входов/выходов для получения требуемой конфигурации.

Базовый модуль контроллера имеет восемь универсальных низковольтных входов, восемь релейных выходов, имеющих светодиодную индикацию, а два аналоговых выхода могут быть

добавлены при необходимости. Устройство может управлять системой из двух независимых центральных машин (рис. 6).

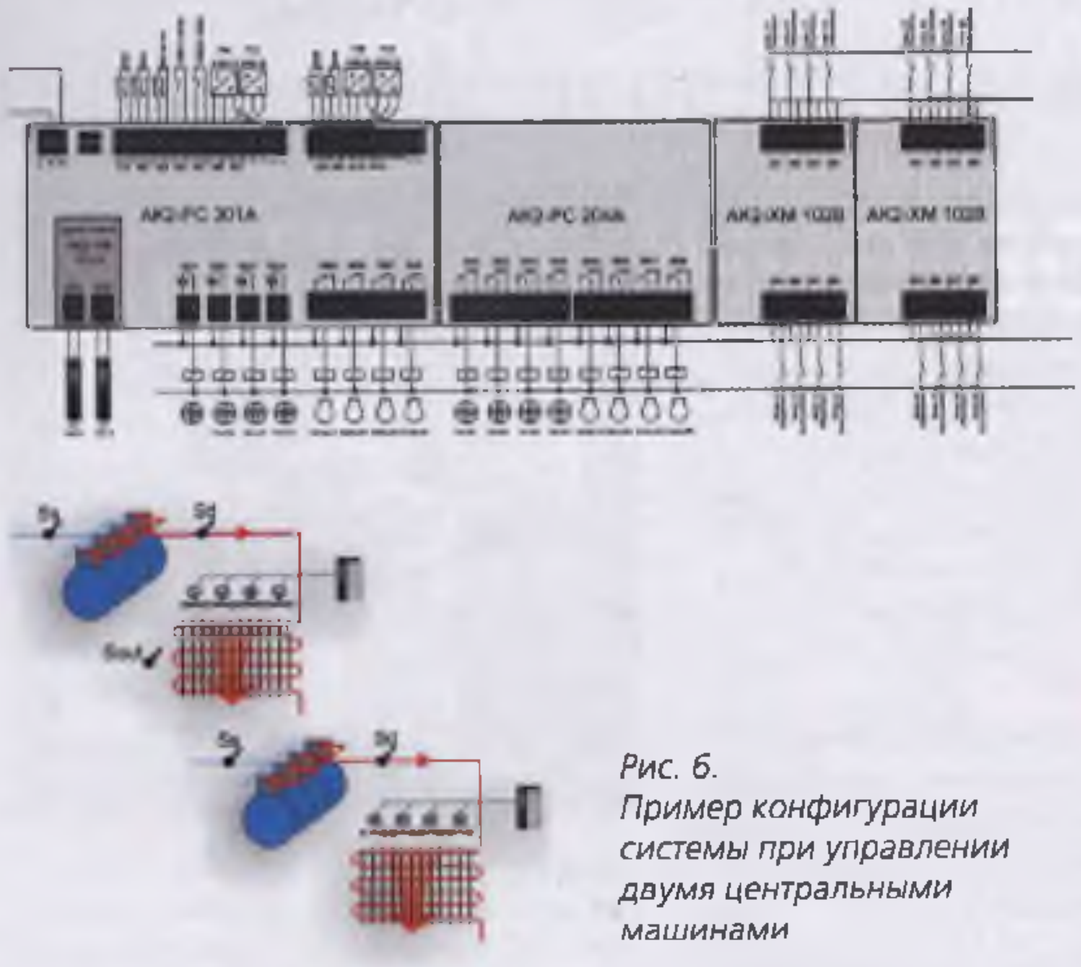


Рис. 6.
Пример конфигурации системы при управлении двумя центральными машинами

В случае если входов/выходов базового модуля недостаточно, то можно добавить необходимое число расширительных модулей и довести общее количество входов/выходов до 80.

В AK2 заложена возможность быстрой замены базового (входов/выходов) модуля без замены процессорного блока. Процессорный блок контроллера легко снимается, и пользователь получает доступ к релейной части. При этом каждый релейный выход имеет индивидуальный и легко доступный предохранитель.

Дополнительные индивидуальные переключатели позволяют перевести управление выходными реле из автоматического режима в ручной, что облегчает работу с установкой во время пуска и сервисного обслуживания. Пользователям предлагается широкая гамма расширительных модулей.

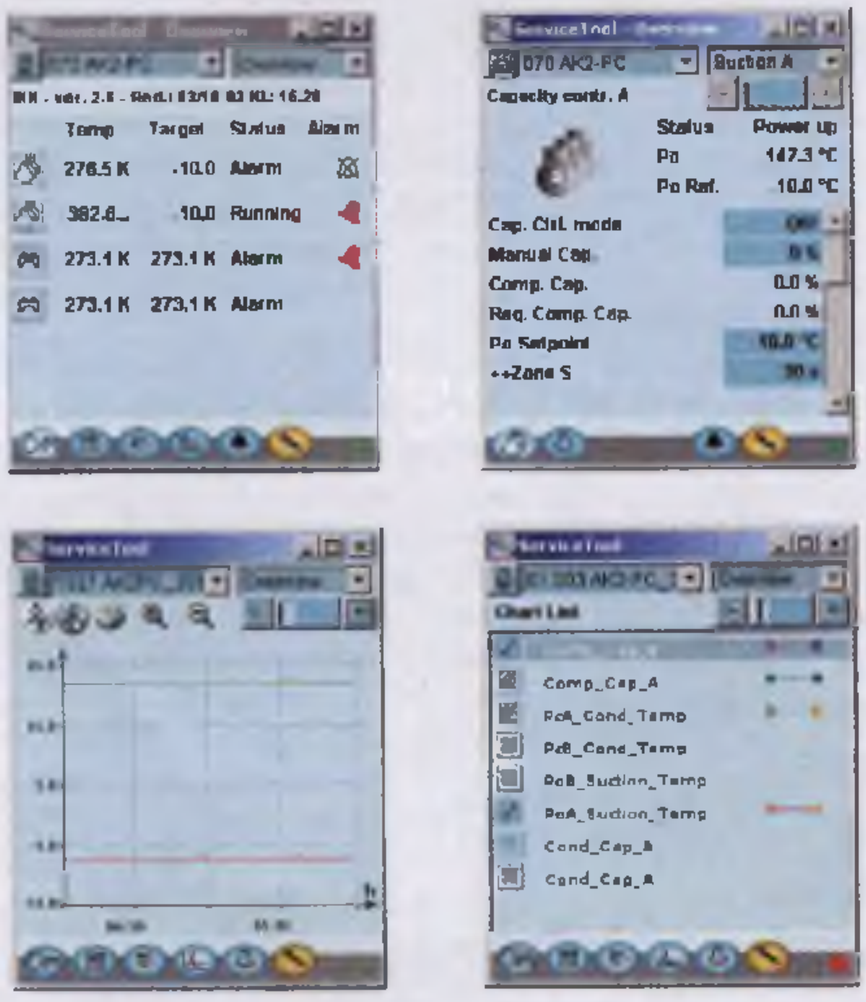
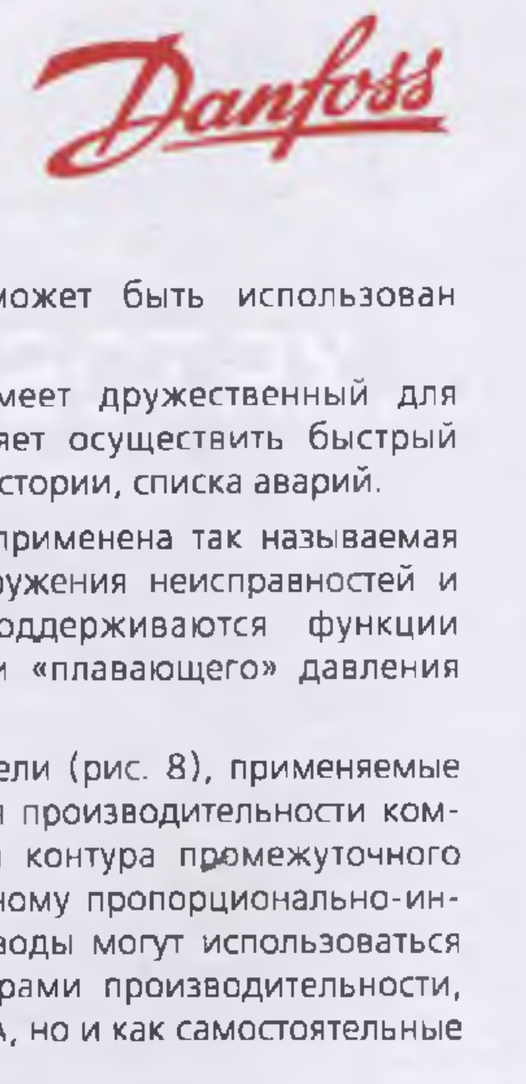


Рис. 7. Примеры показаний программатора AK2



В качестве программатора может быть использован карманный ПК (рис. 7).

Программное обеспечение имеет дружественный для пользователя интерфейс, позволяет осуществить быстрый просмотр рабочих параметров, их истории, списка аварий.

В AK2-PC 301A впервые была применена так называемая «система интеллектуального обнаружения неисправностей и диагностики». Контроллером поддерживаются функции оптимизации давления кипения и «плавающего» давления конденсации.

AKD – частотные преобразователи (рис. 8), применяемые для бесступенчатого регулирования производительности компрессоров, вентиляторов, насосов контура промежуточного хладоносителя. Благодаря встроенному пропорционально-интегральному (PI) контроллеру приводы могут использоваться не только совместно с контроллерами производительности, такими, как EKC 531D и AK2-PC 301A, но и как самостоятельные устройства управления.

Рис. 8.
Частотный преобразователь AKD

Применение частотного регулирования для управления компрессорами позволяет точно поддерживать требуемое давление кипения, увеличить производительность регулируемого компрессора, уменьшить энергопотребление и число пусков/остановов. Функция плавного пуска существенно уменьшает пусковой ток и снижает механическую нагрузку на компрессор.

При частотном управлении вентиляторами конденсатора/маслоохладителя достигается высокая точность поддержания установленного давления/температуры, уменьшаются уровень шума и загрязнение рабочей поверхности теплообменника. Уменьшение частоты вращения вентилятора на 20% приводит к снижению энергопотребления на 50%, а при производительности 50% энергопотребление составляет всего 15% от номинала. Таким образом, даже при существующих ценах на электроэнергию применение AKD для управления вентиляторами экономически целесообразно.

Безусловно, все вышеперечисленные устройства могут быть легко интегрированы в систему управления ADAP-KOOL.

Высокая надежность в сочетании с разумной ценовой политикой делают контроллеры «Данфосс» отличным выбором для решения задач любой сложности.

Ю.Ю. Фетисов,
инженер отдела холодильной техники и кондиционирования

ЗАО «Данфосс»
127018, Москва,
ул. Полковая, 13
Тел.: (095) 792-5757
Факс: (095) 792-5760
E-mail: info@danfoss.ru
Internet: www.danfoss.ru

Филиал
194100, Санкт-Петербург,
Пироговская наб., д. 17, к. 1
Тел.: (812) 320-2099
Факс: (812) 327-8782
E-mail: Pavlov_V@danfoss.ru

Филиал
344006, Ростов-на-Дону,
проспект Соколова, 29,
офис 7
Тел.: (8632) 92-32-95
E-mail: Komarov@danfoss.ru

Филиал
620014, Екатеринбург,
ул. Антона Валека, 15,
офис 509
Тел.: (343) 365-8396
Факс: (343) 365-8385
E-mail: Holodov@danfoss.ru

Филиал
690087, Приморский край,
Владивосток,
ул. Котельникова, 2
Тел./факс: (4232) 20-45-10
E-mail: Yulerov@danfoss.ru

Филиал
630099, Новосибирск,
ул. Советская, 37,
офис 405
Тел./факс: (3832) 22-58-60
E-mail: Efimov@danfoss.ru

Технология ТЕРМОХРОН – новое слово в контроле режимов работы холодильной техники

Предлагаемая технология температурного мониторинга, основанная на применении электронных устройств ТЕРМОХРОН, может успешно использоваться для контроля температурного режима различных агрегатов холодильного и морозильного оборудования на всех этапах их испытаний и эксплуатации.

Несмотря на то что большинство современных холодильных систем снабжены собственной управляющей электроникой, в состав которой, безусловно, можно встроить и температурный самописец, такой подход не только не рекомендован, но, напротив, категорически запрещен любыми международными нормативами, которые требуют обязательной комплектации подобного оборудования независимыми температурными регистраторами.

ТЕРМОХРОН представляет собой цифровой термометр нового поколения, позволяющий в автоматическом режиме регистрировать значения температуры окружающей среды, измеренные через определенные, заранее заданные промежутки времени, и сохранять полученную информацию в собственной энергонезависимой памяти. Вся электронная "начинка" этого устройства – температурный датчик, часы, энергонезависимая память, элемент питания и схема управления – размещается в миниатюрном герметичном корпусе диаметром всего 17 мм, выполненном из нержавеющей стали. Этот тип корпуса широко известен как "домофонная таблетка" – простой, надежный электронный ключ, более 15 лет применяемый жильцами многоквартирных домов в России. Благодаря легкому и прочному металлическому корпусу (степень защиты – IP68) ТЕРМОХРОН не боится падений на бетонный или кафельный пол, воздействия воды, масла, кислот, грязи и электромагнитных полей. Таким образом, ТЕРМОХРОН представляет собой устойчивый практически к любым внешним воздействиям и агрессивным средам программируемый автономный "температурный магнитофон", фиксирующий температуру окружающей среды в течение заданного пользователем промежутка времени (в диапазоне от полутора суток до года) и не требующий для своей работы каких-либо проводов или энергии, так как емкости встроенной батареи хватает на 10 лет непрерывной эксплуатации устройства.

Устройства ТЕРМОХРОН позволяют полностью отказаться от громоздких, дорогостоящих и капризных в эксплуатации самописцев, в полном объеме выполняя их функции в условиях повышенных влажности и запыленности. Все параметры, определяющие алгоритм работы каждого устройства ТЕРМОХРОН, предварительно устанавливаются пользователем.

Устройства ТЕРМОХРОН могут применяться при испытаниях самой различной холодильной техники, например промышленных холодильных и морозильных камер, существенно упрощая процесс определения их теплоэнергетических параметров. По существующим стандартам температура внутри камер должна измеряться в нескольких точках и по возможности регистрироваться. Устройства ТЕРМОХРОН, установленные в различных частях камеры, будут работать автономно и регистрировать (при необходимости даже синхронно) температуру в течение периода, заданного пользователем. При этом не требуется выводить никаких проводов за пределы камеры, а, следовательно, снижается риск нарушения ее герметизации. По окончании цикла испытаний накопленную устройством информацию можно считать при помощи недорогого специализированного микропроцессорного прибора и затем перенести на персональный компьютер для дальнейшего анализа.

Также устройства ТЕРМОХРОН могут применяться в роли малоприметных неприхотливых "температурных шпионов" – средств конспиративного контроля режима работы сдаваемого в аренду холодильного оборудования. Установив такое устройство в контрольной точке, которая имеет характерную температуру и расположена непосредственно на корпусе арендуемого агрегата (например, на компрессоре), можно узнать всю "температурную историю" его эксплуатации арендатором. Данные, накопленные устройством, невозможно подделать, поэтому можно быть уверенным, что полученная от ТЕРМОХРОНа информация – подлинная. Особо стоит отметить в этой связи тот факт, что устройства ТЕРМОХРОН зарегистрированы в Государственном реестре средств измерений Российской Федерации. Поэтому в случае возникновения у владельца каких-либо претензий к арендатору протокол работы устройства ТЕРМОХРОН может быть использован в качестве доказательства при разрешении конфликта в судебном порядке.

Сами по себе устройства ТЕРМОХРОН не являются полностью готовым к использованию продуктом. Для работы с ними необходимы специализированные аппаратно-программные средства поддержки, широкую номенклатуру которых на российском рынке предлагает Научно-техническая лаборатория "ЭлИн". Подробнейшую информацию об устройствах ТЕРМОХРОН и возможностях средств поддержки этих приборов можно получить в Интернете по адресу http://www.elin.ru/Thermochron.

Научно-техническая лаборатория "ЭлИн"
Тел. (095) 196 7965, 196 9502
E-mail: common@elin.ru

ПРОДАВЕЦ ХОЛОДА

Циркуляция компрессорного масла в холодильной установке

В.В. ШИШОВ,
главный инженер компании «Фармина»

Особенностью фреоновых холодильных систем является применение масел, взаимно растворимых с хладагентом, что позволяет решить проблему возврата масла из системы в картер компрессора без приборов автоматики. На участках трубопровода (линии всасывания и нагнетания), где хладагент/масло имеют разные агрегатные состояния (пар/жидкость), возможна задержка масла.

С предприятия-изготовителя компрессоры поставляются заполненными маслом. Как правило, этого количества масла недостаточно для нормальной работы системы, поэтому многие механики перед первым пуском в эксплуатацию масло доливают и контролируют его количество при пробных пусках по стеклу на картере компрессора.

Ориентировочно добавочный объем масла (сверх объема заполнения картера, маслоотделителя и т.д.) должен составлять ~ 3–5 % от количества хладагента (R22) в системе. При использовании полиэфирных масел с новыми хладагентами этот объем равен ~ 2–3 %.

Однако избыток масла может привести к повреждению деталей компрессоров из-за гидравлических ударов, а также к потере холодопроизводительности из-за скопления масла в испарителе.

В установках с одним компрессором при правильно подобранных трубопроводах возврат унесенного хладагентом масла в компрессор не составляет проблем. Задача решается укладкой трубопроводов с уклоном в сторону движения хладагента (~0,5%), правильным расположением компонентов системы (испаритель выше компрессора), использованием масляных петель или высокой скоростью движения (8–12 м/с) парообразного хладагента в вертикальных участках трубопровода .

Если длина вертикального трубопровода превышает 6 м, он должен быть разбит на участки длиной 4 м каждый с U-образными ловушками для масла. Ловушки делают максимально короткими, чтобы в системе не скапливалось масло.

Скорость газа во всасывающих трубопроводах системы непостоянна вследствие изменения числа работающих компрессоров при колебании тепловой нагрузки. Поэтому при любых нагрузках важно обеспечить гарантированный возврат масла в компрессор, что можно сделать применением двойного вертикального трубопровода.

Кроме того, желательно, чтобы возвращаемое масло равномерно и динамично распределялось между отдельными компрессорами в многокомпрессорных агрегатах.

Если возврат масла из маслоотделителя осуществляется во всасывающую трубу, то расстояние от этой точки до компрессора должно быть не менее 1 м.

Не рекомендуется смешивать масла разных марок, даже имеющих сходные технические характеристики, так как возможны непредсказуемые реакции различных (в том числе антифрикционных) добавок.

С появлением компрессоров, работающих с изменяющимися частотами вращения (например, VTZ фирмы Maneurop) следует обратить внимание на проблему возврата масла при минимальных частотах вращения. В системах кондиционирования воздуха ее решают периодическим переключением на максимальную частоту вращения вала компрессора.

В связи с опасностью образования кислоты при взаимодействии влаги с полиэфирным маслом, его следует ежегодно проверять на кислотность. Нельзя такое масло оставлять в открытой таре более 15 мин. Заменять масло рекомендуется после 20000...25000 ч работы компрессора.

FARMINA

Холодильная автоматика

Danfoss

Компрессоры и агрегаты

Danfoss

Maneurop
поршневые компрессоры

Performer
спиральные компрессоры

Blue Star
компрессорно-конденсаторные агрегаты

Компания «Фармина»
101000, Москва, Сретенский бульвар, 6/1
Тел.: (095) 926-83-82, 195-85-03
Факс: (095) 928-31-54
Internet: www.farmina.ru
E-mail: info@farmina.ru

Представительства:
г. Санкт-Петербург, тел.: (812) 534-10-49, 534-38-09
г. Екатеринбург (343) 339-95-70
г. Волгоград, тел.: (8442) 97-32-64, 97-86-28

Политехформ-М

115304, г.Москва, ул.Луганская, д.9
Телефоны: (095) 324-4205, 324-4265; факс: (095) 324-5205
E-mail: office@ptfm.ru; www.ptfm.ru

Одно из ведущих с 1992 года российских предприятий по разработке, производству, реализации и сервисному обслуживанию профессиональных многоканальных автоматизированных систем газового контроля и переносных сигнализаторов, профессиональных дозиметрических приборов, промышленной рентгеновской аппаратуры, приборов защиты человека от электромагнитных излучений.

Наши ведущие дилеры: Производственно-коммерческая фирма «ИКС» г. Смоленск, тел. (0812) 61-00-61; ООО «ЭКОПРИБОР» г. Москва, тел. 289-91-11; ООО «ЭДИСС» г. Москва, тел. 501-06-08; ООО «Промсервис» г. Пенза, тел.(8412) 33-00-48; ООО «Тонар» г. Краснодар, тел. (8612) 68-50-46.

Многоканальный газоанализатор-сигнализатор паров аммиака

СИГНАЛ-03А8

Информационный блок

New

Датчик в сборе и со снятой крышкой

Маркировка взрывозащиты: измерительный блок – ExibIIB, датчик – 1ExibdIIBT3. Степень защиты корпуса датчика от воздействия окружающей среды – IP54 по ГОСТ 14254-80.

- До 8 каналов контроля концентрации паров амииака в мг/м^3 по двухстрочному ЖКИ с подсветкой.
- Соединение информационного блока с датчиками по 3-х прводной экранированной линии связи длиной до 500 метров (сопротивление каждого провода не более 30 Ом).
- Звуковая и мнемоническая сигнализация, выдача сигнала «Авария» во внешнюю информационную цепь.
- Подача во внешние цепи сигналов типа «сухие контакты» при замыкании силового реле на трех уровнях загазованности аммиаком – всего 25 силовых реле (ток через контакты до 5А при напряжении до 280В).
- Сигнализация обрыва цепи питания датчика.
- Сигнализация начального разбаланса датчика свыше основной погрешности.
- Передача информации в центральный компьютер по интерфейсу RS485/RS422 со скоростью 19200 бод.
- Возможность подключения к информационному блоку через интерфейс RS232 информационного табло типа «бегущая строка».
- Помехозащищенность.

Основные технические характеристики

Пределы измерения концентрации аммиака, мг/ м^3	0...1000
Порог срабатывания аварийной сигнализации, мг/ м^3	60
Пороги сигнализации, мг/ м^3	
1 уровень – предупредительный	20
2 уровень – аварийный	60
3 уровень – утрожающий	300
Основная погрешность в диапазоне концентрации аммиака от 20 до 500 мг/ м^3 ,%	25
Число датчиков, шт.	1...8
Время срабатывания сигнализации, с., не более	8
Максимальное расстояние между информационным блоком и выносными датчиками, м	500
Габаритные размеры, мм, (масса, кг.):	
– информационного блока	100x218x240 (2,4)
– датчика	92x128x48 (0,2)
Срок службы	не менее 10 лет

Сигнализатор-течеискатель паров аммиака

СИГНАЛ-02А

New

Назначение: Поиск, обнаружение и измерение паров аммиака в атмосферном воздухе и выдача аварийной сигнализации, предупреждающей об аварийной концентрации на контролируемых объектах.

Маркировка взрывозащиты: 1ExibdIIBT4

- Линейная светодиодная шкала сигнализатора.
- Линейная светодиодная шкала течеискателя.
- Наличие удлинительного кабеля для датчика от 6 до 20 метров.
- Звуковая сигнализация.
- Высокая чувствительность и точность.
- Прочный металлический корпус.

Основные технические характеристики

Диапазон измерений для паров аммиака, мг/м^3	
Режим сигнализатора	0...100
Режим течеискателя	0...25
Порог срабатывания аварийной сигнализации для паров аммиака, мг/м^3	60
Предел допустимой относительной погрешности	20%
Время срабатывания сигнализации, с., не более	10
Время прогрева сенсора, с. , не более	100
Максимальная потребляемая мощность, Вт., не более	0,7
Время непрерывной работы без перезарядки аккумуляторов, ч	9
Габаритные размеры, мм. (масса, кг.)	194x92x36 (0,55)
Срок службы	не менее 10 лет

УДК 621.565:001.92

ТРЕНАЖЕР «АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ФРЕОНОВАЯ ХОЛОДИЛЬНАЯ УСТАНОВКА»

Б. И. ОЛЕЙНИКОВ
"ТРАНЗАС – электронные технологии", С.-Петербург
В. В. ОЛЕЙНИК, Е. Н. ИГНАТЕНКО
Дальрыбвтуз, Владивосток

A complex of computer simulators (refrigerating installation) developed by the company Transac together with Dalrybvtuz is designed for study of operation principle and control of refrigerating installations under different operating conditions and with different consumers. Simulators «refrigerating installation of provision stores» and «automatic refrigerating installation of air conditioning system» are considered in detail.

Компания "ТРАНЗАС" совместно с Дальневосточным государственным техническим рыбохозяйственным университетом (Дальрыбвтуз) разрабатывает компьютерный тренажерный комплекс "Холодильная установка" из нескольких модулей (тренажеров), включающих холодильные машины и разные группы потребителей (морозильные аппараты, охлаждаемые помещения, бункера предварительного охлаждения, льдогенераторы, системы кондиционирования воздуха), использующих различные хладагенты, системы охлаждения и подачи хладагента. Каждый тренажер может работать как автономно, так и в комплексе, составляющем единую холодильную установку.

Тренажеры предназначены для изучения состава, принципа действия и регулировки холодильных установок, а также для приобретения навыков управления ими в нормальных условиях эксплуатации и при возникновении неисправностей и аварийных ситуаций в их работе.

Состав аппаратных средств для организации работы тренажера представлен на рис. 1.

Программное обеспечение (ПО) тренажеров состоит из ПО рабочего места инструктора (преподавателя) и ПО рабочих мест обучаемых (от 1 до 12).

Тренажеры позволяют проводить индивидуальное обучение, обучение группы, тренинг команды и могут работать как в сетевом режиме, так и автономно.

Кроме того, в каждом тренажере имеется встроенная автоматическая система оценки деятельности обучаемого.

Тренажер может быть дополнен презентационной техникой (проектор, экран и др.) для проведения лекций, практических занятий, разбора выполненных упражнений и т.п. с большими группами обучающихся.

По желанию заказчиков тренажеры могут быть дополнены муляжами реальных панелей управления агрегатами установки.

Ниже более подробно рассмотрены два тренажера: "Автоматизированная холодильная установка провизионных кладовых" и "Автоматизированная холодильная установка системы кондиционирования воздуха".

В тренажере "Холодильная установка провизионных кладовых" (рис.2) моделируется установка, предназначенная для создания и длительного поддержания требуемого температурного режима в двух группах провизионных кладовых с различными температурными условиями хранения. Одна группа – три провизионные кладовые для хранения замороженой продукции: Butter (хранение масла при температуре –2 °С), Meat (хранение мяса при –15 °С) и Fish (хранение рыбы при –15 °С). Вторая группа – три провизионные кладовые для хранения охлажденной продукции: Fruit (хранение фруктов при 2 °С), Vegetables (хранение овощей при 2 °С), Dry

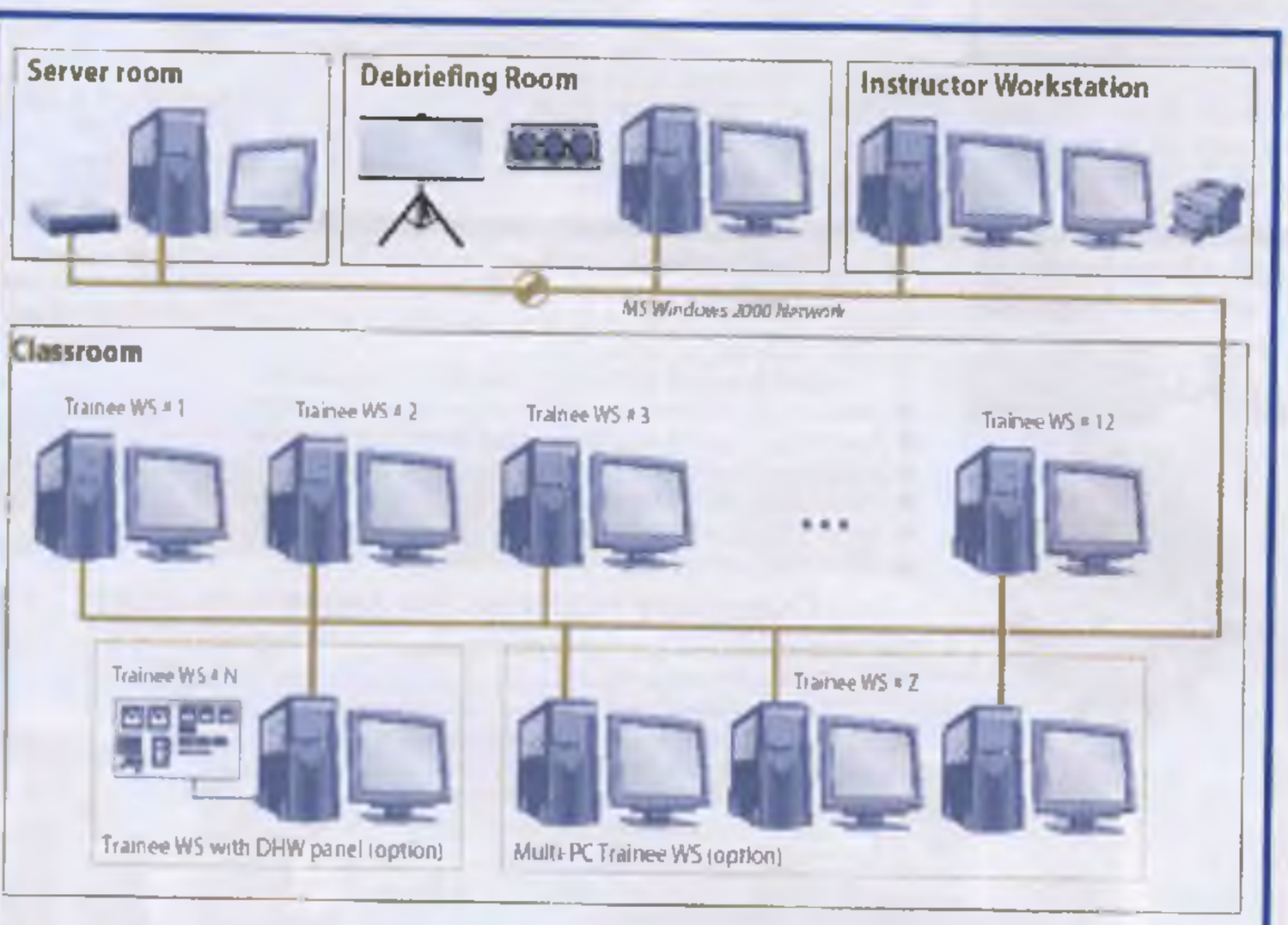


Рис. 1. Структура аппаратного комплекса тренажера

prov (хранение сухой провизии при 8 °С).

Основным хладагентом выбран R134a, предусмотрена возможность перехода на R401b.

Холодильная установка состоит из двух холодильных машин, работающих каждая на свою группу потребителей. При этом холодопроизводительность каждой холодильной машины достаточна для обслуживания в случае необходимости обеих групп кладовых, для чего в системе предусмотрены газовый и жидкостный соединительные трубопроводы с отсечными клапанами (кнопка управления отсечными клапанами находится в правом верхнем углу мнемосхемы).

В состав каждой из двух холодильных машин входят: бессальниковый поршневой компрессор; кожухотрубный конденсатор; фильт-осушитель с индикатором влажности; три воздухоохладителя (по числу охлаждаемых помещений); трубопроводы, запорная и регулирующая арматура, приборы автоматического управления и защиты. Управление работой холодильных машин и индикация параметров хладагента, воды, воздуха в охлаждаемых помещениях осуществляются с помощью панели управления, расположенной справа от мнемосхемы.

Панель управления состоит из трех блоков: блока управления подачей охлаждающей воды; блока контроля и управления компрессорами (переключение панели управления на приборы компрессоров № 1 или № 2 осуществляется путем нажатия на соответствующую кнопку); блока контроля и управления провизионными кладовыми (получение информации по каждой кладовой достигается путем нажатия соответствующей кнопки). Кроме того, предусмотрена возможность настройки уставок температурного режима в каждой кладовой в требуемых пределах и удаления «снеговой шубы» вручную или автоматически (заданием периода времени включения устройства оттайки).

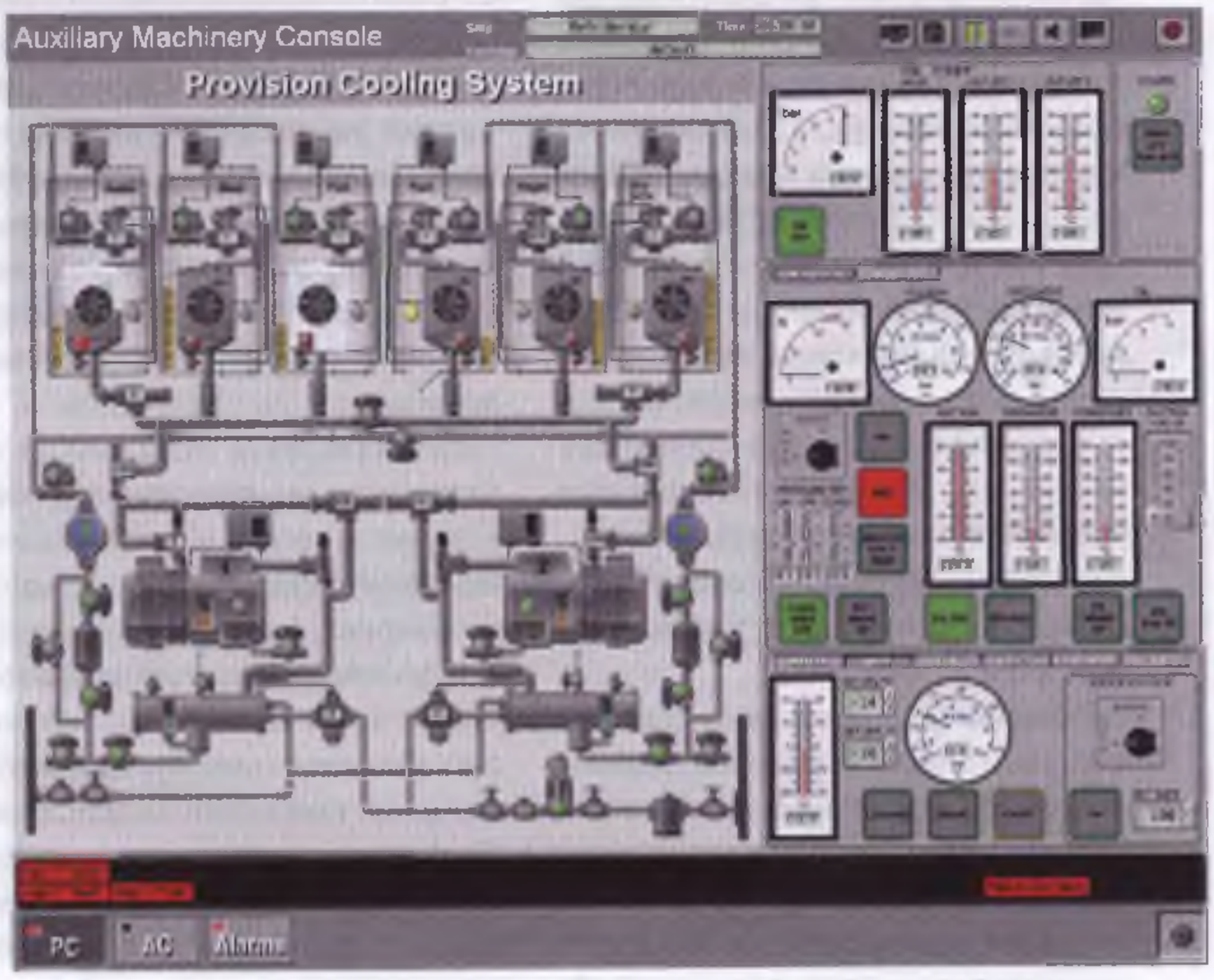


Рис. 2. Рабочее место обучаемого: мнемосхема и панель управления холодильной установкой провизионных кладовых

Загрузка кладовых известным количеством груза с заданной температурой, а также их выгрузка, могут осуществляться как инструктором, так и обучаемым по заданию инструктора. При работе установки учитывается теплоприток в охлаждаемые помещения через неплотности изоляции, при открывании дверей и загрузке продуктов, от хранящихся продуктов, освещения и вентиляции.

Органы управления в тренажере используются те же, что и в реальной установке, управление ручное и автоматическое. В 84 точках осуществляются индикация или контроль параметров.

Изображенный на рис. 2 экран компьютера тренажера холодильной установки провизионных кладовых соответствует работе установки в автоматическом режиме: зеленые лампочки указывают, какие механизмы работают и какие клапаны открыты. Зеленый цвет указывает также, что уровни хладагента и масла находятся в пределах нормы, а управляющие кнопки – в активном состоянии. В кладовой для хранения рыбы отмечено наличие «снеговой шубы», а в кладовой для хранения масла идет оттайка (горит красная лампочка, и сработала сигнализация о превышении температуры в этой кладовой – красный прямоугольник в левой нижней части экрана). Все кладовые загружены продукцией, а в кладовой для фруктов идет погрузка-выгрузка продукции: открыта дверь, горит свет в помещении (желтая лампочка) и сработала сигнализация о том, что в этом помещении находятся люди (красный прямоугольник в правой нижней части экрана). На панели управления компрессорами показаны параметры, характеризующие работу компрессора № 1. На панели управления провизионными кладовыми даны параметры, характеризующие состояние кладовой для хранения масла (Butter).

В тренажере "Автоматизированная холодильная установка системы кондиционирования воздуха" (рис. 3) моделируется установка, предназначенная для обеспе-

чения комфортных условий в жилых помещениях.

В тренажере принята центральная прямоточная двухканальная высоконапорная система кондиционирования. В состав кондиционера входят: центробежный прямоточный вентилятор с электродвигателем и воздушным фильтром, обеспечивающий подачу воздуха через кондиционер к местным регуляторам в помещениях; паровое увлажняющее устройство; каплеуловитель; воздухоохладители первой и второй ступеней; паровые регулирующие и запорные клапаны.

Холодильная машина состоит из поршневого многоцилиндрового компрессора с автоматическим регулированием производительности; маслоотделителя; кожухотрубного конденсатора; ресивера; фильтра-осушителя; воздухоохладителей; трубопроводов, запорной и регулирующей арматуры, приборов управления и автоматической защиты. Хладагентом выбран R22.

Управление работой кондиционера и холодильной машины, а также индикация параметров состояния хладагента, воды, воздуха в помещениях осуществляются с помощью панели управления, расположенной справа от мнемосхемы.

Панель управления включает три блока: блок контроля и управления кондиционером; блок управления подачей охлаждающей воды; блок контроля и управления компрессором. При работе установки можно подбирать желаемые условия в помещениях с помощью регуляторов (cabin 1,2,3,4.)

Органы управления предусмотрены те же, что и в реальной установке. Установка управляется вручную и автоматически в двух основных режимах: летнем и зимнем (отключается холодильная машина). Предусмотрена подача воздуха в помещение с помощью вентилятора в переходном режиме. Параметры контролируются и индицируются в 49 точках.

Изображенный на рис. 3 экран компьютера тренажера соответствует работе холодильной установки системы кондиционирования воздуха в летнем режиме при автоматическом управлении: зеленые лампочки указывают, что механизмы и устройства работают, клапаны открыты, управляющие кнопки находятся в активном состоянии, уровни масла и хладагента – в пределах нормы.

Температура в помещениях одинакова, но по желанию она может устанавливаться индивидуально в каждом помещении с помощью регуляторов.

В рассматриваемых тренажерах предусмотрена световая и звуковая сигнализация (рис. 4), которая срабатывает при опасных или нерекомендуемых значениях определенных контролируемых параметров, а именно: при высокой температуре охлаждаемых помещений (на 3 °С выше заданной), высоких давлении и температуре нагнетания, низких давлении всасывания и давлении смазочного масла компрессоров, низком уровне смазочного масла в картерах компрессоров, низком давлении на нагнетании насоса охлаждающей воды, а также при закрытом магистральном соленоидном вентиле при включенном освещении в охлаждаемом помещении, при закрытых парорегулирующих вентилях.

Остановка компрессоров (Shut Down) производится при достижении предельно допустимых повышения давления и температуры на нагнетании, понижения давления на всасывании компрессора, понижения давления смазочного масла компрессора, а также при прекращении тока воды в системе охлаждения конденсатора или компрессора (с задержкой по времени в 5 с), при отключении насоса охлаждающей воды, при недопустимом превышении тока. Кроме того, предусмотрены блокировка закрытия дверей в охлаждаемом помещении при включенном освещении и защита аппаратов высокого давления (конденсаторов и ресивера) посредством предохранительных клапанов.

При остановке компрессора вследствие неисправности отключается автоматика управления компрессором, закрывается магистральный соленоидный вентиль. Последующее включение компрессора возможно только вручную (при этом необходимо сначала открыть магистральный соленоидный

Рис. 3. Рабочее место обучаемого: мнемосхема и панель управления тренажером холодильной установки системы кондиционирования воздуха

вентиль). При попытке пуска компрессора при закрытом магистральном соленоидном вентиле снова сработает Shut Down. Включение автоматики возможно только после пуска компрессора в ручном режиме.

В тренажерных установках моделируются наиболее часто встречающиеся неисправности: отключение электропитания, утечка хладагента из системы, поломка одного из компрессоров, поломка реле температуры морозильной камеры, нарастание «снежной шубы» на испарителе морозильной камеры, поломка вентилятора кондиционера, скопление воздуха в контуре хладагента, загрязнение конденсатора со стороны охлаждающей воды, загрязнение терморегулирующего вентиля (влага, механические примеси), отсутствие перепуска масла (сломался соленоид, реле температуры), поломка паррегулятора, засорение воздушного фильтра вентилятора кондиционера, влажный ход компрессора.

Процесс обучения на тренажере организует инструктор. Его рабочее место оборудуется двумя дисплеями (желательно): на одном дисплее (Slave Monitor) высвечивается картинка, повторяющая картинку вызванного места обучаемого; на втором (основном) экране выводится информация о состоянии тренажера (рис. 5), используя которую, инструктор проводит занятия в различных режимах:

➢ Режим «Edit» служит для создания (выбора) упражнений, их просмотра, редактирования и сохранения.

В этом режиме инструктор может:

• загрузить и просмотреть начальную ситуацию и сценарий выбранного упражнения;

• отредактировать сценарий и сохранить упражнение под тем же или другим именем;

• проиграть упражнение и сохранить получившуюся ситуацию как новое упражнение;

• перевести один или несколько компьютеров в режим Briefing (режим демонстрации обучаемым выполнения упражнения. Управление производится только инструктором, для обучаемого кнопки управления недоступны).

➢ Режим "Online class" служит для контроля за выполнением упражнения обучаемыми.

В этом режиме инструктор может:

• назначить упражнение на один или несколько компьютеров;

• приостанавливать, продолжать упражнение для выбранного обучаемого или всего класса;

• включать, выключать запись выполнения упражнения для выбранного обучаемого или всего класса;

• осуществлять ввод неисправностей и редактирование параметров работы модели в процессе тренинга;

• корректировать сценарий для выбранного обучаемого (вводить неисправности с назначением времени).

➢ Режим "Debriefing" служит для просмотра записей выполнения упражнений обучаемыми (пленок).

В этом режиме инструктор может:

• загрузить и просмотреть пленку;

• назначить просмотр пленки на один или несколько компьютеров;

• записать выбранную ситуацию как начальную ситуацию упражнения.

Одна из функций тренажера позволяет записывать изменения параметров во времени с возможностью последующего анализа.

Информация о введенных неисправностях фиксируется инструктором, но на экраны обучаемого не выводится. При необходимости инструктор, обучая распознавать неисправность, сообщает о ней обучаемому и затем в режиме "Briefing" поясняет, как и по изменению каких параметров нужно определять наличие неисправности.

Математическая модель тренажера реагирует на каждую введенную неисправность, выдавая соответствующие значения параметров на контрольно-измерительные приборы. Используя показания приборов, обучаемый учится распознавать неисправности.

В тренажерах холодильных установок провизионных кладовых и си-

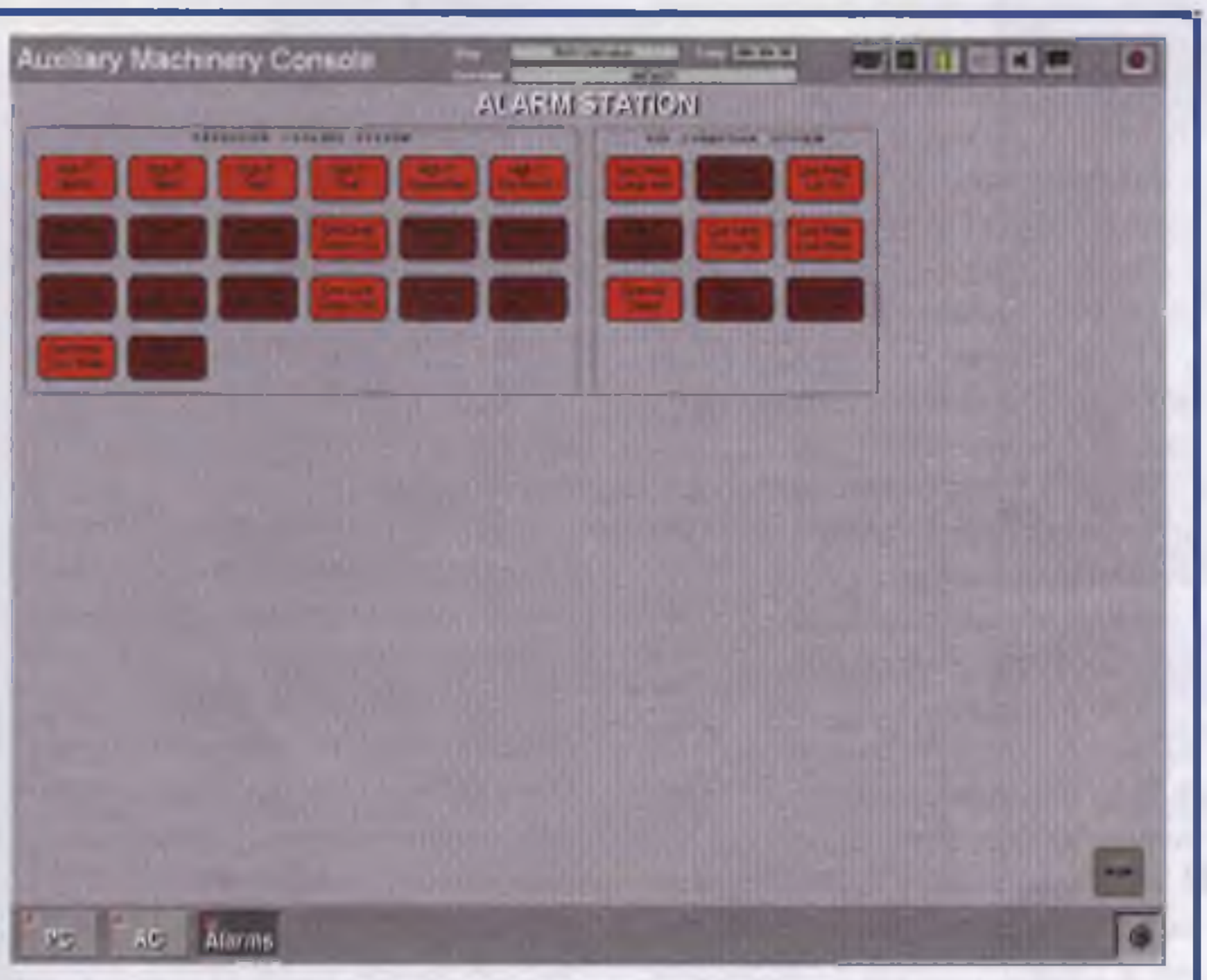


Рис. 4. Рабочее место обучаемого: вид панели аварийно-предупредительной сигнализации

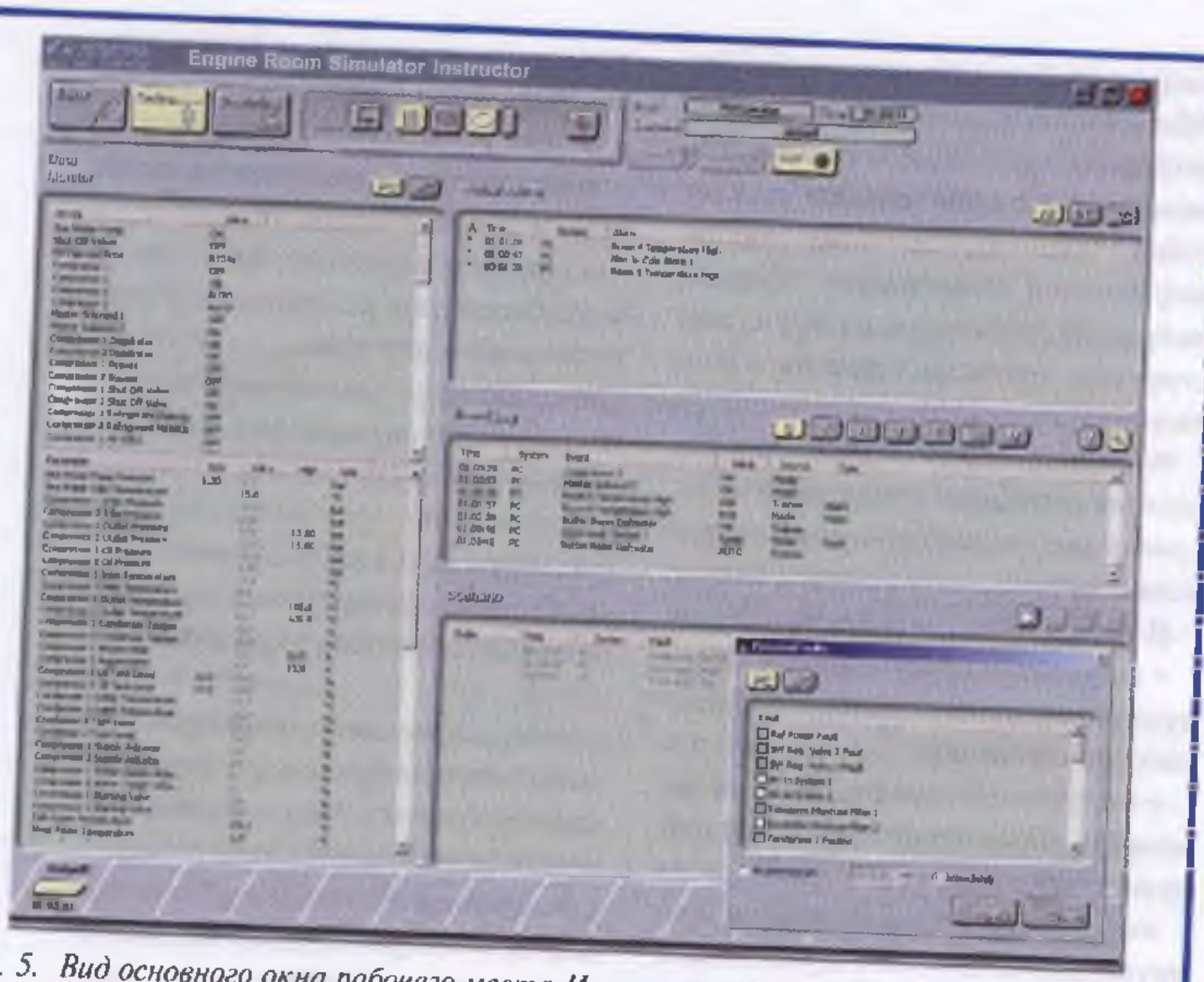


Рис. 5. Вид основного окна рабочего места Инструктора

стемы кондиционирования воздуха моделируются следующие процессы:

- течение жидкости и (или) газа по разветвленному трубопроводу;
- теплообмен между двумя средами в проточном теплообменнике кожухотрубного или пластинчатого типа и теплообмен при наличии теплопритока извне;
- испарение и конденсация хладагента;
- работа механизмов и устройств (компрессоры, насосы, вентиляторы, клапаны);
- работа органов управления в ручном и автоматическом режимах.

Программа математической модели составлена так, что при введении управляющих воздействий выдает рассчитываемые параметры в зависимости от времени и граничных условий. Программа математической модели вызывается из программы тренажера с определенным шагом (0,5 с или 1 с), но расчет идет с меньшим шагом, необходимым для достижения требуемой точности и устойчивости решения.

Тренажеры разработаны в соответствии с требованиями государственных образовательных стандартов.

Высшее профессиональное образование по специальностям:

070200 «Техника и физика низких температур»;

101700 «Холодильная, криогенная техника и кондиционирование»;

230100 «Эксплуатация и обслуживание транспортных и технологических машин и оборудования (в пищевой и перерабатывающей промышленности)»;

240500 «Эксплуатация судовых энергетических установок».

Среднее профессиональное образование по специальностям:

1711 «Монтаж, эксплуатация и ремонт холодильно-компрессорных машин и установок»;

2409 «Эксплуатация транспортных энергетических установок (на водном транспорте)».

Начальное профессиональное образование по специальностям:

30.15 «Механик маломерного судна»;

30.16 «Моторист (машинист) рефрижераторных установок».

Тренажеры могут быть использованы как для обучения студентов, так и для подготовки и переподготовки специалистов, занимающихся эксплуатацией холодильных установок, с целью повышения их квалификации и контроля уровня подготовки.

В соответствии с требованиями Международной конвенции ПДНВ78/95 и Типового курса IMO в отношении машинной команды на тренажерах могут проходить подготовку также судовые механики.

На тренажерах, находившихся в опытной эксплуатации в течение трех семестров, прошли обучение свыше 250 студентов и специалистов. Отзывы преподавателей, студентов и производственников положительные.

По заключению специалистов Международной академии холода предлагаемые тренажеры «Автоматизированная холодильная установка провизионных кладовых» и «Автоматизированная холодильная установка системы кондиционирования воздуха» имеют следующие основные достоинства:

- ✓ отсутствие как в России, так и за рубежом тренажеров, аналогичных разработанным;
- ✓ возможность использования как для обучения студентов, так и для повышения квалификации, переподготовки и проверки компетентности и аттестации специалистов;
- ✓ глубина и точность моделирования, наглядность и реалистичность воспроизведения всех функций и замеров контролируемых параметров;
- ✓ возможность работы с ручным и автоматическим управлением;
- ✓ возможность имитации наиболее типичных неисправностей и аварийной работы;
- ✓ гибкая настройка конфигурации – возможность использования как для групповых, так и для индивидуальных занятий;
- ✓ современный дизайн.

По желанию заказчиков тренажеры могут быть адаптированы к условиям использования холодильных установок в пищевой и других отраслях промышленности, на автомобильном и железнодорожном транспорте, а также на судах рыбопромыслового, морского и речного флотов.

HEAT&VENT 2004

Юбилейная 10-я Российская строительная неделя (носившая первые годы название Мосбилт-Батимат) прошла в Москве с 6 по 9 апреля 2004 г. Каждый год она пополняется новыми отраслевыми выставками. Так, в этом году впервые в рамках недели состоялись выставки "Металл в строительстве" и "Технокерамика".

Традиционно организатором строительной недели стала ITE Group Plc при поддержке Правительства РФ, Госстроя России, Правительства Москвы и Союза архитекторов России, а также при содействии "Экспоцентра". Экспозиции были развернуты на трех ведущих выставочных площадках Москвы – в "Экспоцентре" на Красной Пресне, в спорткомплексе "Олимпийский" и в Центре международной торговли. В дополнение к выставкам специалистам предлагалось участие в 5-й Московской международной конференции MosBuild 2004 и 6-м Международном форуме по вопросам отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Российская строительная неделя собрала более полутора тысяч фирм-экспонентов из более чем 30 стран мира.

Выставка "Heat&Vent" – одна из наиболее популярных и многолетних в рамках этого международного строительного форума. На ней было представлено 130 организаций, из которых около 40 непосредственно занимаются вопросами кондиционирования воздуха. Практически все они российские, небольшая часть – российские представительства зарубежных фирм. Это явный показатель того, что иностранные производители уже нашли своих постоянных дистрибьюторов и дилеров в России. Как правило, это российские инженерные фирмы, берущие на себя проектирование, монтаж, наладку и обслуживание систем кондиционирования на базе оборудования определенных зарубежных фирм.

Так, оборудование для кондиционирования Carrier было представлено не только его генеральным поставщиком в России – *AHI Carrier*, но и его официальными дилерами и дистрибьюторами, среди которых компании *"Аэропроф"*, *ТД "Белая Гвардия"* и др.

Другая известная зарубежная компания – *York International* – экспонировала настенные, потолочные кассетные кондиционеры и другое климатическое оборудование на стенде фирмы *"Вертекс-инжиниринг"*.

Преимущественное право на распространение и использование оборудования Mitsubishi Heavy Industries осуществляет фирма *"Бьюфорт"*, Mitsubishi Electric – фирма *"Хиконикс"* и с прошлого года *Группа Компаний "ТермоКул"*.

Официальный дилер фирмы *Daichi* (генерального дистрибьютора Dankin) – фирма *"Закрытые системы"*; фирма *Sanyo* была представлена своим сертифицированным дилером – фирмой *"Амкороса"* и официальным дистрибьютором – фирмой *"Полель"*.

Оборудование для систем кондиционирования фирмы Wesper предлагали ее официальный дистрибьютор *"Тадел"*, фирмы *"Вентрейд"*, *"Бриз – климатические системы"* и др. Особое место среди партнеров Wesper в России занимает Санкт-Петербургская компания United Elements (до марта 2004 г. – *"Петрослек"*), которая в 2002 г. открыла сборочное производство центральных кондиционеров Wesper по лицензии и под контролем этой фирмы.

Центральные кондиционеры и чиллеры французской фирмы CIAT были представлены российской фирмой *Climakita*, центральные системы кондиционирования RHOSS – их эксклюзивным поставщиком в России фирмой *"Инрост"*.

Принцип опоры на импортное оборудование прослеживается и в деятельности работающих на российском рынке многопрофильных фирм *"Арктика"* (вентиляция, кондиционирование, отопление, системы конт-

роля), *"Ситэс-кондиционер"* (вентиляция, кондиционирование, отопление, дымоудаление, холодоснабжение), *"Лига климата"* (кондиционирование, вентиляция, отопление, водоснабжение, автоматика) и др.

Следует отметить *Группу Компаний "ТермоКул"*, представившую на этой выставке первый из планируемой серии справочник по проектированию, испытанию и наладке систем кондиционирования воздуха и вентиляции, а также специализированные компьютерные программы для проектирования систем холодоснабжения (ТС-CoolTool), систем компьютерного мониторинга и диспетчеризации Adap-Kool и электротехнического проектирования (EPLAN).

К сожалению, на выставке не было отечественных производителей оборудования для кондиционирования. Они пока еще не могут конкурировать с зарубежными фирмами, практически поделившими между собой этот рынок в России. Единственная производящая российская фирма *"Энергия-климат"* экспонировала приточно-вытяжные вентиляционные установки "Климат" собственного производства, а также центральные сплит-системы, настенные, напольно-потолочные кондиционеры Израильской фирмы *"Тадиран"*.

Из иностранных компаний на выставке присутствовали только *Daikin Europe* (Бельгия), предлагавшая кондиционеры для гостиниц (канального типа с инверторным управлением), жилых домов (Super Malti Plus) и *Galletti s.p.a* (Италия) – производитель промышленных и бытовых кондиционеров. Крупнейший мировой изготовитель прецизионных кондиционеров и чиллеров холодопроизводительностью 5...4200 кВт – итальянская фирма *RC Group* рекламировала новинку – чиллер холодопроизводительностью 270 кВт (R134a) на базе канадского двухступенчатого центробежного компрессора на магнитных подшипниках.

Прецизионные кондиционеры предлагали также фирмы *"Пятый сезон"* (официальный дистрибьютор Blue Box Group), *"Вентрейд"* (кондиционеры Qualitair).

Сектор бытовых кондиционеров не был отделен (и это тоже тенденция) от крупных систем кондиционирования. Как правило, фирмы, занимающиеся инженерным обеспечением здания, оснащают его и бытовыми кондиционерами. Так, фирмы *"Вентрейд"* и *"Бриз – климатические системы"* среди прочего предлагали бытовые кондиционеры Electra компании *Electra consumer products* (часть международной промышленной группы *Elco Holdings Ltd*); кондиционеры LG, Hitachi, Samsung выставили фирмы *"Ингормтех"*, *"Вертекс Техно Трейд"*, кондиционеры Panasonic – *"Группа Нимал"* и *Cherbrooke*. Единственный официальный дистрибьютор бытовых и полупромышленных кондиционеров Fuji Electric (Япония) – фирма *"Пятый сезон"*. Импортом и дистрибуцией исключительно бытовой техники, в том числе и кондиционеров разных фирм, занимается фирма *"Поларис-Техника"*.

Еще одна особенность выставки – на ней не было фирм, производящих компоненты системы холодоснабжения СКВ–холодильные компрессоры, теплообменное оборудование и др. Исключение представляла фирма *"Гюнтнер Москоу"*, предлагавшая конденсаторы, испарители, воздухоохладители и т. д.

Комплектующие и расходные материалы для монтажа систем кондиционирования воздуха, а также необходимые инструмент и крепеж экспонировала группа компаний *"Сиеста"*. Изоляцию Термафлекс для температур –80...+100 °С предлагала фирма *"Термафлекс изоляция"*, российское представительство международного холдинга *Termaflex*.

Австрийская фирма *Buntmetall amstetten*, специализирующаяся на производстве бесшовных медных труб, представила высококачественные медные трубы под маркой Frigotec (в бухтах и отрезках) для систем холодоснабжения и кондиционирования воздуха.

Выставка Heat&Vent 2004 г. показала, что приоритеты в России окончательно сместились в сторону образования крупных инжиниринговых компаний, способных спроектировать и сдать заказчику "под ключ" все водо-, тепло- и холодоснабжение возводимых зданий. При этом такие компании сами не производят компоненты инженерных систем (в том числе систем кондиционирования), предпочитая приобретать их у известных мировых лидеров в данной области. Такой подход, безусловно, выгоден заказчикам, но несколько тормозит развитие отечественной техники кондиционирования воздуха.

ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Из Бюллетеня МИХ

ВЫБОР ХЛАДАГЕНТОВ ДЛЯ ОХЛАДИТЕЛЕЙ ЖИДКОСТИ

Рассматриваются вопросы выбора хладагентов для охладителей жидкости в настоящее время и на перспективу. При этом учитываются глобальные проблемы охраны окружающей среды, эффективность хладагента, токсичность, воспламеняемость и возможность роста стоимости.

В свете будущих, более строгих требований к охране окружающей среды необходимо также предпринять все возможные практические меры для снижения выбросов хладагентов.

В статье рассматриваются перспективные варианты хладагентов для чиллеров. Отмечая, что не существует идеальных хладагентов, авторы рекомендуют принимать решения об их выборе, основываясь на научных данных, а не на манипуляциях рынка.

J.M.Calm// Rev. int. Froid, GB, 2002.09. vol. 25, № 6, p. 705–715.
БМИХ, 2003, № 2, с. 35.

ПАДЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА ХЛАДАГЕНТА В ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ТРУБАХ

Рассматриваются данные по падению давления двухфазного потока в двух горизонтальных трубных секциях с диаметром 10,92 и 12 мм для пяти хладагентов (R134a, R123, R402A, R404A и R502) при массовых скоростях 100...500 кг·с/м² и паросодержании от 0,04 до 1.

Экспериментальные данные затем сравнивали с результатами расчетов по семи имеющимся методикам определения падения давления в двухфазном потоке.

M.B.Quid Didi, N.Kattat, J.R.Thome // Int. J. Refr., GB, 2002, 11, vol. 25, № 7, 935–947.
БМИХ, 2003, № 2, с. 37.

ПРИМЕНЕНИЕ СМЕСЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В МАЛЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ И КРИОГЕННЫХ МАШИНАХ

Применение смесей углеводородов позволяет создать простые, надежные и долговечные микроохладители для температурного диапазона от –73 до –183 °С.

Представлены тепловые, энергетические и гидравлические характеристики ряда опытных образцов. Результаты испытаний показывают, что в таких машинах могут применяться небольшие одноступенчатые компрессоры. Характеристики машин при пуске и гидравлические рабочие характеристики на устойчивом режиме работы полностью соответствуют характеристикам бытовых холодильников.

В исследуемых микроохладителях компрессоры со смазкой работают при температурах до –183 °С. Это определяет большой рабочий ресурс машин и позволяет надеяться на перспективы их широкого использования, несмотря на более низкие энергетические характеристики по сравнению с газовыми микроохладителями, работающими на других хладагентах.

V.Naer, A.Rozhentsev// Int. J. Refr., GB, 2002.09., vol. 25, № 6, 836–847.
БМИХ, 2003, № 2, с. 46.

ОПТИМИЗАЦИЯ ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

На основе нового критерия оптимизации проведен термоэкономический анализ характеристик модели двухступенчатого реверсивного комбинированного цикла охлаждения. Исследованы оптимальные характеристики и конструктивные параметры, обеспечивающие максимальную холодопроизводительность на единицу затрат.

Определены оптимальные значения температур рабочих жидкостей, холодильного коэффициента, удельной холодопроизводительности, а также распределение площади теплообменника функцией от технических и экономического параметров. Обсуждается влияние экономического параметра, который характеризует капиталовложения и стоимость энергопотребления, на общие и оптимальные рабочие характеристики.

B.Sahin, A.Kodal // Int. J. Refr., GB, 2002, 11, vol. 25, № 7, 872–877.
БМИХ, 2003, № 2, с. 47.

КАСКАДНАЯ ХОЛОДИЛЬНАЯ МАШИНА ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КАМЕРЫ

В течение многих лет каскадные холодильные установки, в частности компрессионные, позволяли получать и поддерживать температуры –50...–100 °С. Появление новых хладагентов и технические достижения дают возможность проанализировать факторы, которые необходимо принимать во внимание для совершенствования холодильного оборудования этого типа. Такой анализ выполнен на примере каскадной установки для низкотемпературной камеры.

M.Zak, A.Zoltaniecki// Chlodnictwo, PL, 2002, vol. 37, № 2–3, p. 14–19.
БМИХ, 2003, № 2, с. 47.

ИССЛЕДОВАНИЕ УТЕЧЕК В ВИНТОВОМ КОМПРЕССОРЕ, РАБОТАЮЩЕМ НА R134a

Используя пакет программ для проектирования винтовых компрессоров, изучали характер утечек в компрессоре, работающем на R134a.

Были выявлены пять типов утечек и разработаны соответствующие математические модели. Далее для различных эксплуатацион-

ных условий рассчитывали утечки каждого типа и их влияние на КПД компрессора.

Результаты расчетов дают весьма полезные ориентиры для проектирования малых винтовых компрессоров.

H.Wu, Y.Chang, Z.Xing // Proc. Paderborn Conf., IIR/C.R. Conf. Padeborn, IIR, FR, 2001.10.03–05; 2001–5; IV.7 491–498.
БМИХ, 2003, № 2, с. 48–49.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСПАРИТЕЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ С ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩИМИ ВЕНТИЛЯМИ

Изучали динамические характеристики прямоточного испарителя, питаемого с помощью терморегулирующего вентиля (ТРВ). Хотя совокупность линейной модели ТРВ и модели испарителя способна адекватно представить динамическую характеристику системы в стабильном режиме, она не отражает тех неравномерностей (колебаний), которые наблюдаются при некоторых режимах работы.

Экспериментальные данные показывают возможное существование гистерезиса в системе. Модель, включающая экспериментальные характеристики потока на входе и выходе ТРВ, может хорошо воспроизвести характеристики колебаний. Их амплитуда и частота зависят от величины перегрева, тепловой нагрузки на испаритель и тепловой инерции термобаллона ТРВ.

P.Mithraratne, N.E.Wijeysundera// Int. J. Refr., GB, 2002, 11, vol. 25, № 7, 992–998.
БМИХ, 2003, № 2, с. 49.

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТЕМПЕРАТУРУ В КАМЕРАХ БЫТОВЫХ ХОЛОДИЛЬНИКОВ ПРИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Результаты испытаний 119 бытовых холодильников показали, что в 26 % из них поддерживается температура выше 8 °С. Средняя температура в испытанных холодильниках составляет 6,6 °С (минимум 1 °С и максимум 11 °С) На температуру внутри холодильника влияют многочисленные факторы, связанные с конструкцией холодильника и условиями его эксплуатации у потребителей.

E.Derens, O.Laguerre, B.Palagos// Bull. Acad. natl. Med., FR, 2002.02, vol. 185, № 2, 47–58.
БМИХ, 2003, № 2, с. 54.

ЦИКЛОПРОПАН КАК ХЛАДАГЕНТ ДЛЯ БЫТОВЫХ ХОЛОДИЛЬНИКОВ

Теоретически и экспериментально определяли характеристики циклопропана (RC270), используемого в качестве хладагента в бытовых холодильниках. Для экспериментальных исследований характеристик RC270, R12 и R600a на старой модели компрессора (первоначально предназначенной для R12) был создан калориметр.

Теоретически определяли значения холодильного коэффициента. Было установлено, что циклопропан обладает лучшими характеристиками, чем R12 и R600a.

E.Oguz, F.Ozkadi, M.Y.Tanes// Proc. Paderborn Conf., IIR, FR, 2001.10.03–05, 2001.5; IV; 469–476.
БМИХ, 2003, № 2, с. 54.

ЭМПИРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИНФИЛЬТРАЦИИ ВОЗДУХА В ХОЛОДИЛЬНИКАХ ЧЕРЕЗ ДВЕРИ

Создана эмпирическая модель, основанная на уравнении Тамма, для прогнозирования скорости инфильтрации воздуха через двери в охлаждаемые помещения. В модели учитывается герметичность, инфильтрация воздуха в связи с открываниями дверей и дополнительный воздухообмен, вызванный движением вилочных погрузчиков.

Модель проверяли на семи коммерческих холодильниках объемом от 740 до 12000 м^3, работающих при температурах от +3,3 до –21,8 °С, замером скоростей инфильтрации воздуха через быстро вертящиеся и раздвижные двери.

P.Chen, D.J.Cleland, S.J.Lovatt, et al.// Int. J. Refr., GB, 2002.09, vol. 25; № 6, 799–812.
БМИХ, 2003, № 2, с. 65.

РАБОТА БЫТОВОГО ХОЛОДИЛЬНИКА НА СМЕСЯХ R134a/R600a

Индийский бытовой холодильник емкостью 165 л, первоначально работавший на R12, был испытан на смесях R134a/R600a и минеральном масле.

Для получения оптимального варианта изучали три различных состава смеси. Проводили испытания для определения номинального расхода энергии, характеристик при отсутствии нагрузки и изготовлении льда.

Наблюдения показали, что при ретрофите холодопроизводительность снизилась. Наилучшие результаты показала смесь 96 % R134a/4 % R600a по массе.

S.Devotta, V.S.Kumar, R.V.Joshi, et al.// Proc. Paderborn Conf., IIR, FR, 2001, 10.03–05; 2001–5, IV.6, 485–490.
БМИХ, 2003, № 2, с. 54.