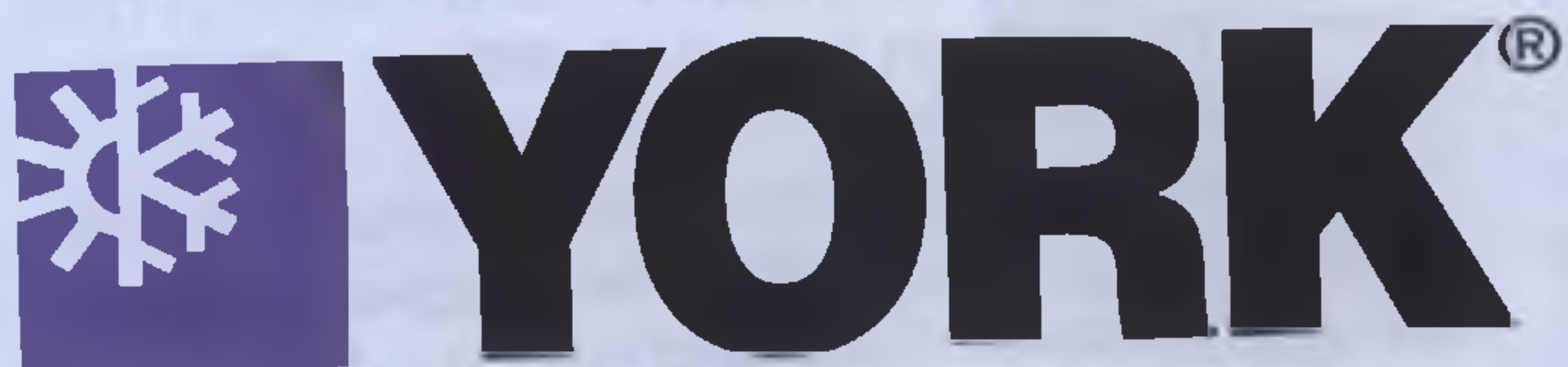




# МИРОВОЙ ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА с 1874 года

Компания ЗАО "ЙОРК ИНТЕРНЭШНЛ" продолжает знакомить читателей журнала "Холодильная техника" с холодильным оборудованием своего производства. В этом номере представлены винтовые компрессорные агрегаты.

## ВИНТОВЫЕ КОМПРЕССОРНЫЕ АГРЕГАТЫ

Корпорация "Йорк Интернэшнл" основана в 1874 г. (г. Йорк, Пенсильвания, США).

"Йорк Интернэшнл" – ведущая компания в мире в области холодильной техники и техники кондиционирования воздуха. Годовой оборот корпорации – более 4 млрд долл. США.

"Йорк Интернэшнл" располагает производственными, сервисными, маркетинговыми и торговыми структурами более чем в 60 странах мира.

Последнее десятилетие лучшие европейские производители холодильного оборудования – Sabroe, Gram, Stal – успешно работают в объединенной команде YORK. Это позволило значительно усилить мировые позиции компании в производстве холодильного оборудования.

Дочерняя российская компания зарегистрирована в Москве с 1992 г. В настоящее время она осуществляет деятельность по четырем направлениям – поставка техники кондиционирования, холодильного оборудования, систем автоматики, а также проведение шеф-монтажных, пусконаладочных работ и сервисное обслуживание. Наряду с московским головным офисом успешно функционируют офисы в Санкт-Петербурге и Нижнем Новгороде, а также представительства на Украине, в Белоруссии, Казахстане, Азербайджане.

Подразделение "Промышленный холод" российской компании ЗАО "Йорк Интернэшнл" поставляет холодильное оборудование (единичное, комплектное и "под ключ") для предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности (мясо-, рыбо- и хладокомбинатов, птицефабрик, молокозаводов, кондитерских фабрик, винно-водочных и пивобезалкогольных предприятий и др.), для химической и газоперерабатывающей промышленности, а также для создания искусственного ледового покрытия в спортивных объектах и других местах отдыха и развлечений.

Заказчикам предлагаются качественные и высокоэффективные поршневые и винтовые компрессорные агрегаты, охладители жидкости (чиллеры) и другие компоненты аммиачных, фреоновых установок и установок, работающих на CO<sub>2</sub>, а также скороморозильное оборудование.

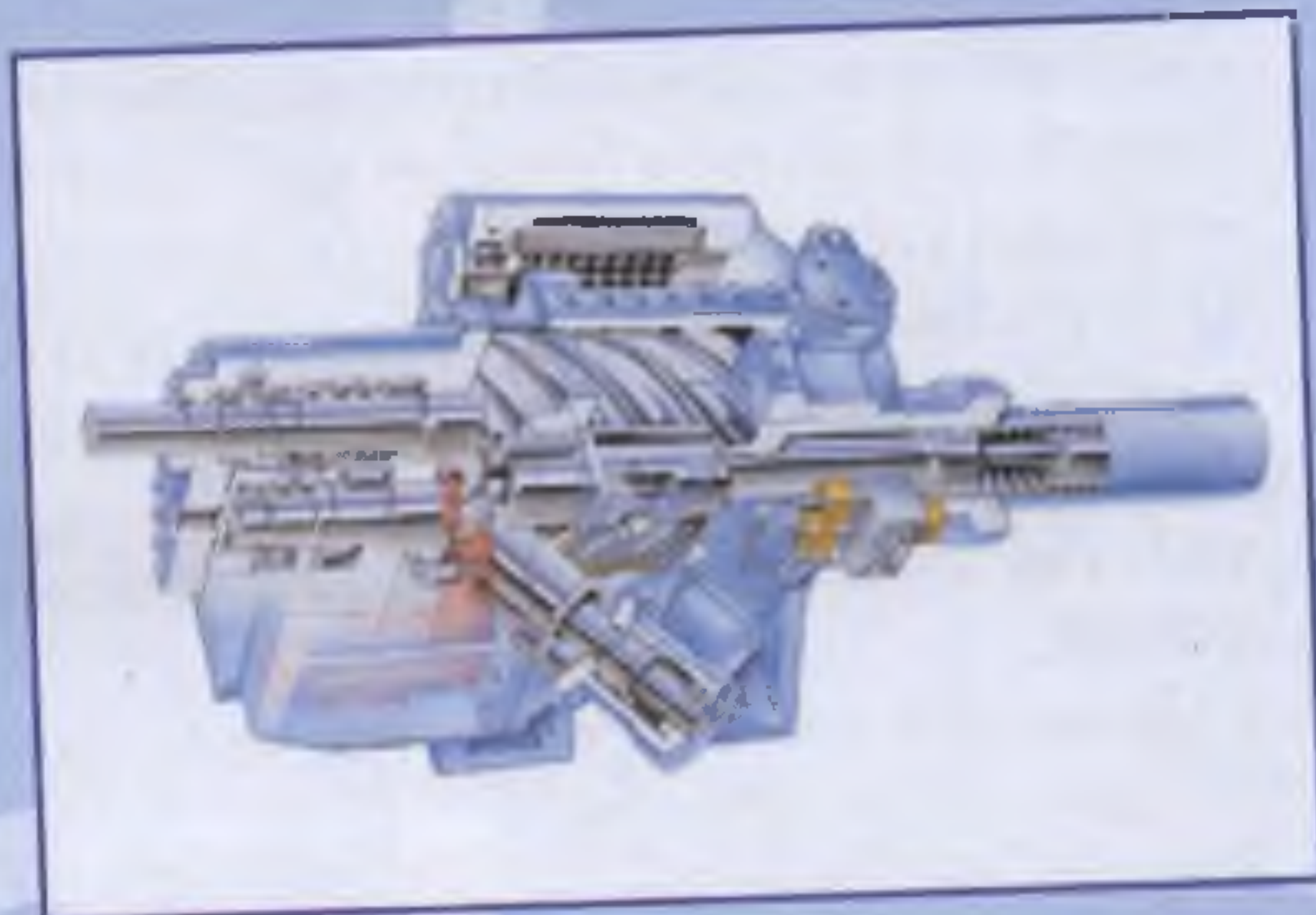
Компания "Йорк", мировой лидер в производстве холодильного оборудования, предлагает на рынок широкий ассортимент продукции:

- ✓ поршневые компрессорные агрегаты;
- ✓ винтовые компрессорные агрегаты;
- ✓ центробежные компрессорные агрегаты;
- ✓ спиральные компрессоры;
- ✓ холодильные машины на базе всех существующих типов компрессоров;
- ✓ скороморозильные аппараты;
- ✓ теплообменные аппараты;
- ✓ сосуды, работающие под давлением.

Вся продукция сертифицирована и имеет разрешение Госгортехнадзора на применение на территории РФ.

Номенклатура винтовых компрессорных агрегатов, выпускаемых компанией "Йорк Интернэшнл", достаточно широка по холодопроизводительности и разнообразна по конструктивным и технологическим решениям благодаря тому, что в настоящее время в модельный ряд вошли агрегаты на базе винтовых компрессоров, выпускаемых фирмами Sabroe, Stal, Frick, Gram, Bristol.

Винтовые компрессорные агрегаты производства компании "Йорк Интернэшнл" идеальны для



применения в тех областях промышленности, где важнейшими требованиями являются надежность, долговечность и низкие эксплуатационные издержки. Они обладают рядом уникальных характеристик, обеспечивающих безопасность, высокую надежность и незначительное воздействие на окружающую среду.

### ВИНТОВЫЕ КОМПРЕССОРНЫЕ АГРЕГАТЫ ROTATUNE

Винтовые компрессорные агрегаты Rotatune представлены на рынке сериями SAB 110 HR, SAB 128 HR и SAB 163 HR.

Концепция Rotatune основывается на использовании частотного преобразователя и высокоскоростных электродвигателей (6000 об/мин), что обеспечивает ряд преимуществ:

- высокую эффективность компрессорного агрегата;
- высокую эффективность электродвигателя;
- эффективную работу при частичной нагрузке;
- высокий холодильный коэффициент (выше, чем у компрессоров, работающих при 3000 об/мин);
- низкий уровень звукового давления;
- отсутствие реактивной мощности ( $\cos \varphi \approx 1$ );
- низкий стартовый ток (не превышает номинального значения тока);
- отсутствие ограничений по количеству запусков в час;
- меньший типоразмер трансформатора и электрических кабелей;
- точное регулирование холодопроизводительности с ее индикацией;
- максимальную эффективность экономайзера на любых режимах;
- малое количество подвижных элементов конструкции, что повышает надежность и снижает затраты на техническое обслуживание;
- низкую стоимость технического обслуживания.



### ВИНТОВЫЕ КОМПРЕССОРНЫЕ АГРЕГАТЫ СЕРИИ SAB 110–202

Винтовые компрессорные агрегаты этой серии имеют несколько модификаций (диапазон частот вращения 140...2450 об/мин).

Основные преимущества данных винтовых компрессорных агрегатов таковы:

- ✓ новейшие профили роторов обеспечивают плавность и стабильность работы;
  - ✓ агрегаты рассчитаны на длительный срок службы. Прочный литой корпус компрессора, изготавливаемый на собственном литейном производстве, обеспечивает крайне низкий уровень вибрации;
  - ✓ изготовление трубопроводов на специальном трубогибном станке снижает до минимума объем сварочных работ и потери давления;
  - ✓ уникальная комбинация роликовых и шариковых подшипников сводит к минимуму потери от трения и обеспечивает долговечность конструкции;
  - ✓ горизонтальный маслоотделитель снижает унос масла до минимума (5...30 ppm в зависимости от рабочих условий и применяемого масла);
  - ✓ уникальная концепция объединенного маслоотделителя/рамы исключает температурное воздействие маслоотделителя на центровку валов компрессора и электродвигателя;
  - ✓ использование экономайзера позволяет применять одноступенчатый компрессорный агрегат при температуре кипения от  $-30^{\circ}\text{C}$  и ниже.
- Кроме того, винтовые компрессорные агрегаты обеспечивают:
- ✓ плавное регулирование холодопроизводительности от 10 до 100 %;
  - ✓ ручное или автоматическое регулирование объемного отношения;
  - ✓ низкий уровень шума.



## ВИНТОВЫЕ КОМПРЕССОРНЫЕ АГРЕГАТЫ СЕРИИ SAV 80

Преимущества винтовых компрессорных агрегатов серии SAB 80 – результат 35-летнего опыта фирмы в области проектирования, производства и эксплуатации холодильного оборудования. Технические характеристики этой серии обеспечивают высокую эффективность работы, щадящее воздействие на окружающую среду, максимальную надежность и несложное техническое обслуживание.

Винтовые компрессорные агрегаты серии SAB 80 имеют пять модификаций объемной производительностью 960...3800 м<sup>3</sup>/ч.

В каждой модификации агрегатов этой серии отношение длины ротора компрессора к его диаметру оптимизируется индивидуально с целью обеспечения высокой эффективности работы.

Основные преимущества компрессорных агрегатов серии SAB 80 по сравнению со стандартными компрессорными агрегатами:

- ✓ возможность регулирования работы экономайзера и саморегулирующееся объемное отношение увеличивают эффективность работы даже при частичной нагрузке;
- ✓ вертикальное расположение роторов дает возможность боковых подсоединений к компрессору, что позволяет повысить холодильный коэффициент, уменьшить монтажную высоту, снизить вибрации и уровень шума;
- ✓ отношение числа зубьев роторов 5/7 обеспечивает более равномерный процесс сжатия газа, повышение холодильного коэффициента, а также снижение уровня вибрации и звукового давления;
- ✓ компактность конструкции.



## ВИНТОВЫЕ КОМПРЕССОРНЫЕ АГРЕГАТЫ СЕРИИ SAV 283 – 355

Компрессорные агрегаты данной серии являются самыми крупными из серийно выпускаемых в настоящее время (диапазон объемной производительности 2640...7170 м<sup>3</sup>/ч). Агрегаты используют на предприятиях нефтехимической и газовой промышленности, где требуется большая единичная мощность холодильных машин.



Основные преимущества данных компрессорных агрегатов:

- ✓ привод только на ведущий ротор;
- ✓ регулирование степени объемного сжатия;
- ✓ плавное регулирование холодопроизводительности (10–100 %);
- ✓ цилиндрические роликовые подшипники;
- ✓ горизонтальный трехступенчатый маслоотделитель, обеспечивающий унос масла не более 10 ppm.

★ ★ ★

Все винтовые компрессорные агрегаты компании "Йорк Интернэшнл" комплектуются русифицированной микропроцессорной панелью UNISAB II. Панель предназначена для контроля и управления агрегатом и имеет жидкокристаллический дисплей, на котором отображается следующая информация:

- давление, температура, перегрев на всасывании;
- давление, температура, перегрев на нагнетании;
- давление масла;
- ток электродвигателя;
- фактическая нагрузка на компрессорный агрегат;
- все возможные отклонения от номинального режима;
- все возможные аварийные ситуации.

Компания также предлагает оригинальные запасные части для всего спектра холодильного оборудования, произведенного компаниями York, Gram, Stal, Sabroe, Frick.

**ЗАО «Йорк Интернэшнл»**  
121170, г. Москва, ул. Поклонная, д. 14а  
Тел.: 007 (095) 232-6660. Факс: 007 (095) 232-6661  
E-mail: [york@york.com.ru](mailto:york@york.com.ru)

Исследование газоохладителей тепловых насосов на R744

Д-р техн. наук **И. М. КАЛНИНЬ,**  
д-р техн. наук **И. В. ДЕРЕВИЧ,**  
**С. Б. ПУСТОВАЛОВ**  
МГУИЭ

*A technique and results of computational, theoretical, experimental and numerical investigation of gas coolers of new design, intended for heating of the network water, when working in heat pumps using R744 as a working substance THCO<sub>2</sub> are presented. It is demonstrated that when the recommended operational parameters are fulfilled, an essential increase in technical and economical indices of gas coolers and the whole THCO<sub>2</sub> is ensured.*

В настоящее время в России в соответствии с Федеральной целевой программой “Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники на 2002–2006 годы” по теме № 24 “Создание технологий и оборудования для использования низкопотенциальных тепловых ресурсов для целей теплоснабжения” с участием НПФ “ЭКИП”, МГУИЭ, ОАО “НПО Гелиймаш” и др. создаются тепловые насосы, работающие на диоксиде углерода ( $\text{THCO}_2$ ) [3]. Это принципиально новые машины, практически все элементы которых разрабатываются впервые.

Теплообменный аппарат – газоохладитель ГО ТНСО<sub>2</sub>, в котором происходит охлаждение газообразного диоксида углерода (R744) без фазового перехода и нагрев сетевой воды, относится к основным элементам ТНСО<sub>2</sub> и во многом определяет технико-экономические показатели теплового насоса.

Как показал проведенный анализ, для крупных ТНСО2 наибо-

лее приемлема кожухотрубная конструкция газоохладителя с витым пучком трубок, а для малых — кожухозмеевиковая с потоком газообразного R744 в трубках.

Для создания ГО ТНСО<sub>2</sub> необходимы надежные данные о закономерностях теплопередачи между рабочим веществом (R744) и теплоносителем (сетевая вода). Однако экспериментальные данные по теплоотдаче от охлаждаемого R744 в условиях работы реальных ГО ТНСО<sub>2</sub> в настоящее время отсутствуют.

В  $\text{THCO}_2$  осуществляется газожидкостный термодинамический цикл (в отличие от парожидкостного во фреоновых ТН). В ГО  $\text{THCO}_2$  R744 всегда находится при сверхкритическом давлении (СКД) в околокритической области, где теплофизические свойства, прежде всего плотность и теплоемкость, при постоянном давлении в большой степени зависят от температуры.

Методикой расчета аппарата должны учитываться существенное нелинейное изменение температуры газообразного R744 вдоль канала, а также градиент температуры по сечению канала в пристеночном слое трубки.

Для расчета теплоотдачи от рабочего вещества при постоянных (слабопеременных) его свойствах использована зависимость на основе корреляции Петухова–Кириллова [5]:

$$\text{Nu}^0 = \frac{(\xi^0/8)\text{Re}\cdot\text{Pr}}{1+900/\text{Re}+12,7(\xi^0/8)^{1/2}(\text{Pr}^{2/3}-1)}. \quad (1)$$

Коэффициент гидравлического сопротивления рабочего вещества при постоянных свойствах  $\xi_0$  рассчитывают по формуле Филоненко [5]:

$$\xi^0 = (1,82 \log \text{Re} - 1,64)^{-2}. \quad (2)$$

Критерий Нуссельта  $Nu^0$  (1) определяют по среднemasсовой температуре рабочего вещества в сечении. Для учета градиента температуры в пристеночном слое используют поправку Краснощекова–Протопопова к числу Нуссельта [4]:

$$\text{Nu} = \text{Nu}^0 \left( \frac{\bar{c}_p}{c_{pe}} \right)^d \cdot \left( \frac{\rho_c}{\rho_{11}} \right)^b, \quad (3)$$

где  $C_p = \frac{i_c - i_n}{T_c - T_n}$  — среднемас-

совая теплоемкость;

$i$  — энтальпия;

$T$  – температура;

 $C_p$  — теплоемкость;

$\rho$  — плотность;

$d, b$  – показатели степени;

нижние индексы: с, п – на стенке и в ядре потока соответственно.

Поправка Петрова-Попова [4] для коэффициентов гидравлического сопротивления:

$$\xi = \xi^0 \left( \frac{\rho_c}{\rho_n} \right)^m \cdot \left( \frac{\mu_c}{\mu_n} \right)^j, \quad (4)$$

где  $\mu$  — коэффициент динамической вязкости;

$m$  и  $s$  — показатели степени.

Для решения поставленной задачи обычно применяют дискретный метод (разбиение на участки) [1], который в рассматриваемом случае приводит к существенным отклонениям от

В данной работе предложен дифференциальный (непрерывный) метод расчета [2, 6], основанный на решении системы уравнений

$$\begin{cases} c_{pa} G_a \frac{dT_a}{dx} = k_{aw} (T_w - T_a); \\ c_{pw} G_w \frac{dT_w}{dx} = -k_{aw} (T_a - T_w), \end{cases} \quad (5)$$

где  $G$  — расход;

$T$  — среднемассовая температура;

$x$  — длина канала;

$k$  — коэффициент теплопередачи;

нижние индексы:  $a$ ,  $w$  — рабочее вещество и теплоноситель соответственно.

$$k_{av} = \pi \left[ \frac{1}{\alpha_a D_1} + \frac{\pi}{\alpha_n \Pi_2} + \frac{1}{2\lambda_y} \ln \left( \frac{D'_1}{D_1} \right) \right]^{-1};$$

$$\alpha_a = \text{Nu} \frac{\lambda_a}{D_1}; \alpha_w = \text{Nu}^0 \frac{\lambda_w \pi}{\Pi_2},$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи;

$D_1$  – внутренний диаметр трубки;

$P_2$  — периметр теплового контакта между рабочим веществом и теплоносителем;

$\lambda$  — коэффициент теплопроводности;

 $D_1$  – наружный диаметр трубки;

нижний индекс:  $v$  — трубка.

Геометрические параметры кожухозмеевикового газоохладителя приведены на рис. 1.

Система уравнений (5) описывает изменение температур рабочего вещества и теплоносителя в каждом сечении канала и позволяет находить распределение температур охлаждаемого R744 и воды по длине канала в режиме противотока, а также интегральные характеристики ГО ТНСО2.

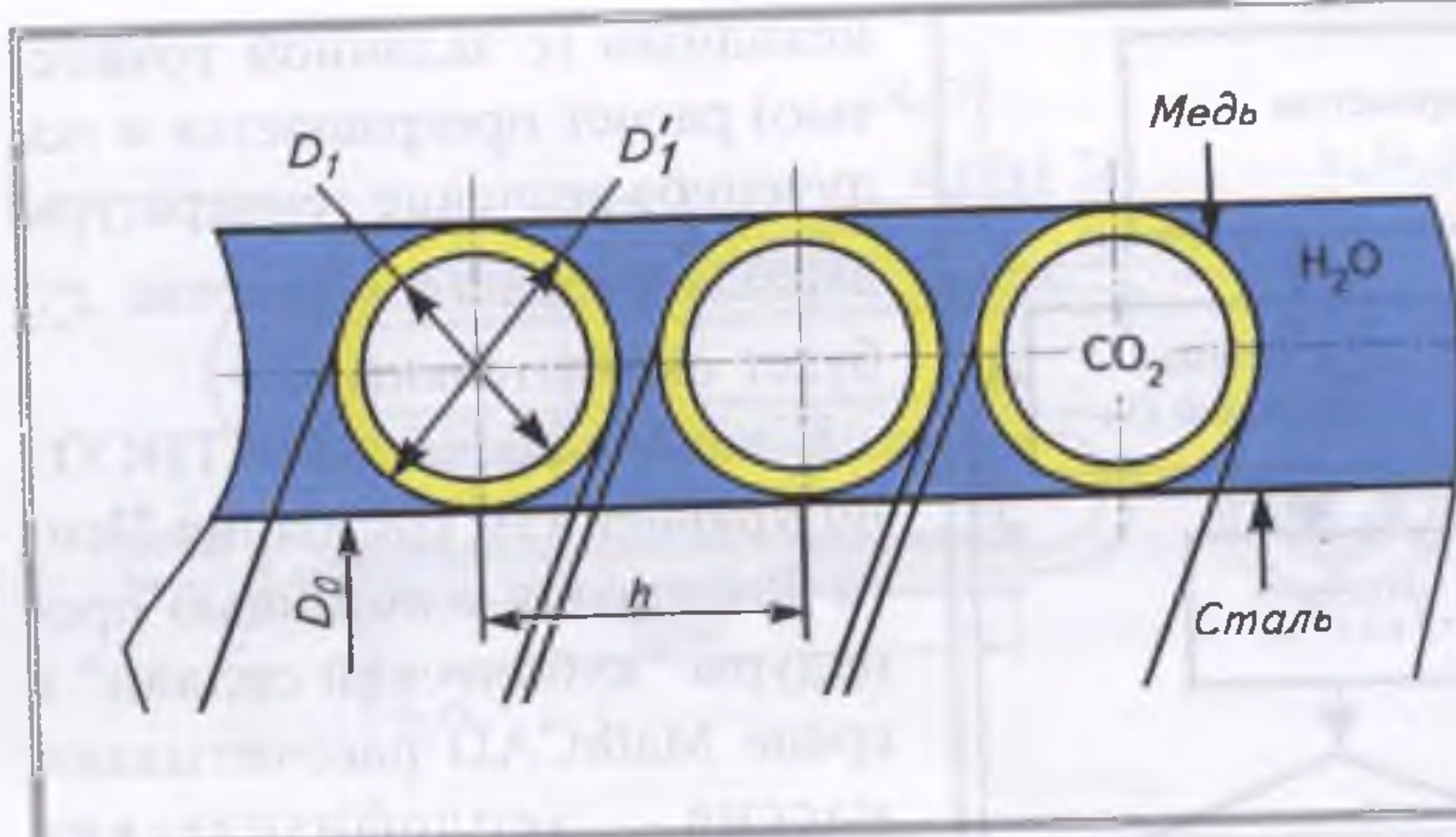


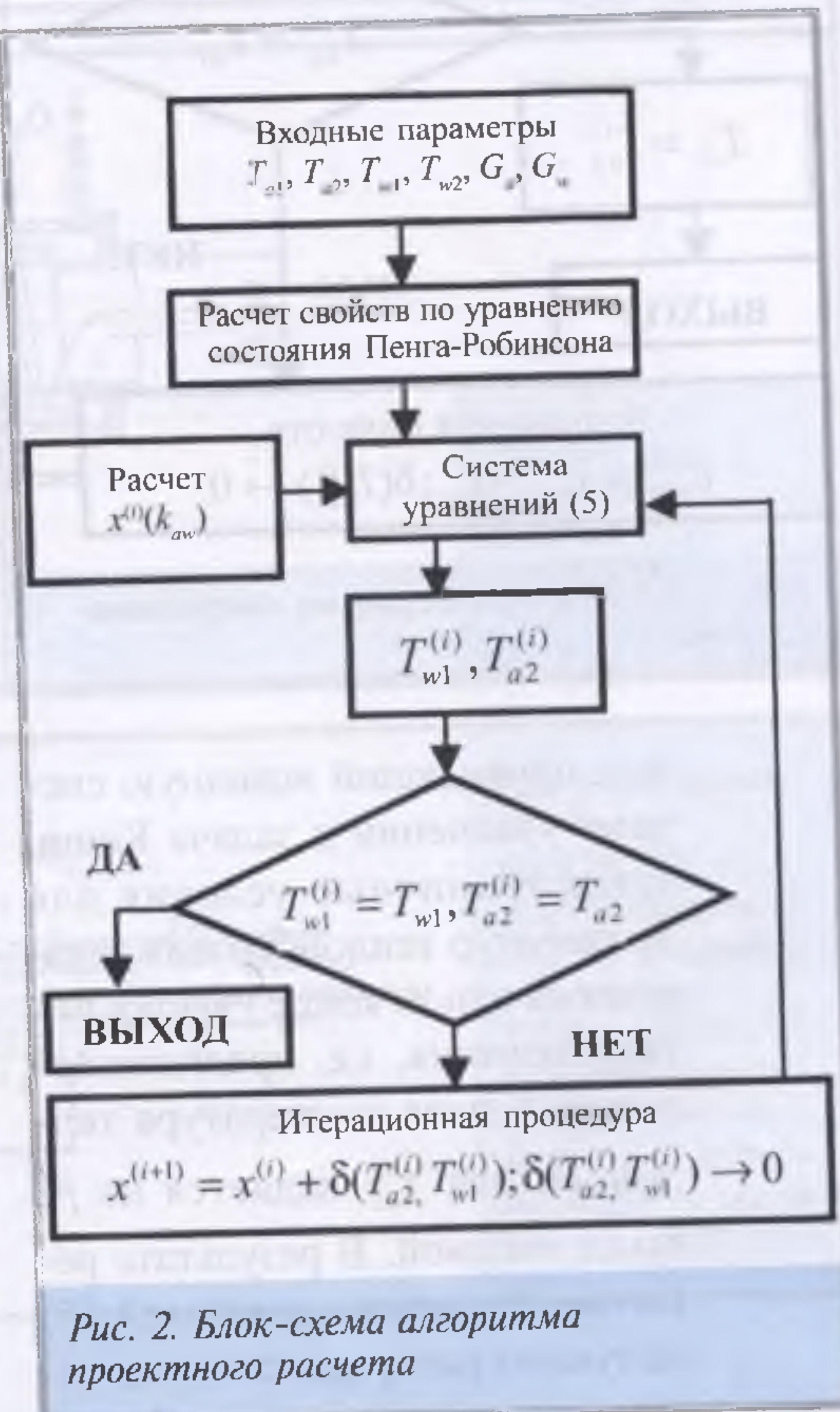
Рис. 1. Расчетная  
схема ГО ТНСО<sub>2</sub>  
кожухозмеевиково-  
вого типа  
(рабочее вещество  
СО<sub>2</sub>, теплоноси-  
тель — Н<sub>2</sub>O)

Интегральные значения перепадов давлений рабочего вещества  $\Delta p_a$  и теплоносителя  $\Delta p_w$  в аппарате рассчитывают по классическим формулам.

Для численной реализации дифференциального метода расчета ГО  $\text{TiHCO}_2$  разработаны алгоритмы проектного и поверочного расчетов.

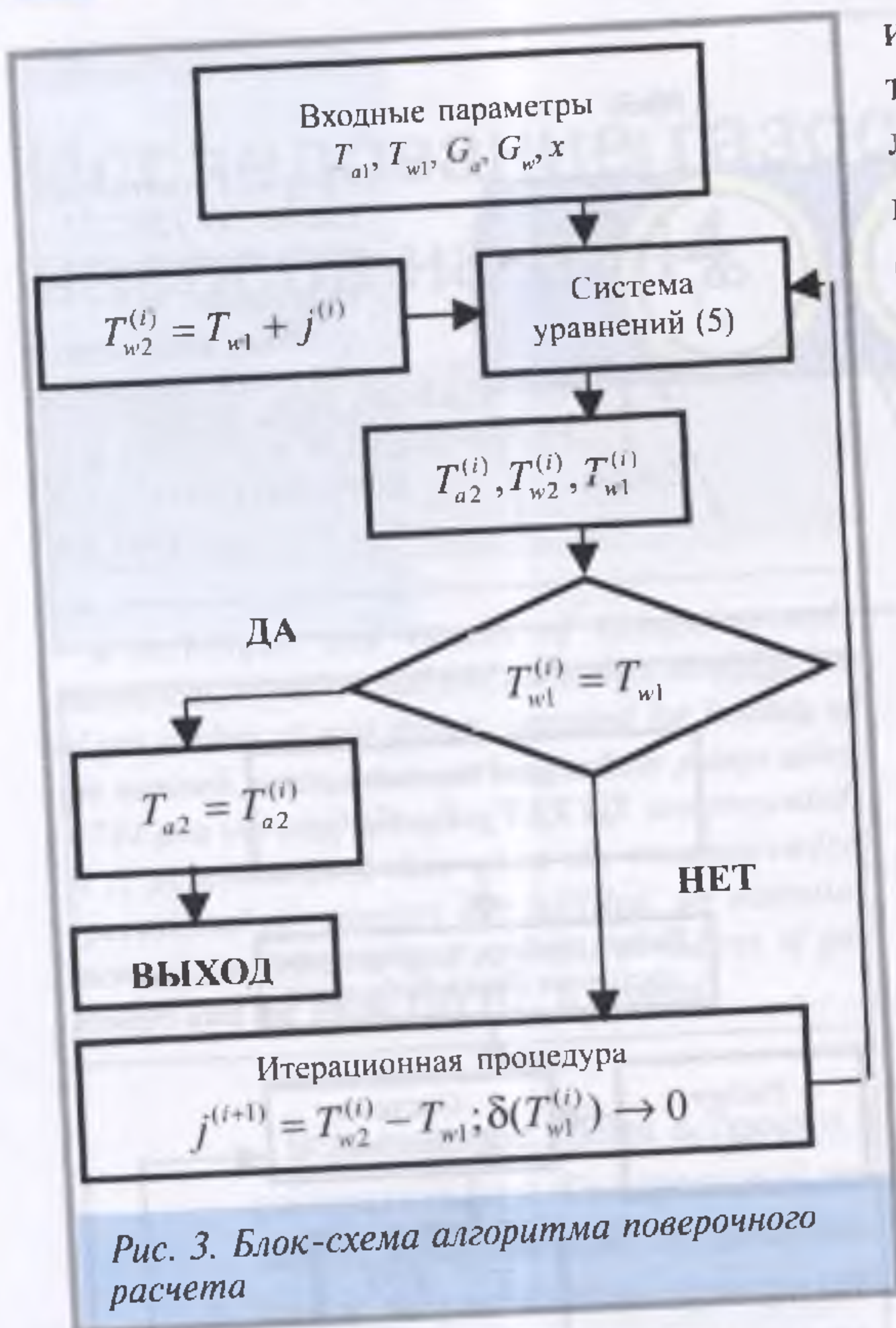
При проектном расчете (рис.2) задают расходы, входные и выходные температуры, давление рабочего вещества и теплоносителя. Определяют температурный напор и интегральный коэффициент теплопередачи при осредненных теплофизических свойствах, с учетом которого затем рассчитывают промежуточное значение требуемой длины канала  $x^{(i)}(k_{av})$ . Затем из системы уравнений (5) получают промежуточные значения температур входа теплоносителя  $T_{n1}^{(i)}$  и выхода рабочего вещества  $T_{a2}^{(i)}$ . Если эти температуры не совпадают с заданными, проводят итерационную процедуру, находят  $x^{(i+1)}$  и возвращаются к решению системы (5). Расчет прекращают, когда полученные значения температур совпадут с исходными с заданной точностью.

При *поверочном расчете* (рис. 3) задают входные темпе-



ратуры, давление и расходы рабочего вещества и теплоносителя, тепловую нагрузку и параметры теплообменной поверхности. Искомой величиной являются выходные температуры.

Численное решение системы уравнений (5) осложняется тем, что входные температуры рабочего вещества и теплоносителя заданы на противоположных концах участка интегрирования. Для этого случая предложен ме-



тод, приводящий исходную систему уравнений к задаче Коши, когда граничные условия для температур теплоносителя задаются на одном конце участка интегрирования, т.е. предполагаемая выходная температура теплоносителя  $T_{w2}^{(i)}$  задается на  $j^{(i)}$  выше входной. В результате решения системы уравнений (5) получают распределение температур теплоносителя и рабочего вещества по длине  $x$ , а также промежуточные значения температур рабочего вещества на выходе  $T_{a2}^{(i)}$  и теплоносителя на входе  $T_{w1}^{(i)}$ . Если полученное значение  $T_{w1}^{(i)}$  отличается от исходного на некоторую величину  $\delta(T_{w1}^{(i)})$ , то происходит обращение к итерационной процедуре и решение системы (5) повторяется. При совпадении значения  $T_{w1}^{(i)}$  с

исходным (с заданной точностью) расчет прекращается и полученное значение температуры выхода рабочего вещества  $T_{a2}^{(i)}$  будет окончательным.

В начале расчета ГО THCO<sub>2</sub> по уравнениям состояния Пенга-Робинсона с помощью процедуры “кубический сплайн” в среде MathCAD рассчитывают массив теплофизических свойств рабочего вещества и теплоносителя, к которому обращаются при последующем расчете. Это позволяет существенно ускорить расчет и сократить время работы на ЭВМ.

Описанная методика расчета ГО THCO<sub>2</sub> позволила получить ожидаемые характеристики теплообменных аппаратов предложенных конструкций.

Для исследования особенностей процессов теплообмена в элементах THCO<sub>2</sub> специалистами кафедры “Холодильная и криогенная техника” МГУИЭ был создан специальный теплотехнический стенд (рис.4), который воспроизводит работу реального THCO<sub>2</sub> при тепловых нагрузках в диапазоне 1...6 кВт, что дает возможность отрабатывать схемные решения и исследовать теплообменные аппараты с различными конструкциями и характеристиками. Использование мембранного компрессора 1,6МК-8/200 для компримирования рабочего вещества (R744) позволяет избежать попадания в его поток масла.

С целью апробации созданного расчетного метода на стенде

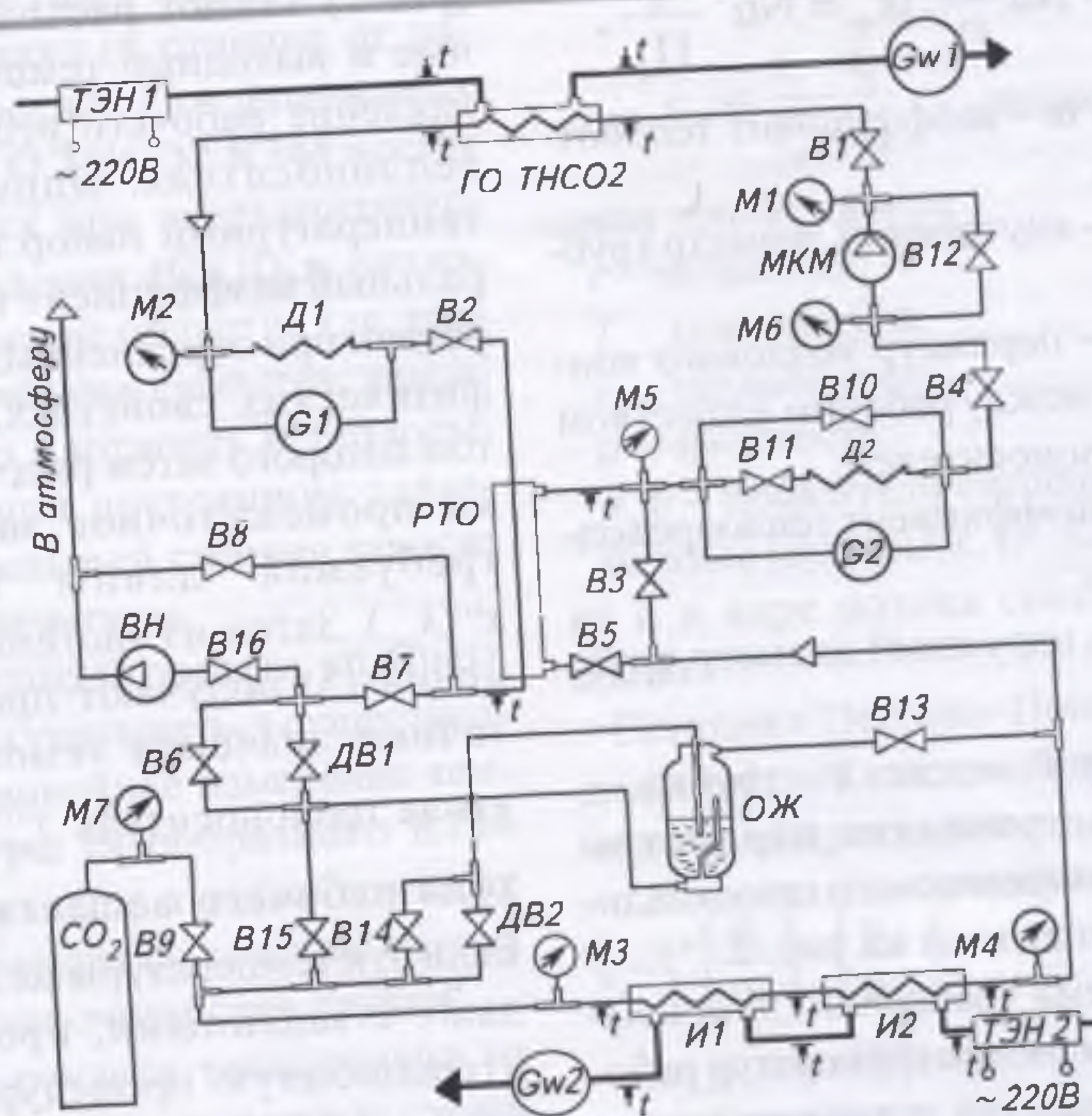


Рис. 4. Принципиальная схема теплотехнического стенда:  
МКМ — мембранный компрессор; ГО THCO<sub>2</sub> — кожухотрубчатый/соосный теплообменный аппарат; И1, И2 — испарители; РТО — регенеративный теплообменник; ОЖ — отделитель жидкости; М1...М7 — образцовые манометры; В1...В16 — запорные вентили; ДВ1, ДВ2 — регулирующие вентили; Д1, Д2 — дюзы; ТЭН 1, ТЭН 2 — электрические водонагреватели; G1, G2 — расходомеры CO<sub>2</sub>; G<sub>w1</sub>, G<sub>w2</sub> — расходомеры воды; ВН — вакуумный насос; CO<sub>2</sub> — баллон с жидким пищевым диоксидом углерода; t — термометры

было проведено экспериментальное исследование газоохладителей двух видов: соосного (типа “труба в трубе”) и кожухозмеевикового. Соосный аппарат (рис.5) позволяет получать промежуточные значения температур рабочего вещества и теплоносителя вдоль канала, что необходимо для тестирования разработанных алгоритмов, построенных на расчете изменения условий теплопередачи по длине канала; кожухозмеевиковый аппарат (рис.6) является прототипом реального газоохладителя для  $\text{THCO}_2$  малой мощности.

Экспериментальное исследование проводили в следующем диапазоне параметров: давление нагнетания  $p_2 = 9 \dots 13$  МПа; температуры: кипения  $t_0 = 5 \dots 20$  °С, газообразного R744 на входе в ГО  $t_{a1} = 70 \dots 110$  °С, на выходе из ГО  $t_{a2} = 25 \dots 45$  °С, теплоносителя на входе в ГО  $t_{w1} = 15 \dots 40$  °С, теплоносителя на выходе из ГО  $t_{w2} = 40 \dots 80$  °С; расход R744  $G = 0,01 \dots 0,025$  кг/с; массовая скорость R744  $M_a = 200 \dots 2000$  кг/(м<sup>2</sup> · с).

В соответствии с разработанной методикой исследования по результатам проведенных измерений определяют интегральный коэффициент теплопередачи аппарата, из которого затем получают интегральный коэффициент теплоотдачи со стороны газообразного R744, используя расчетный коэффициент теплоотдачи со стороны теплоносителя. Для расчета последнего существует достаточно надежная методика. Тем не менее для ее проверки и уточнения была проведена тарировка аппаратов на тарировочном стенде (рис. 7), где они работали по схеме вода-вода с

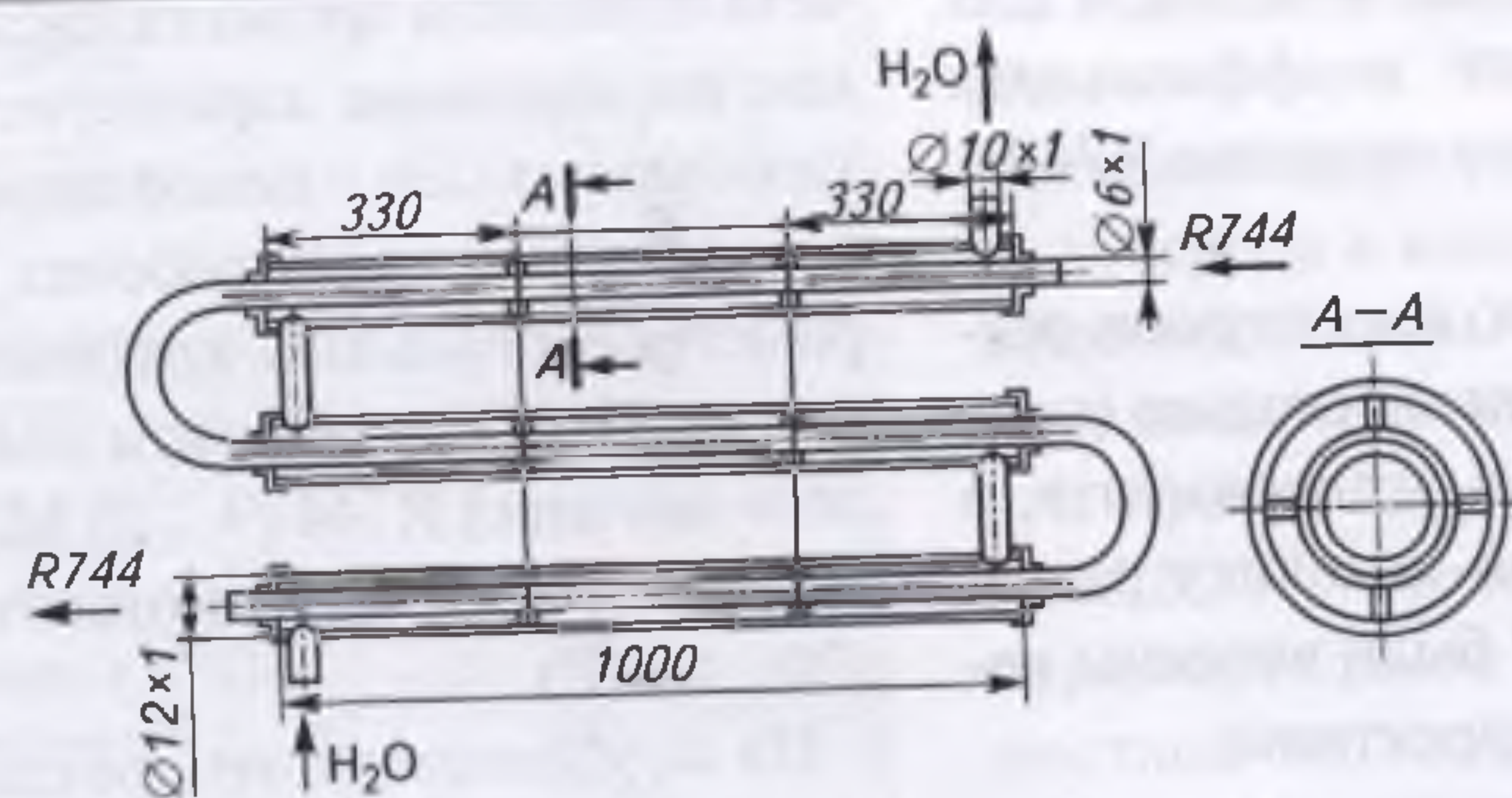


Рис. 5.  
Соосный  
ГО ТНСО2

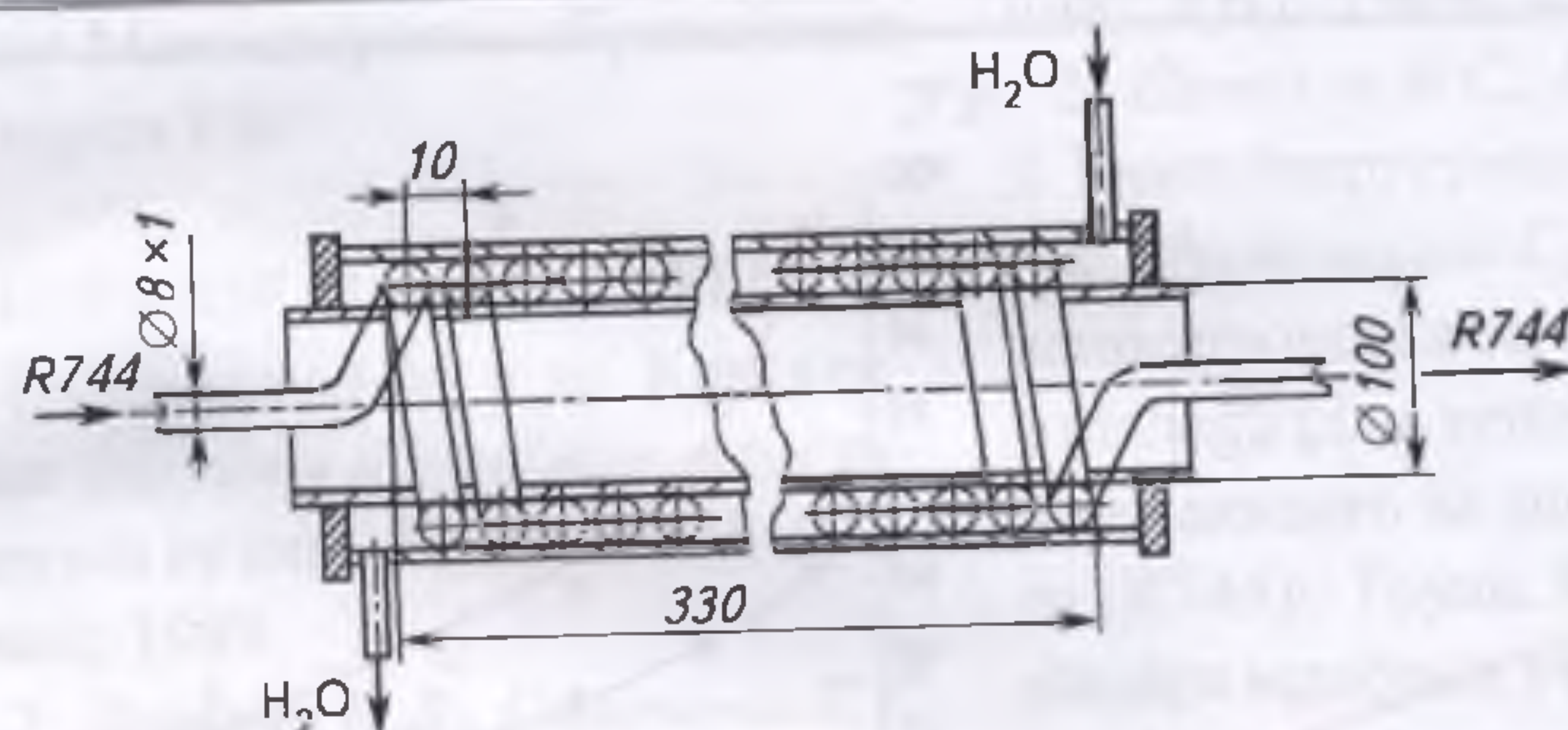


Рис. 6.  
Кожухозмее-  
виковый  
ГО ТНСО2

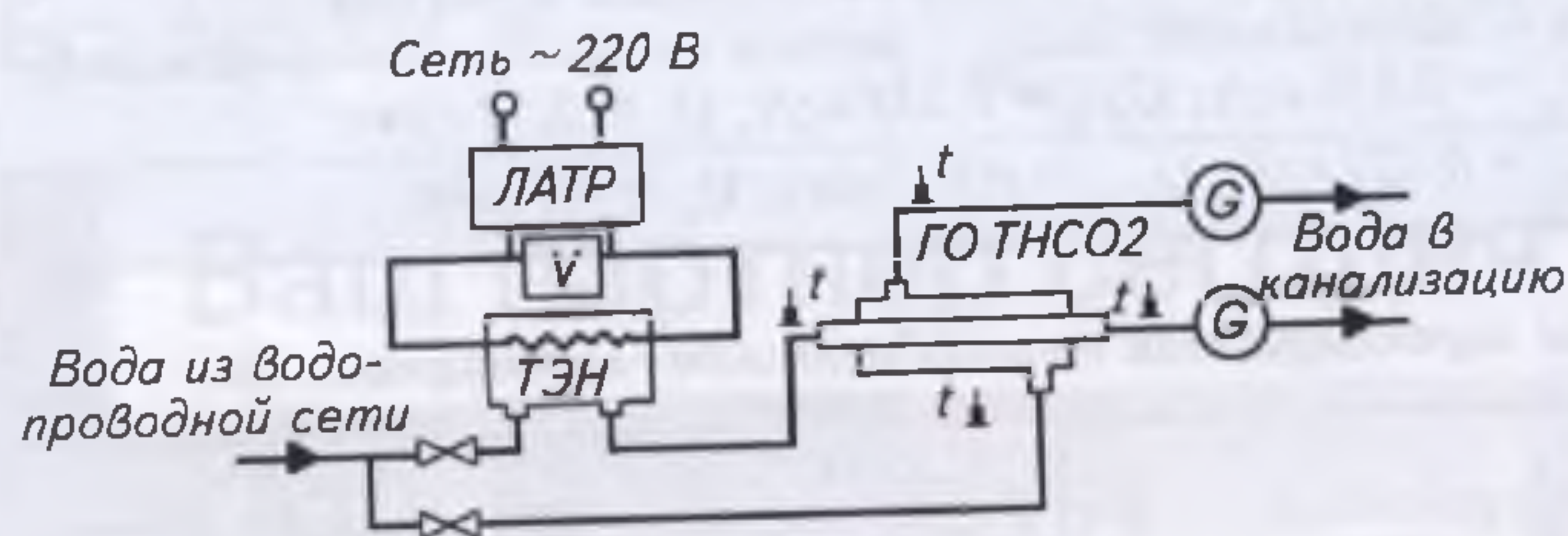


Рис. 7. Тарировочный стенд:  
ГО ТНСО2 — газоохладитель;  
ЛАТР — регулятор напряжения;  
ТЭН — электрический водонагреватель; V — вольтметр; G — расходомеры; t — термометры

подачей горячей воды в трубку, а холодной – в межтрубное пространство. Была получена экспериментальная зависимость коэффициента теплоотдачи со стороны теплоносителя от его расхода (скорости) при рабочих температурах.

Экспериментальные данные практически полностью совпали с расчетными, что указывает на отсутствие искажения проходного сечения и продольной перетечки тепла в ГО.

Достоверность принятого дифференциального метода расчета аппаратов подтверждена сопоставлением расчетного и полученного из эксперимента на соосном аппарате распределения температур газообразного R744 и теплоносителя вдоль канала (рис.8). Расхождение не превышает  $\pm 10\%$ .

Для интегрального коэффициента теплопередачи аппарата несовпадение расчетных и экспериментальных значений находи-

лось в пределах 4–17 %, а для интегрального коэффициента теплоотдачи со стороны R744 – 3–18 %.

Поскольку во всех случаях расчетные значения несколько выше полученных из эксперимента, в разработанную методику расчета ГО ТНСО<sub>2</sub> были внесены необходимые коррективы.

Подтвержденная эксперимен-  
тальными данными методика рас-

чета позволила провести численное исследование характеристик газоохладителей с целью определения оптимальных рабочих параметров реальных крупных и малых ТНСО<sub>2</sub> в широком диапазоне давлений R744 (9...13 МПа) и температур теплоносителя (20...80 °С).

На коэффициент теплоотдачи со стороны R744 сильнее всего влияет массовая скорость газа в

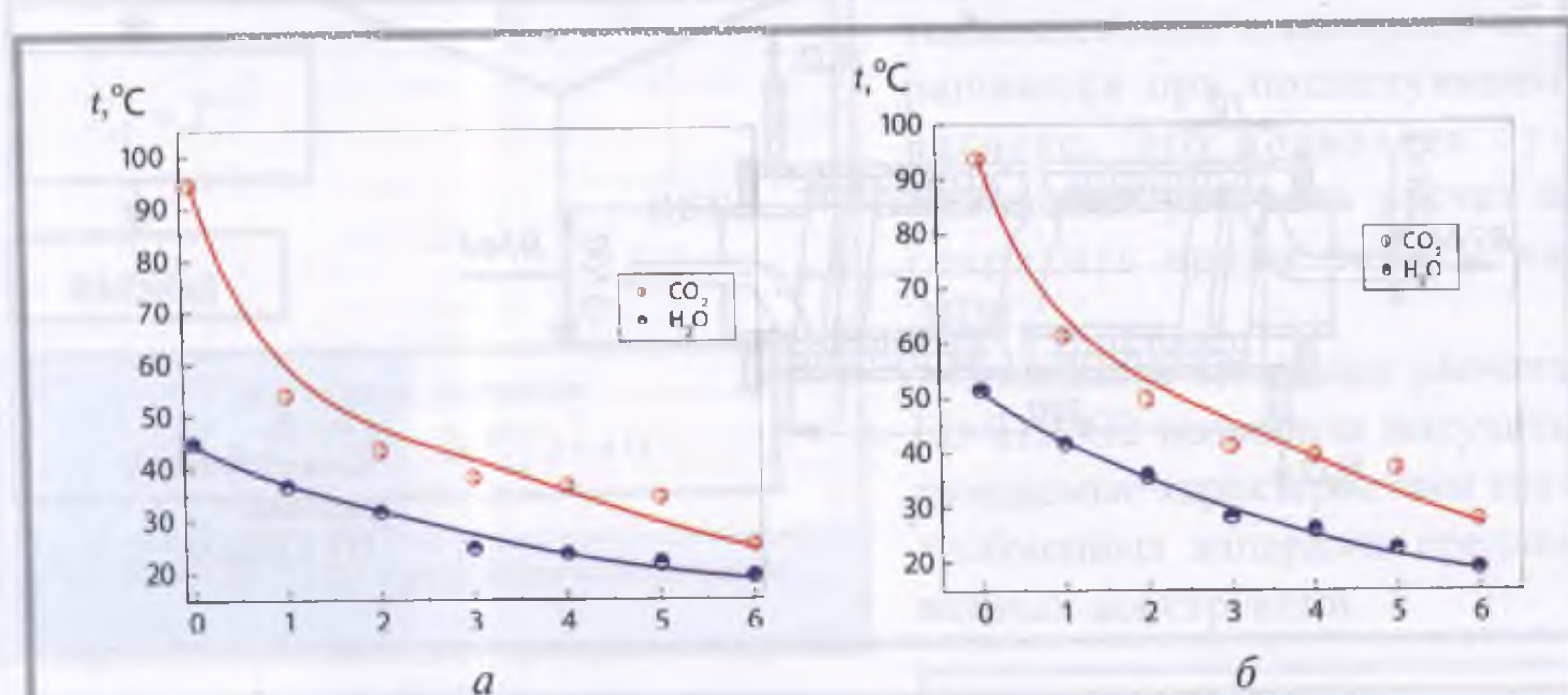


Рис. 8. Распределение температуры R744 и воды вдоль канала в соосном газоохладителе (точки – эксперимент, линии – расчет по предложенной методике):  
 а –  $p_{\text{CO}_2} = 9,7$  МПа;  $G_{\text{CO}_2} = 0,016$  кг/с;  $G_{\text{H}_2\text{O}} = 0,033$  кг/с;  $Q_w = 3,54$  кВт;  
 б –  $p_{\text{CO}_2} = 11$  МПа;  $G_{\text{CO}_2} = 0,021$  кг/с;  $G_{\text{H}_2\text{O}} = 0,033$  кг/с;  $Q_w = 4,5$  кВт

### Сопоставление характеристик теплообменников–водонагревателей

| Параметры водонагревателей                                                  | R744 | R142b         |      |
|-----------------------------------------------------------------------------|------|---------------|------|
|                                                                             | ГО   | КД            | ПО   |
| Тепловая нагрузка, МВт                                                      | 20   | 17            | 3    |
| Массовая скорость рабочего вещества, кг/(м <sup>2</sup> ·с)                 | 2000 | —             | 330  |
| Коэффициент теплоотдачи рабочего вещества, кВт/(м <sup>2</sup> ·К)          | 6,21 | 1,44          | 1,45 |
| Коэффициент теплоотдачи теплоносителя, кВт/(м <sup>2</sup> ·К)              | 6,31 | 10,34         | 11,5 |
| Коэффициент теплопередачи к внутренней поверхности, кВт/(м <sup>2</sup> ·К) | 3,6  | 2,2           | 2,3  |
| Число трубок, шт.                                                           | 864  | 2243          | 823  |
| Наружный диаметр трубки, мм                                                 | 12   | 20 (φ = 3,5)* |      |
| Внутренний диаметр трубки, мм                                               | 9    | 16            |      |
| Масса трубки на 1 м <sup>2</sup> внутренней поверхности, кг/м <sup>2</sup>  | 15,4 | 20,2          | 20,2 |
| Удельная масса трубок, кг/кВт                                               | 0,58 | 0,76          | 0,76 |
| Экономия по массе трубок, R744/R142b — 24,9 %                               |      |               |      |
| Удельная масса аппарата, кг/кВт                                             | 0,87 | 1,38          | 0,63 |
| Экономия по массе аппарата, R744/R142b — 37,8 %                             |      |               |      |

\* φ — коэффициент оребрения трубок.

трубке. Ее максимальные значения лимитируются относительной потерей давления в трубке  $\Delta p_a / p_a$ , которая не должна превышать 1,5 %, чтобы избежать искажения термодинамического цикла ТНСО<sub>2</sub>. Рекомендованная массовая скорость R744 в 5–15 раз превышает допустимую для фреонов (при равной относительной потере давления), что определяется фактором  $(p \cdot \rho)^{0.5}$ . Это обуславливает высокие значения коэффициента теплоотдачи со стороны R744.

Заданная массовая скорость в ГО ТНСО<sub>2</sub>, при которой достигается максимальное значение коэффициента теплоотдачи со стороны R744, обеспечивается изменением числа трубок. Удельная масса трубок на единицу площади внутренней теплообменной поверхности  $\gamma$  (кг/м<sup>2</sup>) при равной прочности снижается с уменьшением диаметра. Для крупных ГО ТНСО<sub>2</sub> с учетом ограничений по числу трубок оптимально использовать медные трубки Ø12×1,5, для малых ГО ТНСО<sub>2</sub> – медные трубки Ø8×1. Данные трубки поставляются в бухтах длиной до 100 м.

Скорость теплоносителя (сетевая вода) также лимитируется потерей давления в канале (межтрубном пространстве), что обусловлено ограничением доли аппарата в общем гидросопротивлении сети.

На основе проведенных исследований был спроектирован реальный ГО ТНСО<sub>2</sub> тепловой мощностью 20 МВт, исходные параметры которого приведены ниже.

В таблице дано сопоставление технико-экономических показателей спроектированного ГО и теплообменных аппаратов (конденсатор КД и переохладитель ПО), работающих в составе теп-

### Параметры ГО THCO<sub>2</sub>

|                                                                           |        |
|---------------------------------------------------------------------------|--------|
| Давление прямого потока R744 $p_2$ , МПа                                  | 12,1   |
| Тепловая нагрузка теплообменника Q, кВт                                   | 20000  |
| Расход прямого потока R744 $G_a$ , кг/с                                   | 109,83 |
| Расход обратного потока (нагреваемой воды) $G_w$ , кг/с                   | 111,88 |
| Температура R744 на входе в теплообменник после компрессора $t_{a1}$ , °C | 106,8  |
| Температура R744 на выходе из теплообменника $t_{a1}$ , °C                | 45     |
| Температура кипения R744 $t_o$ , °C                                       | 5      |
| Температура воды на входе в теплообменник $t_{w1}$ , °C                   | 40     |
| Температура воды на выходе из теплообменника $t_{w2}$ , °C                | 80     |
| Интегральная разность температур $\theta_{\text{инт}}$ , °C               | 7,44   |

лового насоса на R142b, при одинаковых температурах теплоносителя (температура конденсации фреона  $t_k = 85$  °C) и тепловой нагрузке.

Полученные результаты позволяют разрабатывать реальные ГО THCO<sub>2</sub>, массогабаритные показатели которых в среднем на 30 % ниже, чем у аппаратов аналогичного назначения в традиционных тепловых насосах.

Результаты работы использованы НПФ "ЭКИП" при создании пилотного образца THCO<sub>2</sub> теп-

ловой мощностью 20 кВт по заказу Министерства образования и науки РФ.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архаров А.М. и др. Криогенные системы // Учебник для студентов вузов. – М.: Машиностроение, 1999.

2. Деревич И.В., Смирнова Е.Г. Метод расчета теплообмена при противоточном движении теплоносителей с переменными теплофизическими свойствами // ТОХТ. 2002. Т.36. № 4.

3. Калнинь И. М., Васютин В. А., Пустовалов С. Б. Условия эффективного применения диоксида углерода в качестве рабочего вещества тепловых насосов // Холодильная техника. 2003. № 7.

4. Краснощеков Е.А., Кураева И.В., Протопопов В.С. Экспериментальное исследование местной теплоотдачи двуокиси углерода сверхкритического давления в условиях охлаждения // ТВТ. 1969. Т.7. № 5.

5. Петухов Б.С., Кириллов В.В. // Теплоэнергетика. 1958. № 4.

6. Пустовалов С.Б. Моделирование процесса теплообмена в газохладителе теплового насоса, работающего на диоксиде углерода (R744) // Труды XIV школы-семинара молодых ученых и специалистов под руководством академика РАН А. И. Леонтьева. Проблемы газодинамики и теплообмена в энергетических установках. – М.: МЭИ. 2003. Т.2.

**NOSKE-KAESER**

**Ваш партнер сегодня и завтра**



**Производитель промышленного оборудования с опытом работы более 100 лет:**

- холодильного и морозильного оборудования
- систем вентиляции и кондиционирования воздуха
- отопительных систем
- систем пожаротушения

**Носке-Кезер ГмбХ, Германия. Предприятие концерна ТиссенКрупп АГ**  
**Представительство в РФ**

123610, Москва, Краснопресненская наб., 12. Центр Международной Торговли, офис 1209  
Тел. (095) 2581145 / 2581143, Моб. (095) 7628170  
Факс: (095) 2581140 / 2582076, E-mail: [S.Kraft@thyssenkrupp.ru](mailto:S.Kraft@thyssenkrupp.ru)  
[www.noske-kaeser.de](http://www.noske-kaeser.de)



**Thyssenkrupp**



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

## Аммиачный осушитель ГРАССО Снижает энергопотребление и увеличивает долговечность холодильной установки



Аммиачный осушитель «Грассо»,  
который можно заказать сегодня



Новый дизайн аммиачного  
осушителя «Грассо»

На протяжении многих лет фирма «ГРАССО» специализируется на производстве компрессоров и холодильных агрегатов, использующих в качестве хладагента аммиак. Аммиак, обладая прекрасными термодинамическими характеристиками, не оказывает непосредственного влияния на озоновый слой и имеет относительно небольшой коэффициент глобального потепления. Благодаря этому работающее на аммиаке холодильное оборудование фирмы «ГРАССО» отлично зарекомендовало себя как экологически безопасное. Фирма «ГРАССО» постоянно ведет разработку устройств для снижения энергопотребления и увеличения КПД аммиачных установок, что в конечном итоге также способствует охране окружающей среды.

Аммиачный осушитель «ГРАССО» – одна из последних и наиболее перспективных новинок фирмы, которая уже успела хорошо зарекомендовать себя на российском рынке. Он является дополнением к устройству автоматического отделения неконденсирующихся газов PURGER и удаляет воду, проникающую в аммиачный контур во время работы установки или при выполнении работ по техническому обслуживанию. Вода растворяется в аммиаке мгновенно, поэтому очень трудно ее не только отделить, но и обнаружить в аммиаке.

Для холодильных установок наличие воды в аммиачном контуре крайне нежелательно. Даже сравнительно небольшое количество воды в хладагенте вызывает повышение температуры кипения на 1 °C, а это ведет к росту потребления электроэнергии на 3 %. Кроме того, вода способствует развитию коррозии, ускоренному старению масла и образованию осадка в установке. Это приводит к увеличению затрат на техническое обслуживание, связанное с необходимостью:

- более частой замены масла;
- замены деталей оборудования, подвергшихся коррозии;
- частой смены масляных фильтров;
- замены сальников.

Передвижной аммиачный осушитель «ГРАССО» позволяет осушать влажный аммиак, не прерывая работы установки, что при своевременном применении может предотвратить ее переувлажнение. Благодаря осушителю повышается эффективность работы аммиачных холодильных установок.

По вопросам привязки аммиачной осушительной установки к действующей холодильной системе просим Вас обращаться в наш офис.

Единственной реальной альтернативой применению аммиачного осушителя «ГРАССО» является полная замена насыщенного влагой аммиака (повторное заполнение установки сухим аммиаком). Этот процесс требует отключения холодильной установки и связан с дополнительными затратами на приобретение хладагента, утилизацию заменяемого аммиака и масла. В результате для установки, содержащей, например, около 4 т аммиака, дополнительные затраты могут превысить 15 000 евро, и это без учета

убытков, связанных с простоем установки.

Помимо основной задачи – удаления влаги – аммиачный осушитель удаляет из системы продукты механического износа и скоагулированное масло.

Эксплуатационные расходы на аммиачный осушитель «ГРАССО», учитывающие затраты на установку и эксплуатацию осушителя, удаление и замену аммиака, слитого с раствором, составляют лишь 10 % от суммы, необходимой для полной замены аммиака в системе.

Аммиачные осушители «ГРАССО 550» рекомендуется применять в крупных холодильных установках (холодопроизводительностью более 2000 кВт), при использовании аммиака низкого качества и в холодильных установках на базе двухступенчатых компрессорных агрегатов, работающих при температурах кипения ниже -34 °C (т. е. при давлении кипения ниже 1 бар, из-за чего возможен подсос влажного воздуха в контур хладагента).

Для меньших холодильных установок достаточно осушителя «ГРАССО 150».

Технические характеристики аммиачных осушителей «ГРАССО»

| Тип аммиачного осушителя «ГРАССО» | Аммиачный осушитель «ГРАССО 150» | Аммиачный осушитель «ГРАССО 550» |
|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Нагрев                            | Электрический 1,5 кВт            | Электрический 4,5 кВт            |
| Емкость, л                        | 150                              | 550                              |
| Длина/диаметр, мм                 | 2000×406                         | 2000×610                         |
| Система управления                | Мини-система SPS                 | Мини-система SPS                 |

Готовое к подключению автоматическое устройство легко транспортируется, имеет удобную для пользователя конструкцию. Аксессуары: шланги подключения, адаптеры, сифон, комплект переоснащения на нагрев горячим газом со стороны нагнетания.

Данные аммиачные осушительные установки апробированы на территории РФ и успешно функционируют на предприятиях нашей страны, принося ощутимый экономический эффект.

На все холодильное оборудование фирмы «Грассо» имеются сертификаты соответствия ГОСТ Р и Разрешение на применение Гортехнадзора 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@grasso.ru](mailto:grasso@grasso.ru). Адрес в Интернете: <http://www.grasso.nl>



## Новинки Danfoss на выставке IKK

В Нюрнберге состоялась крупнейшая выставка холодильной техники, где компания Danfoss объявила о начале продаж следующих моделей компрессоров:

- низкотемпературные герметичные поршневые компрессоры гаммы NTZ;
- поршневые компрессоры, адаптированные для частотного регулирования производительности гаммы VTZ;
- низкотемпературные спиральные компрессоры марки Speerall.

Также компания Danfoss представила новые модели спиральных компрессоров для систем кондиционирования:

- компрессор SZ380 – продолжение гаммы «больших» спиральных компрессоров. Предназначен для хладагента R407C и обладает мощностью 89,7 кВт\*;
- компрессоры SH для хладагента R410A, становящегося все более популярным в последнее время в кондиционировании.

Кроме того, было официально объявлено об организации совместного предприятия Danfoss Turbosor. Это означает, что в ближайшем будущем в номенклатуре Danfoss появятся турбокомпрессоры.

Расскажем более подробно о каждой новинке.

### Низкотемпературные герметичные поршневые компрессоры гаммы NTZ для хладагентов R404A/R507A

Значительные ресурсы компании были вложены в развитие этой серии компрессоров. За несколько лет был разработан и успешно прошел испытания компрессор NTZ (рис. 1), обладающий следующими преимуществами:

- расширенный диапазон температур кипения хладагента:  $-10 \dots -45^\circ\text{C}$ ;
- повышенная надежность;
- температура всасываемого газа может достигать до  $+20^\circ\text{C}$ ;
- не требуется дополнительный впрыск хладагента в полость сжатия;
- полностью охлаждается всасываемым хладагентом;
- высокий холодильный коэффициент.

Увеличенный диапазон температур кипения позволит существенно расширить область применения компрессоров (рис. 2). Теперь один и тот же компрессор может быть использован как для заморозки, так и для хранения.



Рис. 1. Низкотемпературный герметичный поршневой компрессор NTZ

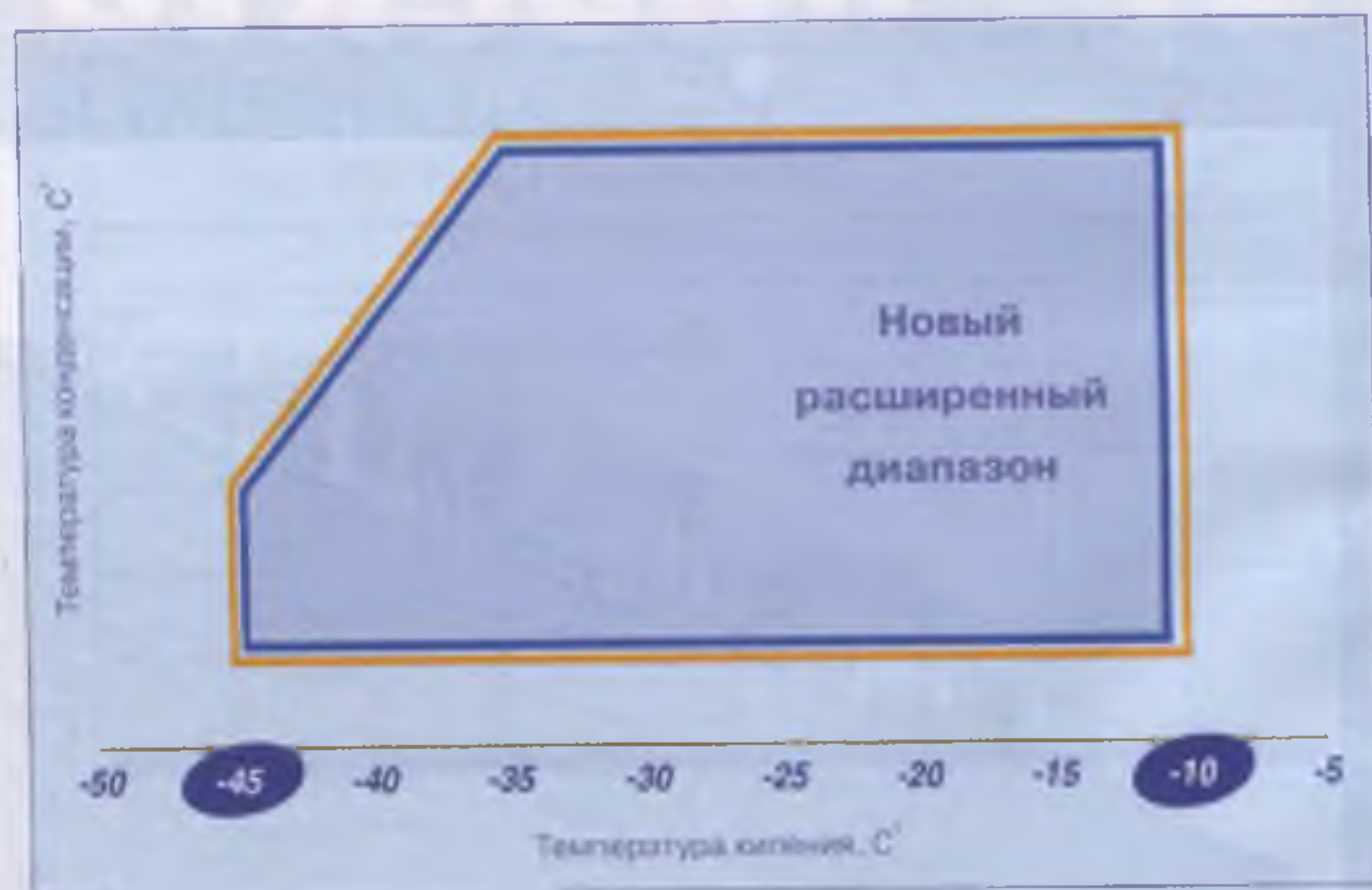


Рис. 2. Границы применения компрессора NTZ

Отсутствие необходимости впрыска хладагента в полость сжатия – это значительное преимущество перед низкотемпературными спиральными компрессорами.

NTZ – легкий в монтаже, надежный, высокоэффективный современный компрессор – отличный выбор для низкотемпературных установок.

### Поршневые компрессоры, адаптированные для частотного регулирования производительности

Диапазон частоты вращения компрессоров VTZ 30–90 Гц позволит регулировать холодопроизводительность компрессора от 100 до 300 %. Теперь мы можем предложить решение для оптимального регулирования холодопроизводительности холодильных установок – компрессоры VTZ и частотные преобразователи AKD (рис. 3).



Рис. 3. Компрессор VTZ и частотный преобразователь AKD

Исследования показали, что практически все холодильные установки большую часть времени работают в режиме частичных нагрузок. Обычно повышенная производительность требуется лишь в непродолжительные периоды жаркого лета. Применяя частотное регулирование, можно выбирать компрессор меньшего типоразмера без запаса по холодопроизводительности. В периоды большой тепловой нагрузки повышается частота вращения вала компрессора, что обеспечивает нормальную работу холодильной установки в течение всего года.

Преимущества применения компрессоров VTZ:

- отпадает необходимость приобретения компрессора большего типоразмера с запасом по производительности;

- точное бесступенчатое регулирование холодопроизводительности и температуры;
- уменьшение пусковых токов;
- снижение расходов на электроэнергию;
- увеличение ресурса работы компрессора путем снижения количества циклов пусков-остановов.

**Danfoss**

### Низкотемпературные спиральные компрессоры марки Speerall

Высокоэффективные спиральные компрессоры Speerall (рис. 4) представлены двумя модельными рядами:

- среднетемпературный ряд MFZ с широким диапазоном температур кипения от  $-30$  до  $+7$  °C. Выпущено две модели компрессоров – 17,2 кВт и 25,7 кВт ( $T_{\text{кип.}} = -10$  °C,  $T_{\text{конд.}} = +40$  °C);
- низкотемпературный ряд LFZ с диапазоном температур кипения от  $-45$  до  $-15$  °C.

Выпущено две модели компрессоров – 6,6 кВт и 9,9 кВт ( $T_{\text{кип.}} = -35$  °C,  $T_{\text{конд.}} = +40$  °C).

Низкотемпературные компрессоры оборудованы электронной системой впрыска хладагента в камеру сжатия.

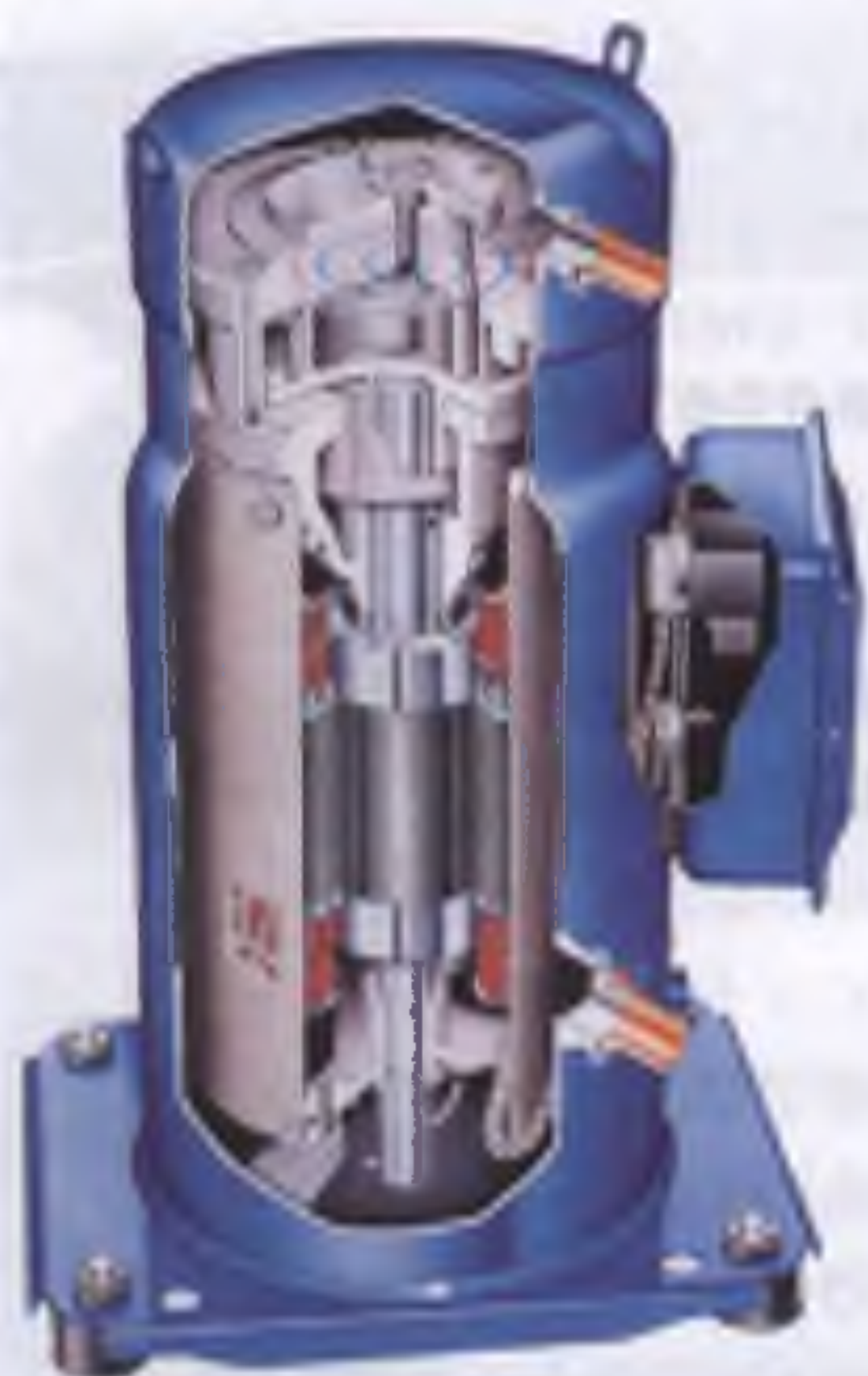


Рис. 4  
Спиральный компрессор

В будущем модельный ряд спиральных компрессоров будет расширяться. Компрессоры марки Speerall являются идеальным выбором для холодильных систем магазинов и супермаркетов. На их основе можно собирать холодильные центральные, устанавливая их в параллель.

### Новые спиральные компрессоры для систем кондиционирования

Danfoss продолжает развивать гамму спиральных компрессоров для систем кондиционирования воздуха, что объясняется большим спросом на такие компрессоры. Каждый год продажи спиральных компрессоров Danfoss увеличиваются примерно на 30 %.

Холодопроизводительность спиральных компрессоров превышает уровень 20 кВт.

Разработав два года назад большие спиральные компрессоры SY/SZ240 и SY/SZ 300, Danfoss не остановился на достигнутом и выпустил на рынок в 2004 году еще больший компрессор – SZ380 холодопроизводительностью 89 кВт\* (хладагент R407C).

Кроме того, появились еще четыре модели спиральных компрессоров, предназначенные для хладагента R410A, это компрессоры SH125, 180, 240, 300, имеющие холодопроизводительность 29, 43, 58 и 71 кВт\* соответственно.

### Турбокомпрессоры Danfoss Turbocor

В 2004 году компания Danfoss и канадская компания Turbocor образовали совместное предприятие по производству турбокомпрессоров для систем кондиционирования воздуха (рис. 5).

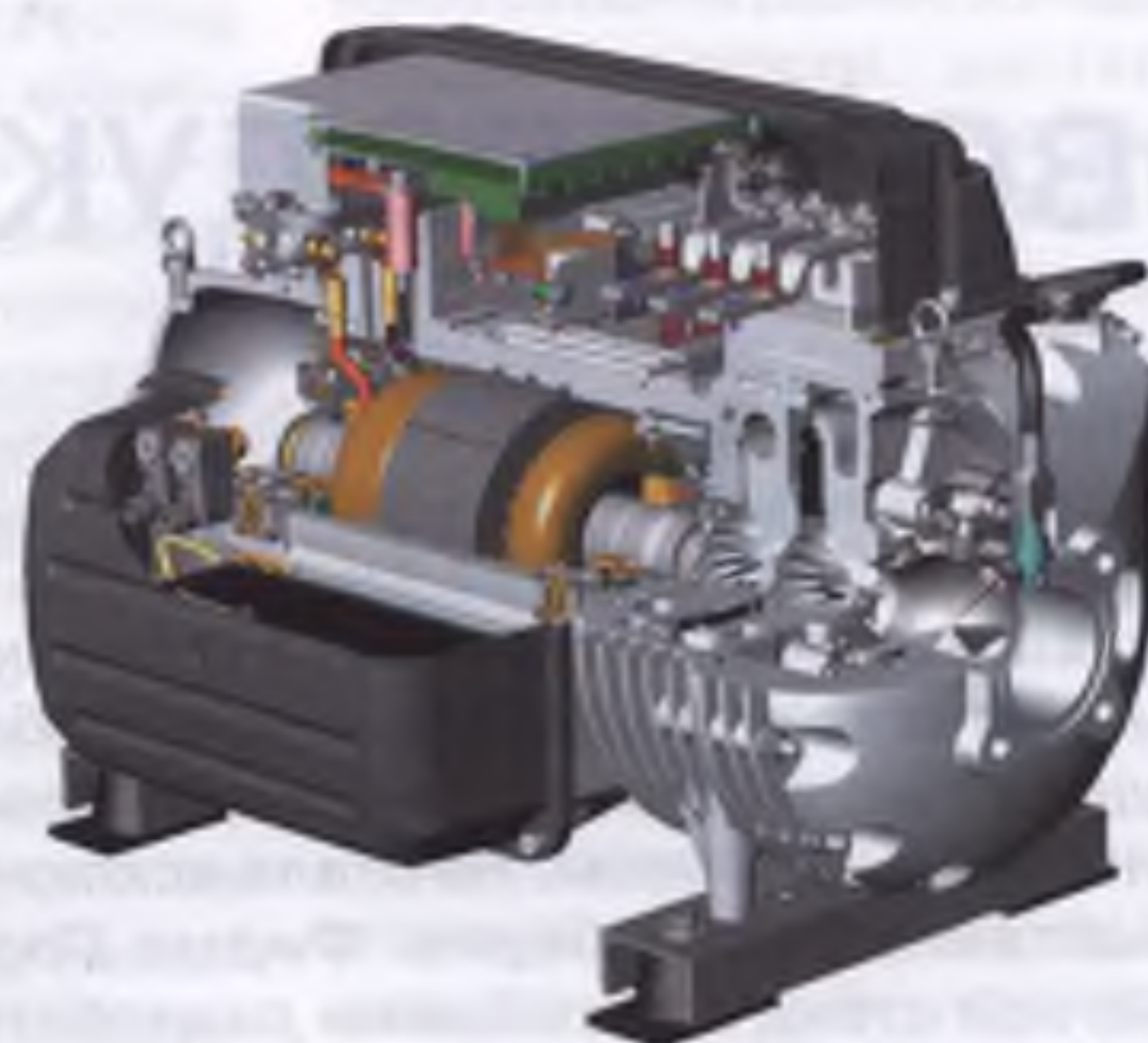


Рис. 5. Турбокомпрессор Danfoss Turbocor

В данное время турбокомпрессоры довольно редко применяются на практике. Однако компания Danfoss уже в следующем году будет готова предложить компрессор, который привлечет многих производителей систем кондиционирования воздуха легкой промышленной серии. Новый компрессор предназначен для работы с хладагентом R134a, имеет холодопроизводительность порядка 400 кВт.

Преимущества турбокомпрессора Danfoss Turbocor:

- Не нуждается в масле благодаря применению магнитных подшипников. Таким образом исключается проблема возврата масла;
- Большой диапазон регулирования частоты вращения: 18 000 – 48 000 об/мин;
- Малый уровень шума – всего 70 дБ(а);
- Малый пусковой ток – около 2 А;
- Малый вес – 135 кг.

Danfoss осуществляет значительные инвестиции в развитие компрессорного оборудования. Каждый год появляются новые модели компрессоров, отвечающие требованиям современного рынка. ЗАО «Данфосс», российское отделение продаж компании Danfoss, продвигая на рынок новую продукцию, стремится оказать высококвалифицированную техническую поддержку нового оборудования.

Мы всегда готовы предложить нашим клиентам современные технические решения в области холодильной техники.

Для получения более подробной информации об описанном оборудовании обращайтесь в отделения продаж компании Danfoss по указанным ниже телефонам.

А. Н. Ангельчев, инженер отдела  
холодильной техники и кондиционирования

\* Стандартные условия кондиционирования:

$T_{\text{кип.}} = +7,2$  °C,  $T_{\text{конд.}} = +54,4$  °C, перегрев 11,1 К, переохлаждение 8,3 К.

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

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

# С НОВОЙ ПРОДУКЦИЕЙ В НОВЫЙ ГОД

**С.Ю. ГОРОХОВ, С.А. ХОДЖЕМИРОВ**  
Emerson Climate Technologies/ Copeland

Ежегодная октябрьская выставка IKK в Германии является своеобразным отчетом о проделанной работе: многие компании традиционно готовят к этой дате премьеры новинок для холодильного рынка Европы. Не стала исключением и 25-я юбилейная выставка в Нюрнберге. Фирма Copeland также представила на ней стенд с новейшими разработками.

## КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ПРЕВЫШЕ ВСЕГО

Copeland является безусловным лидером в производстве спиральных компрессоров для систем кондиционирования воздуха (СКВ) и тепловых насосов. Все новые разработки по спиральным компрессорам прежде всего появляются в версиях для кондиционирования. Тому есть ряд причин:

- ✓ режим кондиционирования является наиболее щадящим для холодильных компрессоров в связи с малыми перепадами давлений и меньшим количеством нештатных ситуаций, возникающих при эксплуатации;

✓ емкость мирового рынка компрессоров для кондиционирования более чем в 2 раза превышает потребность в средне- и низкотемпературных компрессорах;

- ✓ оборудование для СКВ более стандартизировано, при этом оно в основном производится крупносерийно специализированными заводами.

Следовательно, любым новинкам в области кондиционирования, конечно, при наличии соответствующих достоинств суждено быть быстрее внедренными на практике. Итак, что нового предлагает Copeland?

С августа 2004 г. начались поставки нового, самого мощного компрессора для систем конди-

ционирования ZR380 (30 л.с.). "Тандемы" и "Трио" таких компрессоров дают суммарную холодопроизводительность, эквивалентную холодопроизводительности компактного винтового компрессора с мощностью привода до 100...110 л.с. Благодаря меньшему энергопотреблению по сравнению не только с винтовыми, но и с поршневыми машинами модель компрессора ZR380, безусловно, будет востребована производителями чиллеров, в которых сегодня широко применяют, к примеру, полугерметичные 6-цилиндровые модели D6SH-350X/D6DH-350X.

Для заводов-производителей оборудования для СКВ предлагаются новейшие спиральные компрессоры моделей ZRD42/48/81 с цифровым плавным регулированием холодопроизводительности от 10 до 100%. Новые модели компрессорно-конденсаторных агрегатов для наружной установки Outdoor Units уже оборудуются такими компрессорами, но об этом позже.

С января 2005 г. на рынок поступят новые модели ZP235 и ZP295 для работы на R410A – перспективном хладагенте, динамично замещающем R22 в новых системах кондиционирования. Таким образом, нынешняя линейка компрессоров ZP будет расширена по



### Стено Copeland на IKK'04

мощности привода с 2...15 л.с. до 25 л.с. Уже сегодня модельный ряд ZP востребован ведущими производителями оборудования для СКВ: Ciat, Carrier, Stiebel Eltron, Rosa и др.

Линейка компрессоров ZH для тепловых насосов пополнилась однофазными моделями. Теперь потребители получают полный ряд моделей ZH от 2 до 15 л.с. С помощью тепловых насосов с такими компрессорами можно нагревать воду до 50 °С. При этом источником низкопотенциального тепла служат воздух, вода (теплые водоемы, геотермальные источники и т.п.) и грунт.

Новое поколение компрессоров ZH с впрыском хладагента по технологии EVI позволяет получать



Рис. 1. Компрессор Dual Scroll ZR760

Во второй половине 2005 г. ожидается начало серийного производства на заводе в г. Велькенрадте (Бельгия) горизонтальных полугерметичных спиральных компрессоров Dual Scroll (рис. 1) с мощностью привода 60 л.с. и тандемов на их базе мощностью до 120 л.с. Когда в 2003 г. на выставке представлялись первые образцы таких компрессоров, у некоторых посетителей возникали ассоциации с космическими станциями. Вспышки фотоаппаратов возле них не прекращались ни на минуту. И действительно, по совершенству исполнения они, можно сказать, соответствуют космическим технологиям. В настоящее время в Велькенрадте уже работает экспериментальная производственная линия. Компрессоры Dual Scroll по массогабаритным показателям превосходят аналогичные по холодопроизводительности компактные винтовые компрессоры с мощностью привода 70 и 140 л.с. соответственно. В едином полугерметичном корпусе установлены 2 спиральных блока (для тандема – 4) с общим электродвигателем и единым эксцентриковым валом. В состав компрессора входят масляный насос и устройство ступенчатого регулирования холодопроизводительности от 50 до 100 %. Соответственно и в тандемах с такими компрессорами осуществляется ступенчатое регулирование 25/50/75/100 %. Эффективное охлаждение электродвигателя компрессора позволяет ему надежно работать в режимах с частичной холодопроизводительностью (в отличие от некоторых винтовых компрессоров, которые могут при этом перегреваться). В перспективе такие экономичные и высоконадежные компрессоры будут весьма серьезной альтернативой винтовым компрессорам.

Особый интерес представляет холодильный низкотемпературный спиральный компрессор второго поколения ZF с впрыском EVI (рис. 2), оптимизированный для работы с экономайзером. Условно этот компрессор можно назвать двухступенчатым спиральным. Использование экономайзера в низкотемпературном режиме ( $-35/+45\text{ }^{\circ}\text{C}$ , R404A) позволяет повысить холодопроизводительность системы с EVI компрессором на 45 %, а холодильный коэффициент – на 27 %. Компрессор имеет самый высокий холодильный коэффициент, близкий к холодильному коэффициенту поршневого компрессора Discus (сегодня имеющего самый высокий в мире холодильный коэффициент среди одноступенчатых компрессоров, работающих в низкотемпературных режимах). Уже с нового года на рынок начнут поступать 6 моделей этого семейства компрессоров с мощностью привода 4...15 л.с. (модели ZF13/18/24/33/40/48 KVE). По нашим оценкам, такие компрессоры найдут широкое применение в составе центральных компрессорных станций для супермаркетов и складов хранения, делая системы холодоснабжения еще более компактными и экономичными.

компрессорами ZF40KVE. Единичная холодопроизводительность компрессора ZF48KVE в низкотемпературном режиме становится почти равной холодопроизводительности достаточно крупного 4-цилиндрового компрессора Discus D4DT-220X.

Для приверженцев поршневой технологии в новом году будет производиться 6-цилиндровый компрессор D6SU-4000. Это низкотемпературный компрессор со стандартной пластинчатой клапанной доской для работы на R22, что особенно важно для рынка стран СНГ. Вместо достаточно дорогой электронной системы впрыска на этом компрессоре установлен механический вентиль DTC, обеспечивающий впрыск жидкости на стороне всасывания по мере необходимости, что гораздо более просто. Летом 2005 г. планируется также приступить к выпуску и других моделей с пластинчатыми клапанными досками для работы в низкотемпературном режиме на R22 с вентилем DTC (все 4-, 6-цилиндровые модели S-ряда). Благодаря этому потребитель получает полное право выбирать низкотемпературные модели из двух полных рядов, исходя из экономических соображений: Discus – для минимизации эксплуатационных расходов, S-ряд – для уменьшения капитальных затрат.

В этом году Copeland предлагает уникальное конструкторское решение в области компрессорно-конденсаторных агрегатов. Оно реализовано в новой серии агрегатов для работ на открытом воздухе Outdoor Units (для районов с мягкими зимами). В таком

агрегате используют 1 или 2 компрессора, причем один из них может иметь цифровое регулирование холодопроизводительности от 10 до 100 % (среднетемпературные агрегаты OMQ30/45/60/90 D). Таким образом, холодопроизводительность 2-компрессорного агрегата может плавно изменяться от 5 до 100 %. В его состав входят все необходимые компоненты (конденсатор с вентиляторами, жидкостный ресивер, фильтр-осушитель, смотровое стекло, реле высокого/низкого давления, соленоидные вентили жидкостной и так называемой "цифровой" управляющей линии, маслоотделитель, электронные регуляторы уровня масла, электронный контроллер, электроавтоматика, шумопоглощающий кожух). Вентилляторы можно дополнительно оборудовать регуляторами частоты вращения нового поколения серии FSP-150 (изменяющими частоту вращения до 30 % от номинальной). Монтажнику остается лишь добавить соответствующий испаритель, TPV, термостат, смонтировать и запустить установку.

Но главное преимущество данных агрегатов состоит в том, что можно объединять их в единую систему до 4 единиц (максимум до 8 компрессоров). При этом отпадает необходимость в специальном машинном отделении, что позволяет использовать освободившуюся площадь для выкладки продуктов и снижает себестоимость объекта в целом. Агрегаты могут размещаться на крыше или на стене магазина или склада. Для группы агрегатов дополнительно выпускается общий ресиверный блок. В агрегатах предусмотрены все необходимые соединения для параллельной работы (маслораспределительные и маслоуравнительные линии, выходы на всасывающий/нагнетательный коллекторы).

Применение Digital Scroll с плавным регулированием холодопроизводительности обеспечивает прецизионное поддержание температуры в системе и позволяет заметно повысить качество хранения пищевой продукции.

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕСПЛАТНО

Новые агрегаты легко подобрать с помощью последней версии программы Select 6, которая размещена на нашем сайте [www.eCopeland.com](http://www.eCopeland.com).

Новая версия программы имеет более удобный интерфейс, в том числе на русском языке. В ее базу данных включены все последние новинки, которые уже есть в продаже или ожидаются в следующем году. Данные рабочих режимов большинства компрессоров публикуются по версии ASERCOM (Европейская ассоциация производителей холодильного компрессорного оборудования). Программа позволяет рассчитать холодопроизводительность, потребляемую мощность, холодильный коэффициент, тепловую производительность конденсатора, массовый расход хладагента для любого допустимого режима. В программе содержится много справочной информации относительно габаритов, массы, присоединительных размеров, заправки масла, уровней шума, пусковых токов, сопротивлений обмоток, производительности экономайзера, дополнительного оборудования и т.д. При желании можно вывести результаты расчетов и табличные данные на печать, дополнив их при необходимости габаритными чертежами. Для правильного расчета годовой стоимости потребляемой электроэнергии в новую версию добавлены среднегодовые температурные профили более 20 городов стран СНГ. Пользователю необходимо ввести лишь стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, и программа сообщит, какой счет от Энергосбыта будет получен в конце года.

## БУДУЩЕЕ ЗА ЭЛЕКТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ АВТОМАТИЗАЦИИ

В новом году семейство электронных контроллеров Alco Controls для комплексной автоматизации холодильных установок

пополнится новыми моделями, предназначенными для работы в обычных компьютерных сетях. При этом функцию диспетчерского пункта сможет выполнять любой компьютер локальной сети предприятия, поддерживающий стандартный протокол связи TCP/IP. Каждый контроллер имеет встроенный IP-адрес, позволяющий идентифицировать его в сети. Встроенное программное обеспечение эмулирует информацию в виде веб-страниц. Таким образом, пользователю не требуется ничего, кроме установленных на его компьютере стандартных средств Windows. С помощью Internet Explorer на индивидуальном веб-сайте каждого контроллера можно настроить его рабочие параметры, а также считать информацию о его работе.

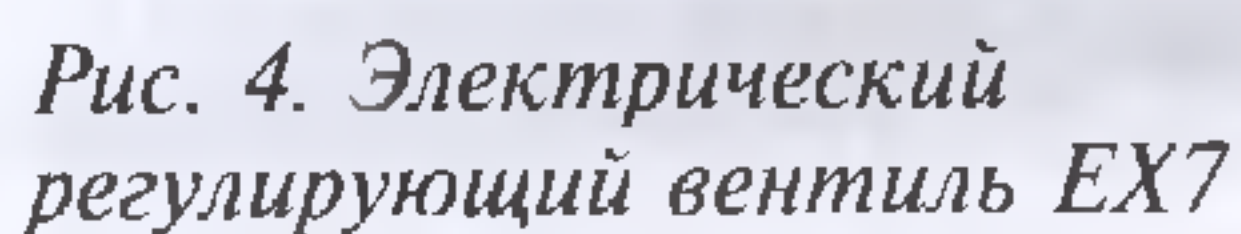
Подобные электронные системы автоматизации охватят еще более широкий круг оборудования, в частности холодильные системы с небольшим числом объектов охлаждения. В принципе обращение к конкретному контроллеру можно осуществить не только внутри локальной сети, но и за ее пределами посредством Интернета. Однако в этом случае сеть должна быть доступна для внешних пользователей при соблюдении стандартных мер компьютерной безопасности.

Таким образом, в арсенале Alco Controls теперь имеются:

- ✓ полный набор контроллеров для настройки, полноценного синхронизированного управления и мониторинга сложных холодильных установок с применением сервера AMS-50X (контроллеры семейств \*\*0/\*\*1, работающие с открытым протоколом связи LON фирмы Echelon (рис. 3);



Рис. 3. Контроллер серии EC3



Применение контроллеров Alco Controls в сочетании с электронными вентилями EX2 (с импульсной модуляцией) или EX5/6/7/8 (рис. 4) (с шаговым двигателем) и спиральными компрессорами Copeland позволяет заметно снизить эксплуатационные расходы благодаря 40%-ной экономии потребляемой электроэнергии.

Еще одна новинка – электронный регулятор уровня масла в картере компрессора серии ОМЗ (рис. 5). Данный прибор незаметен для многокомпрессорных центральных, а также одиночных компрессоров, не оборудованных масляным насосом (соответственно нет возможности установить РКС). Главное его отличие от простых поплавковых регуляторов заключается в наличии защитной обратной связи для аварийного отключения компрессора в случае, когда уровень масла не успевает восстановиться до допустимых значений. Новый прибор ОМЗ отличается от предыдущего ОМА принципом регулирования (по зоне уровня масла), классом защиты (повышен до IP65), высоким напряжением рележного контакта (220 В вместо прежних 24 В) и др. Он имеет мо-

Рис. 5. Регулятор уровня масла в картере серии ОМЗ

дульную конструкцию, облегчающую его монтаж и подключение. Эффективность и надежность предыдущей версии данного прибора уже были по достоинству оценены европейскими потребителями. Первая модель ОМА завоевала более 60% рынка регуляторов уровня масла за последние 3 года. Мы уверены, что новая модель только закрепит это лидерство.

Комплексное техническое решение дает гораздо больший экономический эффект, чем индивидуальные преимущества отдельных современных электронных компонентов. А электроника Alco Controls позволяет автоматизировать холодильную установку именно комплексно.

## БОЛЕЕ ПОДРОБНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Если вы хотите поподробнее узнать о всех новинках фирмы, то приглашаем вас и ваших коллег принять участие в нашем традиционном инженерном семинаре, который состоится 10–11 февраля 2005 г.

в Москве в офисе фирмы:

**Москва, Малая Трубецкая, д. 8.**

**Тел. (095) 232 94 72,**

**факс (095) 232 03 56**

**E-mail: NKaterinchuk@mtu-net.ru**

*Присылайте ваши заявки  
и до встречи на семинаре!*



**Copeland®**

**Инженерно-технические семинары  
Copeland / Alco Controls  
«Компрессоры, холодильная  
автоматика и новинки 2004-2005 гг.»**

10-11 февраля  
2005  
г. Москва,  
Россия

2-3 марта  
2005  
г. Киев,  
Украина

**(Во время проведения  
выставки  
«ПромХолод-2005»)**

Координатор:  
Наталья Катеринчук  
Тел. +7/095/2329472  
Факс +7/095/2320356  
e-mail:  
nkaterinchuk@mtu-net.ru

Координатор:  
Андрей Гладченко  
Тел. +38/044/4929924  
Факс +38/044/4929925  
e-mail:  
copeland@naverex.kiev.ua

[www.eCopeland.com](http://www.eCopeland.com)



# IKK-2004 глазами

Прошедшей 13–15 октября этого года в Нюрнберге (Германия) Международной выставке-ярмарке холодильной техники, кондиционирования и вентиляции IKK – признанному мировому лидеру среди выставок в области холодильной техники и лидирующей в мире выставке по кондиционированию и вентиляции – исполнилось 25 лет. И юбилейная экспозиция выставки, отразившая последние достижения в этой области, еще раз подтвердила ее высочайший международный статус. На выставке демонстрировались новинки как непосредственно холодильной техники и техники кондиционирования и вентиляции, так и комплектующих, инструментов, материалов.

Экспозицию выставки представляли три раздела:

✓ Искусственный холод

- Холодильное оборудование для предприятий торговли, перерабатывающей, пищевой и других отраслей промышленности, строительства, транспорта и сервиса.

Накануне открытия выставки, 12 октября, состоялись традиционный симпозиум Aserom, посвященный теме "Европа в 2004 году. Защита окружающей среды – программы по защите климата", третий форум IKK для проектировщиков, инвесторов, специалистов по управлению, обслуживанию и монтажу оборудования, а также презентации.

## Холод на Европу наступает с двух сторон

(путевые впечатления)

**В.И. ВЕЛЮХАНОВ, К.А КОПТЕЛОВ**  
"Фригодизайн"

Октябрь для российских холодильщиков всегда был временем "себя показать и на других посмотреть". В этом году одна за другой были проведены две крупные выставки – сначала в Москве "АГРОПРОДМАШ-2004" и буквально через несколько дней IKK-2004 в Нюрнберге, что дало возможность отследить основные тенденции развития мирового и российского холодильного рынка.

Выставка в Германии продолжалась всего три полных рабочих дня (с 9 до 18 ч) и при этом занимала пло-

- Оснастка и инструменты для монтажа и обслуживания.
- Оборудование для перевозки хладагентов и масел.
- ✓ Техника кондиционирования воздуха
- Установки кондиционирования воздуха большой мощности промышленного и торгового назначения.
- Воздушные кондиционеры, сплит- и мультисплитагрегаты, VRF-системы.
- Бытовые кондиционеры малой и средней мощности и комплектующие для них.
- Установки холодоснабжения и отопления.
- Охлаждающие потолки.
- Чиллеры и конденсаторы.
- ✓ Вентиляционное оборудование
- Центральные системы вентиляции.
- Вентиляторы.
- Системы и компоненты для перемещения, обработки и распределения воздуха.
- Системы увлажнения воздуха.
- Фильтры и очистители воздуха.

щадь, в 6 раз превышающую площадь павильона № 1 Экспоцентра на Красной Пресне в Москве, что не позволяло посетителям и участникам расслабляться. Для оценки представительности и национального состава фирм-участниц приведем сухую статистику: Германия – около 300 стендов, Италия – 150, Англия – 48, США – 44, Франция – 28, Турция – 25, страны Юго-Восточной Азии – 107 стендов и, конечно, неизменный "ОРЛЕКС" – единственный и постоянный представитель России на выставках IKK.

Объем выставки впечатляет, и при желании здесь можно было увидеть много нового. По сравнению с предыдущими годами заметно выросло число участников из Турции и Китая, и, судя по количеству посетителей на их стендах, в том числе из Германии и Италии, скоро сложно будет определить географию изготовления покупаемого в Европе товара.

Наибольший наплыв посетителей, как всегда, наблюдался на стендах фирм-производителей компрессоров и холодильных агрегатов для коммерческого холода: *Bitzer, Bock, Copeland, Danfoss, Tecumseh*.

Среди наиболее интересных новинок фирмы *Bitzer* можно отметить новые модели тандем-компрессоров серии Octagon; ряд компрессоров на CO<sub>2</sub> для низкотемпературных каскадных машин, более мощный компрессор серии CHS.

Фирма *Copeland* представила спиральный компрессор горизонтальной компоновки с двумя спиральными парами, расположенными по обе стороны от электродвигателя на едином валу.

Традиционно интересными были стенды производителей герметичных компрессоров. На стенде *Tecumseh* в качестве новинки были предложены модульная холодильная установка для шкафов охлажде-



Компрессор  
*Turbocor*.

Пока это  
самое новое...

# российских специалистов

ния напитков, а также новые модели горизонтальных ротационных компрессоров для торгового оборудования. Этот стенд отличался особым гостеприимством по отношению к нашим землякам: почти всегда там была слышна русская речь.

Среди производителей промышленных компрессоров были уже известные нам японская фирма *MYSOM*, представившая свою новую разработку – поршневой компрессор на  $\text{CO}_2$ , и английская фирма, производящая одновинтовые полугерметичные и открытые компрессоры.

Индийская фирма показала промышленные поршневые холодильные компрессоры на R22 или аммиаке, которые в двухступенчатом исполнении могут работать при температуре кипения до  $-55^{\circ}\text{C}$ . Компановкой, размерами и некоторыми особенностями конструкции (сварной корпус) эти компрессоры напоминают продукцию немецкой фирмы *Grasso*.

Американская фирма *Carlyle*, структурно входящая в корпорацию *Carrier*, также продемонстрировала поршневые и винтовые компрессоры промышленной серии.

Важным событием на холодильном рынке явилось создание компанией *Danfoss* и канадской фирмой *Turbocor Inc.* совместного предприятия по производству турбокомпрессоров для промышленного и коммерческого холода. На стендах нескольких фирм уже демонстрировались чиллеры с этими компрессорами.

На выставке было очень много стран-участниц из Юго-Восточной Азии, что свидетельствует о планомерном наступлении фирм этого региона на европейский рынок и создаст на нем еще более жесткую конкуренцию.

Фирма из Тайваня демонстрировала на стенде полугерметичные винтовые холодильные компрессоры для использования в среднетемпературном диапазоне, а также полугерметичные спиральные компрессоры с регулируемой объемной производительностью.

подавляющее большинство китайских фирм предлагали запорную, регулирующую арматуру и расходные материалы для холодильных систем. Наше общение с ними напоминало шопинг где-нибудь в Турции, когда тебя берут за руку и насильно тащат в свой магазин. Очень затрудняло общение наше незнание китайского языка (на русском, английском и немецком почему-то не получалось). Даже когда нам объясняли с помощью компьютера, что сколько стоит и почему, все было непонятно для нас. Однако мы все же выяснили, что можем купить все и очень дешево, но решили подождать. Наше состояние после общения с китайцами было близким к состоянию героя американского фильма "Трудности перевода", только что прошедшего в кино-театрах Москвы. Этот эффект усиливался еще и национальной музыкой, звучавшей на некоторых китайских стендах, особенно в последний день.

Среди фирм, представивших теплообменное оборудо-



...а здесь  
сотни лет  
без изменений

дование, наряду с уже традиционными производителями появились турецкие фирмы, демонстрировавшие кожухотрубные конденсаторы и испарители тепловой производительностью до 900 кВт (очень неплохого качества, если судить по выставочным образцам).

Немецкая фирма *Guentner* предлагала как новинку энергосберегающей технологии вентиляторный испаритель с тепловым экраном, изолирующим теплообменную поверхность испарителя на время оттайки.

Самым большим экспонатом на выставке была градирня фирмы *Evarco* с вентилятором диаметром несколько метров.

Что касается производителей холодильной аппаратуры и автоматики, то хотелось бы отметить американскую фирму *Parker*, которая в отличие от прошлых лет экспонировала на своем стенде большую номенклатуру качественной и надежной (проверено на собственном опыте) продукции. Важным событием стала покупка этой фирмой другого американского производителя – фирмы *Sporlan*, что существенно расширило гамму продукции. Прессостаты, терморегулирующие и соленоидные вентили, различные регуляторы, фильтры, смотровые стекла, ресиверы, маслоотделители и др. – с такой производственной программой фирме *Parker* должен сопутствовать успех на российском рынке. А то, что он крайне важен для них, мы поняли во время встречи руководства этой фирмы с российскими предпринимателями-холодильщиками на теплоходе *Mississippi Queen*.

Посетив стенды известных немецких дистрибьюторов холодильного оборудования, мы узнали, что фирма *Schiessl* открыла в Белоруссии свое представительство (очередное после Австрии, Чехии, Польши и Хорватии). Другой крупный дистрибьютор – *Frigotechnik-Handels GmbH* – пока доволен сотрудничеством с российской фирмой “Фригодизайн” и рассчитывает на двойное увеличение оборота в следующем году. Придется выполнять, если обещали.

Если говорить о выставке в целом, то можно отметить, что практически все крупные фирмы-производители уже выпускают оборудование для работы на  $\text{CO}_2$ : компрессоры для промышленного и коммерческого холода, теплообменники, регулирующую и запорную арматуры. Кроме того, на выставке были представлены и серийные каскадные холодильные машины, где в нижней ветви ис-

# Особенности проектирования вентиляции и кондиционирования воздуха в зданиях лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ)\*



Материал печатается без изменений по справочнику «Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию, испытаниям и наладке», глава 17.

Области применения приведенных выше способов вентилирования «чистых» помещений приведены в таблице 17.12.

Принципиальные схемы приточно-вытяжной вентиляции приведены на рис. 17.14–17.19.

Приведенные способы распределения воздуха ламинарными потоками дают возможность обеспечить большой воздухообмен при малых допус-

тимых скоростях потока и создать тип воздушной завесы, отсекающей поле деятельности от остального помещения.

В помещениях палат, родовых залов и других помещений приточные и вытяжные решетки должны быть разведены и приближены к противоположным боковым стенам помещений.

**Очистка воздуха.** Наружный воздух, подаваем-

Таблица 17.12  
Область применения воздухораспределения в «чистых» помещениях

| Способ воздухораспределения                                                                   | Назначение помещения                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Потолочная вентиляция слаботурбулентными и турбулентными потоками                             | Ультростерильная хирургия: ортопедические, кардиологические операционные, операционные пересадки спинного мозга, ортопедические кабинеты, стерильные спальни, нейрохирургия. Помещения приготовления лекарственных средств |
| Однонаправленный (ламинарный) поток через потолок (стену)                                     | Ультростерильная хирургия, приготовление лекарственных средств в асептических условиях                                                                                                                                     |
| Неоднонаправленный (турбулентный) поток через потолочный или пристенный воздухораспределитель | Стерильная хирургия: операционные урологические, гинекологические и т.д., родовые залы, палаты для ожоговых больных                                                                                                        |
| Однонаправленный поток через ламинарные воздухораспределители                                 | Классическая хирургия, реанимационные залы, палаты интенсивной терапии                                                                                                                                                     |

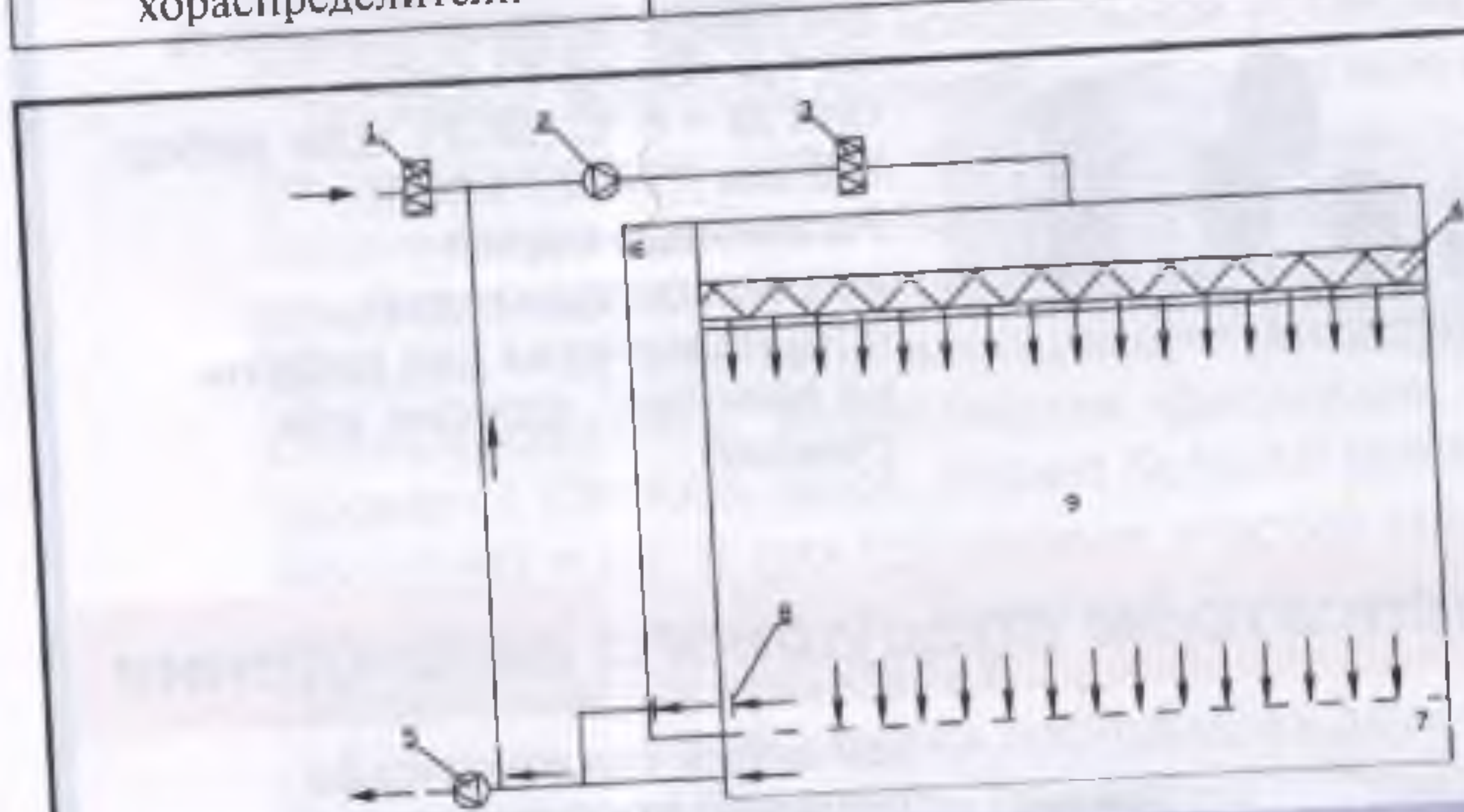


Рис. 17.14. Схема вентиляции в помещении с однонаправленным вертикальным потоком:

1. Фильтр грубой очистки, 2. Приточный вентилятор, 3. Фильтр тонкой очистки, 4. Абсолютный фильтр, 5. Вытяжной вентилятор, 6. Боковое пространство для вытяжного воздуха, 7. Промежуточная камера для вытяжного воздуха, 8. Вытяжное устройство, 9. Чистое пространство

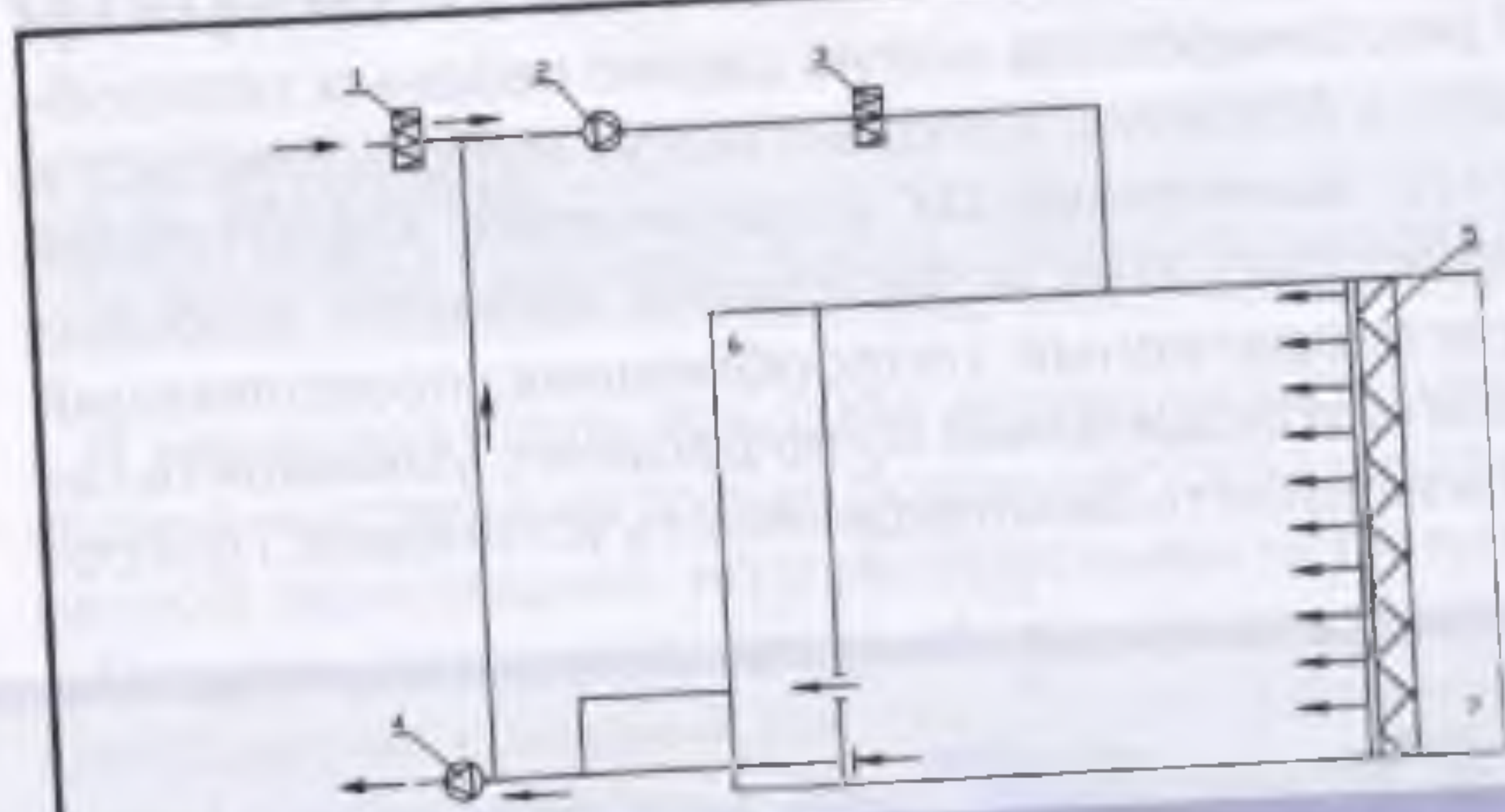


Рис. 17.15. Схема вентиляции в помещении с однонаправленным горизонтальным потоком:

1. Фильтр грубой очистки, 2. Приточный вентилятор, 3. Фильтр тонкой очистки, 4. Вытяжной вентилятор, 5. Абсолютный фильтр, 6. Боковое пространство для вытяжного воздуха, 7. Вытяжное устройство

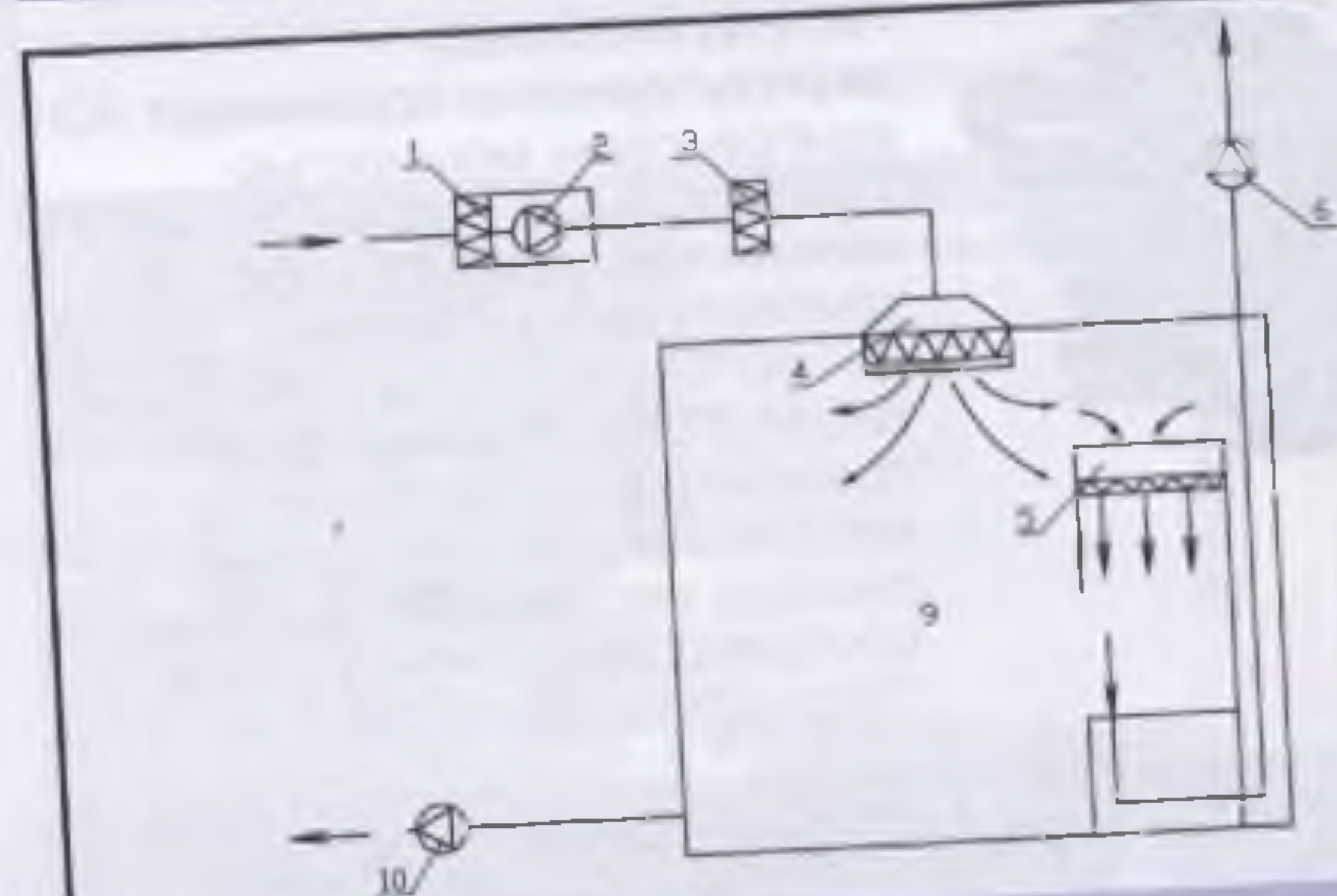


Рис. 17.16. Схема вентиляции в помещении с неоднонаправленным потоком воздуха и устройством шкафа с ламинарным потоком:

1. Фильтр грубой очистки, 2. Приточная установка, 3. Фильтр тонкой очистки, 4. Воздухораспределитель турбулентного потока, 5. Шкаф с воздухораспределителем ламинарного потока, 6. Вытяжной вентилятор из шкафа, 9. Чистое пространство, 10. Вытяжной вентилятор

\* Продолжение. Начало см. «Холодильная техника» №7–10/2004.

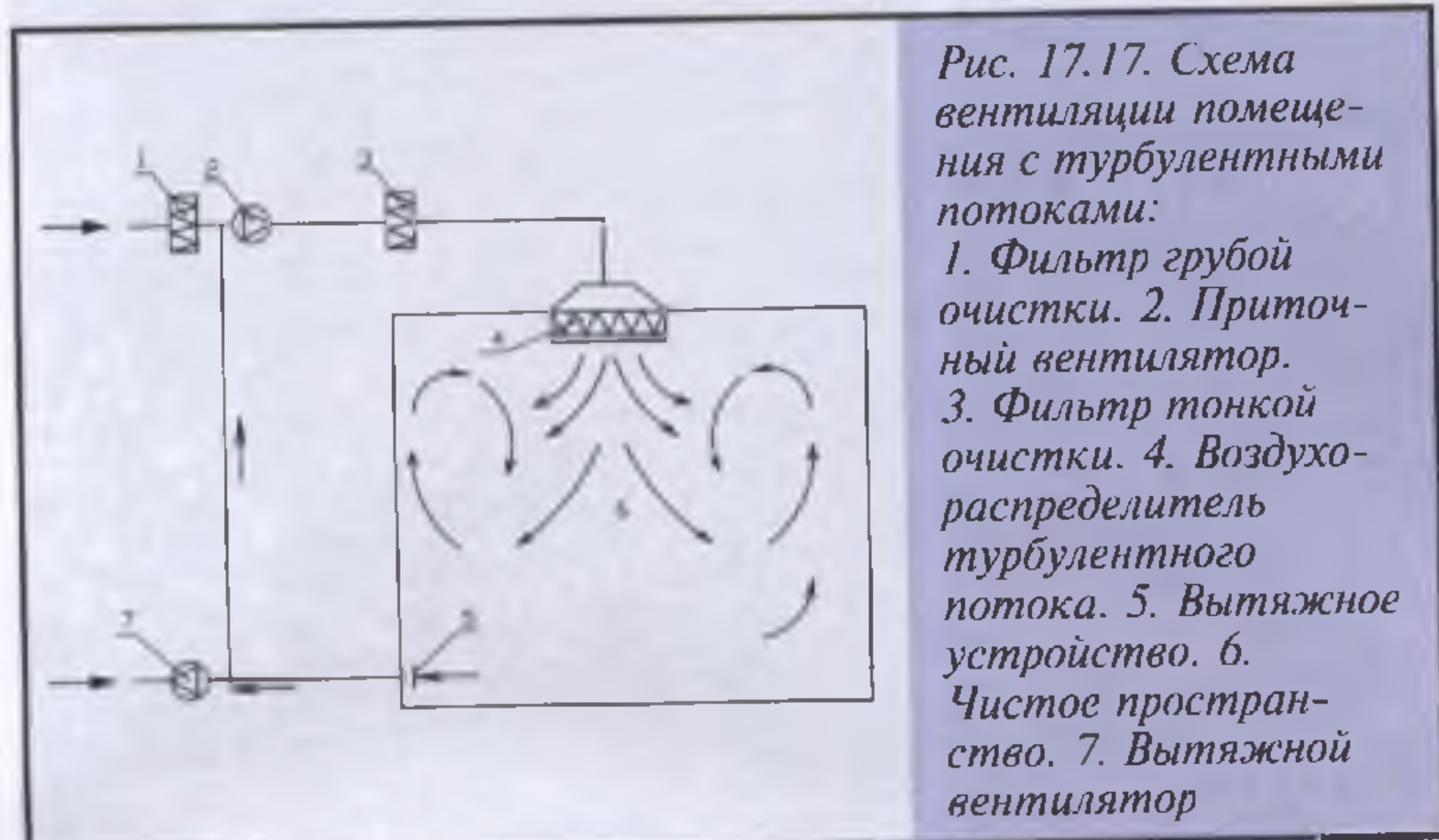


Рис. 17.17. Схема вентиляции помещения с турбулентными потоками:  
1. Фильтр грубой очистки. 2. Приточный вентилятор. 3. Фильтр тонкой очистки. 4. Воздухо-распределитель турбулентного потока. 5. Вытяжное устройство. 6. Чистое пространство. 7. Вытяжной вентилятор.

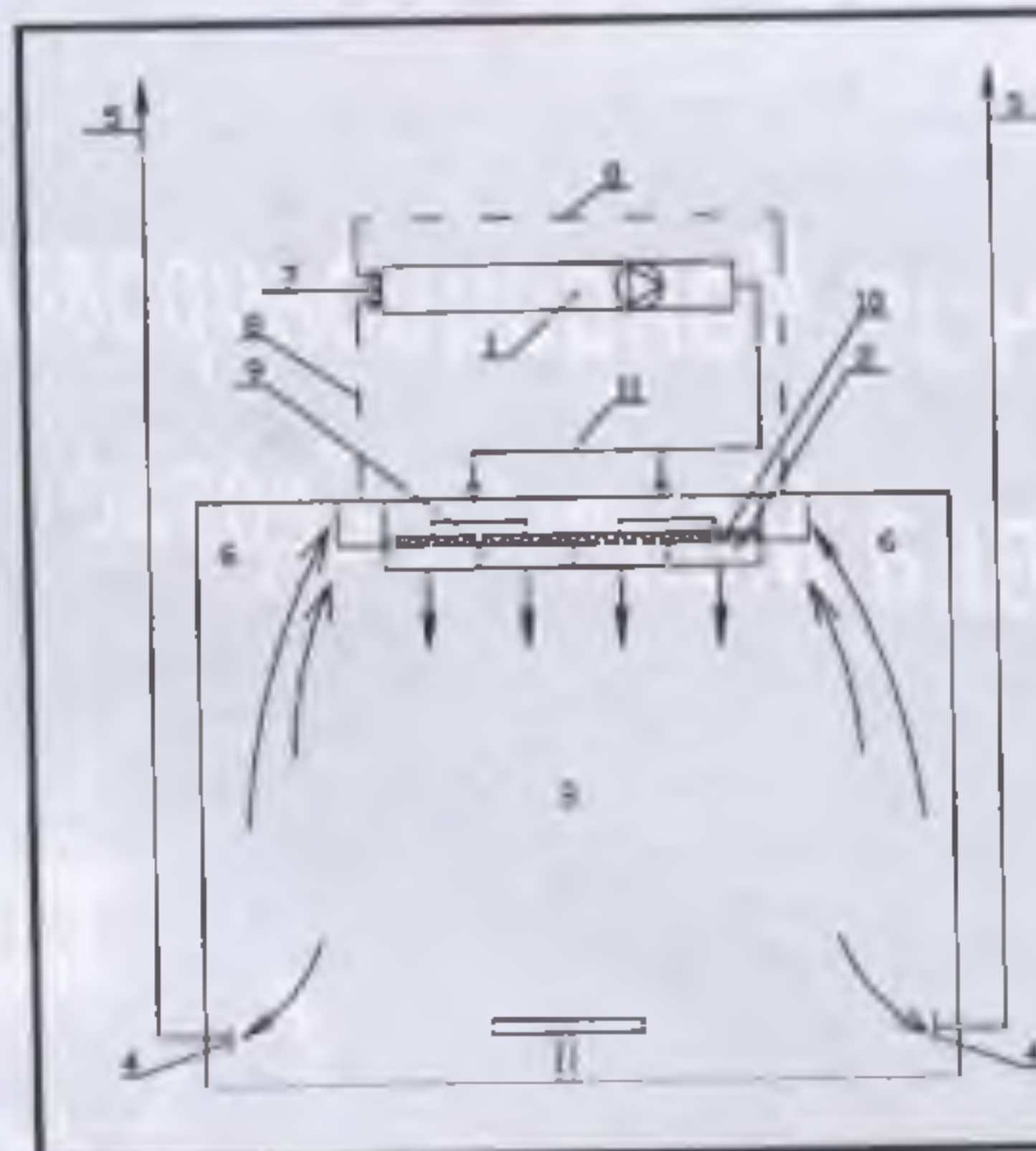


Рис. 17.18. Схема вентиляции в помещении с воздухо-распределителем ламинарного потока:  
1. Приточная установка. 2. Воздухо-распределитель ламинарного потока. 3. Чистая зона. 4. Вытяжное устройство. 5. Вытяжная шахта. 6. Подмешивание воздуха. 7. Наружный воздух. 8. Рециркуляционный воздухо-вод. 9. Решетки для рециркуляционного потока. 10. Абсолютный фильтр. 11. Приточный воздухо-вод.

Таблица 17.13

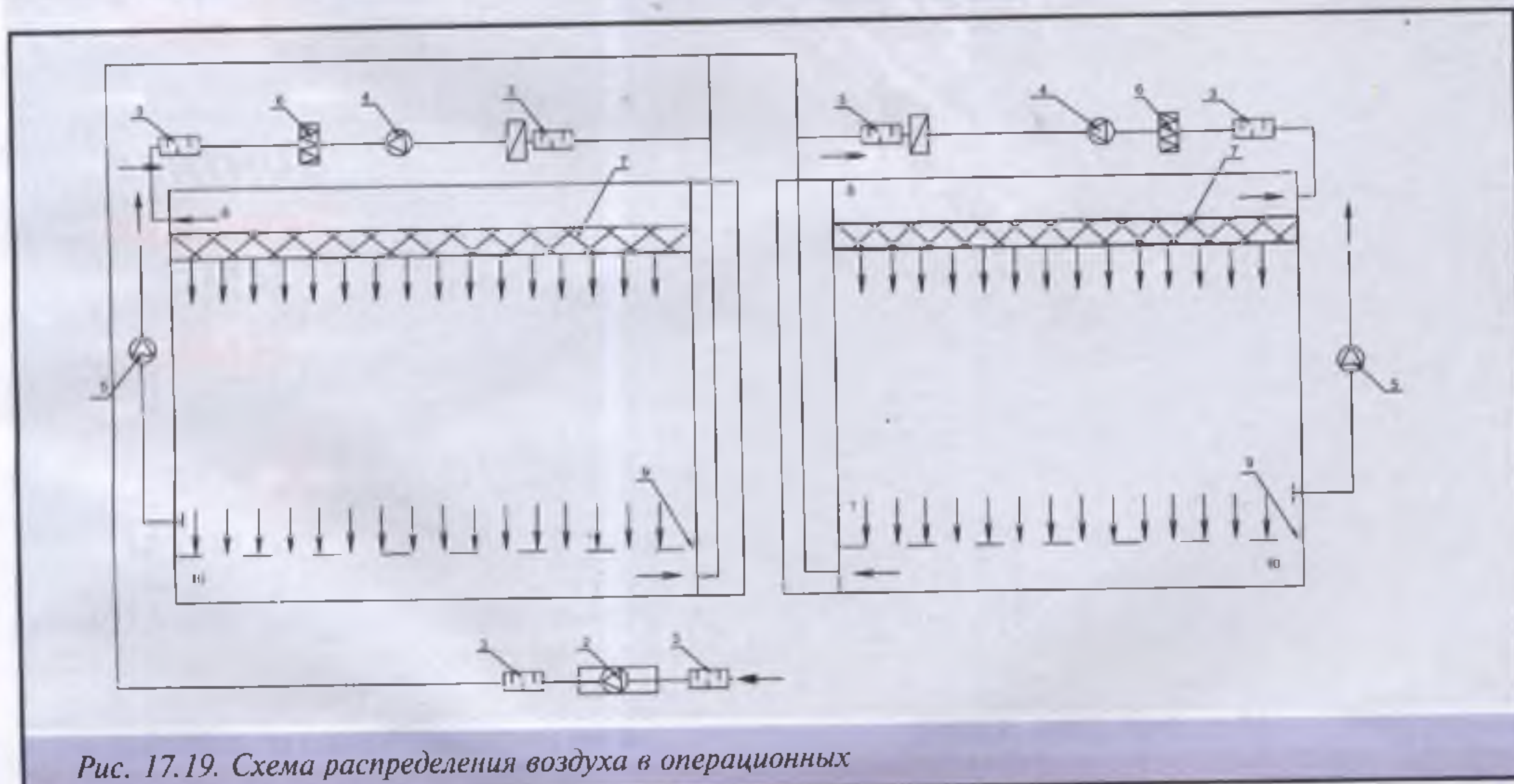


Рис. 17.19. Схема распределения воздуха в операционных

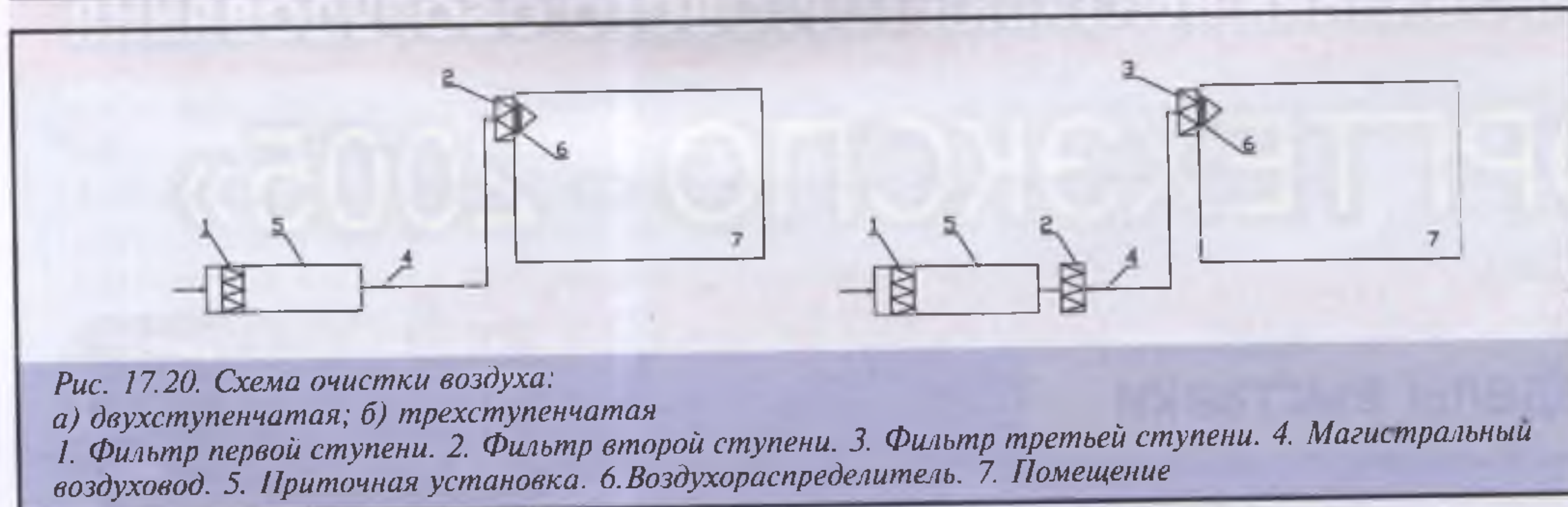


Рис. 17.20. Схема очистки воздуха:  
а) двухступенчатая; б) трехступенчатая  
1. Фильтр первой ступени. 2. Фильтр второй ступени. 3. Фильтр третьей ступени. 4. Магистральный воздухо-вод. 5. Приточная установка. 6. Воздухо-распределитель. 7. Помещение

| Группа фильтров                    | Класс фильтра                   |
|------------------------------------|---------------------------------|
| Фильтры грубой очистки             | G1<br>G2<br>G3<br>G4            |
| Фильтры тонкой очистки             | F5<br>F6<br>F7<br>F8<br>F9      |
| Фильтры высокой эффективности      | H10<br>H11<br>H12<br>H13<br>H14 |
| Фильтры сверхвысокой эффективности | U15<br>U16<br>U17               |

онных, профилактических, вспомогательных помещений, помещений палат для взрослых и детей негрудного воз-

раста больниц, медицинских центров и т.д. следует предусматривать двухступенчатую очистку воздуха.

Для помещений операционных, наркозных, предродовых, родовых, послеоперационных палат, реанимационных залов, палат интенсивной терапии, одно- двухкоечных палат для больных с ожогами, палат для новорожденных, грудных, недоношенных и травмированных детей, стерильных производственных помещений, а также для помещений вивариев (помещений для научно-исследовательских работ с животными) предусматривается трехступенчатая очистка воздуха (рис.17.20).

Фильтры классифицируют по назначению и эффективности на:

а) фильтры общего назначения: фильтры грубой очистки; фильтры тонкой очистки;

б) фильтры, обеспечивающие специальные требования к чистоте воздуха, в том числе для "чистых" помещений:

в) фильтры высокой эффективности; фильтры сверхвысокой эффективности.

Обозначения классов фильтров по ГОСТ Р 51251-99 приводятся в таблице 17.13.

Для лечебно-диагностических, реабилитаци-

онных, профилактических, вспомогательных помещений, помещений палат для взрослых и детей негрудного воз-

раста больниц, медицинских центров и т.д. следует предусматривать двухступенчатую очистку воздуха.

Для помещений операционных, наркозных, предродовых, родовых, послеоперационных палат, реанимационных залов, палат интенсивной терапии, одно- двухкоечных палат для больных с ожогами, палат для новорожденных, грудных, недоношенных и травмированных детей, стерильных производственных помещений, а также для помещений вивариев (помещений для научно-исследовательских работ с животными) предусматривается трехступенчатая очистка воздуха (рис.17.20).

