

УДК628.84:621.565

Новое оборудование для автономных децентрализованных систем кондиционирования воздуха

Д-р техн. наук **О.Я. КОКОРИН**
МГСУ
Канд. техн. наук **А.М. ДЕРИПАСОВ**
фирма «Веза»

The experience of application of self-conditioning systems in modern multistory buildings is described. The layout of provision of unit blocks of central air conditioners with self-contained sources of refrigeration is presented. Characteristics of compressor units added to standard central air conditioners are given. The calculation of operating conditions of the air conditioner in the warm time period in Moscow is presented.

Приближение установок кондиционирования воздуха (кондиционеров) к обслуживаемым помещениям позволяет значительно сократить протяженность приточных воздуховодов и, следовательно, снизить расходы на их сооружение и затраты энергии на преодоление аэродинамического сопротивления.

Как правило, децентрализованные системы кондиционирования воздуха предназначены для обслуживания группы помещений с одинаковой ориентацией окон по отношению к солнцу. Это позволяет осуществлять наиболее энергосберегающие режимы работы систем.

Децентрализованные СКВ получили широкое распространение в односемейных домах и квартирах, при обслуживании помещений с повышенными требованиями к качеству и точности поддержания внутренних параметров воздуха (операционные в больницах, «чистые помещения» в электронном производстве и др.). Однако децентрализованные СКВ применяют и в современных многоэтажных зданиях. Примером этого может служить 52-этажное здание «Сумито-мо Билдинг» в Токио (рис. 1).

На рис. 2 показана принципиальная схема применения трех СКВ для обслуживания служебных помещений на одном из этажей. Площадь каждого этажа равна 2624 м². В центре здания по всей высоте проходит треугольный атриум.

Кондиционеры 1 располагаются в торцах треугольного (в плане) этажа здания. Каждый кондиционер связан приточным воздуховодом 2 с помещениями, расположенными вдоль одного из фасадов. Общая площадь обслуживаемых одним кондиционером помещений 525 м². Современные служебные помещения насыщены большим количеством офисной техники (компьютеры, сканеры и т.д.), размещение которой требует порядка 6 м² площади пола на одного работающего. Следовательно, служебные помещения площадью 525 м² смогут разместить $n = 525/6 = 88$ человек.

По СНиП [3] на одного работающего необходимо подавать 60 м³/ч приточного наружного воздуха $l_{\text{пр}}$. Это потребует производительности по приточному наружному воздуху от одного кондиционера:

$$L_{\text{пр}} = n l_{\text{пр}} = 88 \cdot 60 = 5280 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Отработанный воздух забирается вытяжным агрегатом 3 из коридора и выбрасывается наружу. Забор приточного $L_{\text{пр}}$ и выброс вытяжного $L_{\text{в}}$ воздуха осуществляются через подвижные направляющие, проходящие по всей высоте здания.

На рис. 1 хорошо видно архитектурное оформление мест забора приточного наружного и выброса удаляемого вытяжного воздуха.

Значительные энергетические преимущества обеспечивает применение индивидуального источника холода для приточных агрегатов 1 (см. рис. 2). Это создает автоном-

ность каждой из СКВ, обслуживающих часть этажа вдоль определенного фасада. Режимы работы источников холодоснабжения легко согласуются с особенностями формирования теплового режима в помещениях каждой из сторон здания.

Фирма «Веза» разработала и изготавливает новое оборудование, позволяющее при совмещении с разработанными ею стандартными центральными кондиционерами типоразмерного ряда КЦКП-3,5...КЦКП-8 создавать энергоэффективные автономные децентрализованные СКВ производительностью 2...10 тыс. м³/ч.

Конструктивная схема автономного холодоснабжения кондиционеров КЦКП дана на рис. 3.

В центральный приточный агрегат 1, собранный из стандартных технологических блоков для круглогодичного приготовления приточного наружного воздуха в количестве $L_{\text{п}} = L_{\text{пр}}$, входят:

- воздушный клапан 2 с электрическим приводом, заблокированным с пускателем электродвигателя приточного вентилятора (при пуске электродвигателя и начале работы приточного вентилятора электрический привод открывает воздушные клапаны, а при остановке электродвигателя вентилятора закрывает их, что препятствует проникновению наружного воздуха в кондиционер);
- воздушный фильтр 3, который выбирают по требуемой сте-

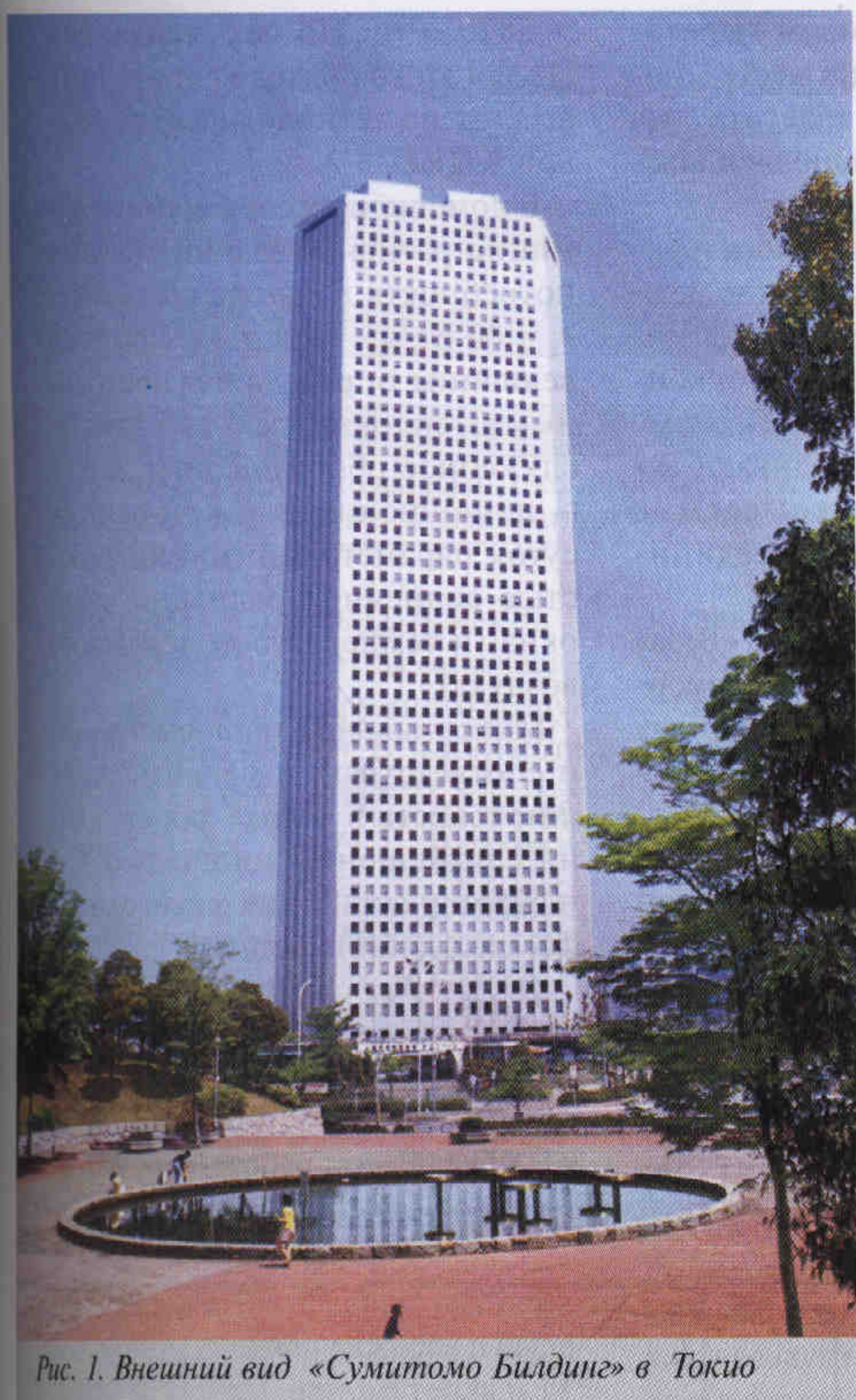


Рис. 1. Внешний вид «Сумитомо Билдинг» в Токио

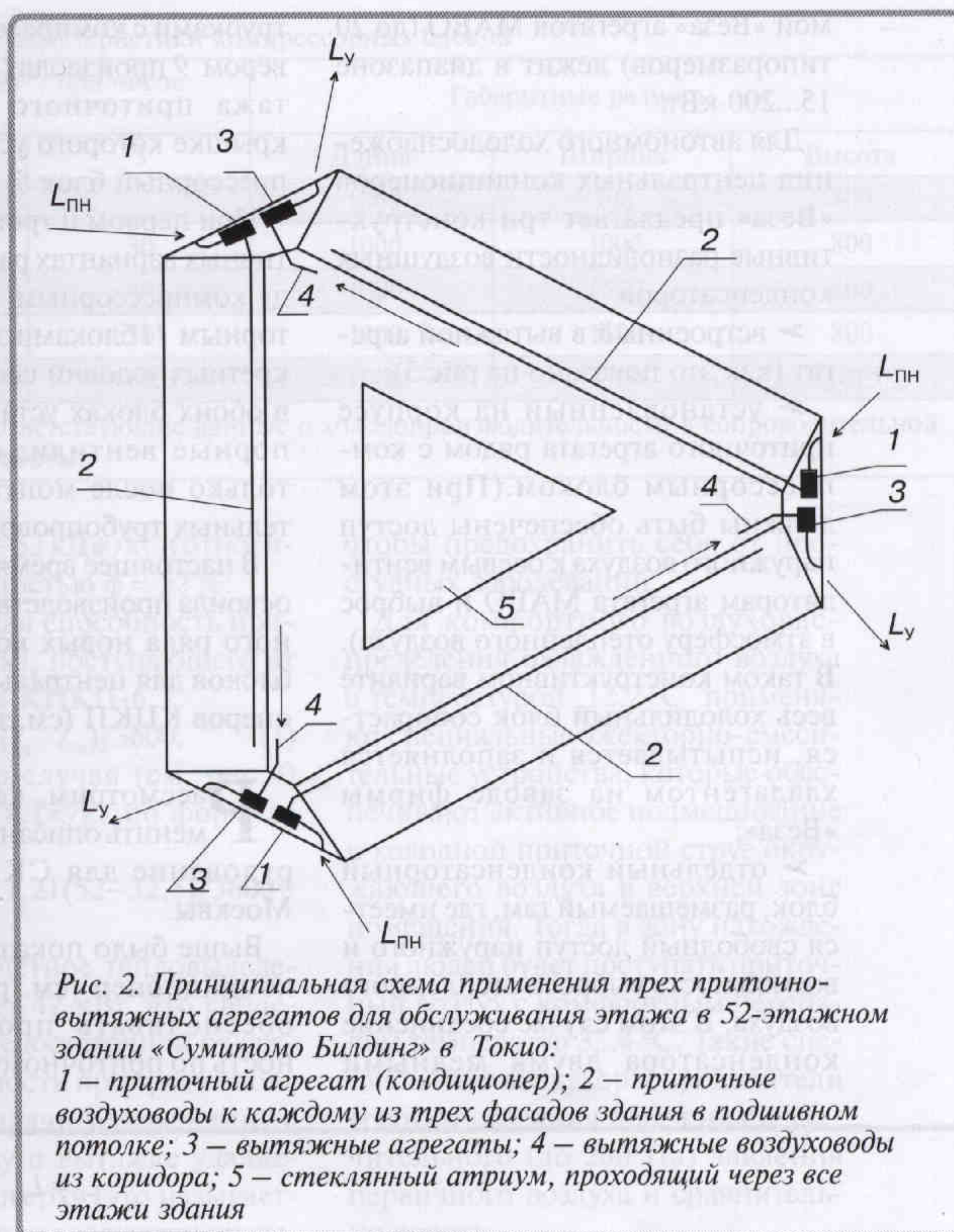


Рис. 2. Принципиальная схема применения трех приточно-вытяжных агрегатов для обслуживания этажа в 52-этажном здании «Сумитомо Билдинг» в Токио:

1 — приточный агрегат (кондиционер); 2 — приточные воздуховоды к каждому из трех фасадов здания в подшивном потолке; 3 — вытяжные агрегаты; 4 — вытяжные воздуховоды из коридора; 5 — стеклянный атриум, проходящий через все этажи здания

пени очистки и продолжительности работы между сроками восстановления фильтрующего материала [1];

- воздухонагреватель 4, питаемый горячей водой от центрального источника теплоснабжения, или электронагреватель, состоящий из 1, 2 или 3 рядов оребренных трубок [1];

- воздухоохладитель 5 с непосредственным кипением хладагента (R22 или R134a) в трубках;

- приточный вентилятор 6 двухстороннего всасывания с приводом от электродвигателя через ременную передачу с облегченными шкивами из алюминиевого сплава (возможно регулирование частоты вращения в диапазоне $\pm 10\%$).

Сверху на каркасе секций КЦКП смонтирован новый компрессорный блок 7, состоящий из компрессора 8, ресивера 9, фильтра-осушителя

и автоматики защиты работы холодильной машины (на рис. 3 не показаны).

Всасывающая сторона компрессора 8 и жидкостная часть ресивера 9 соединены медными трубками с испарителем-воздухоохладителем 5. Нагнетательная сторона компрессора 8 и верхняя часть ресивера 9 соединены с воздушным конденсатором 11, встроенным в вытяжной агрегат 10.

Фирма «Веза» разработала и поставляет выносные модульные агрегаты воздушного охлаждения типа MABO, включающие теплообменник из медных трубок диаметром 12 мм с наружным алюминиевым пластинчатым оребрением (глубина пластины 25 мм, расстояние между трубками 50 мм). В качестве выносных воздушных конденсаторов холодильных машин рекомендуется использовать модификацию агрегатов MABO-K, от-

личительной особенностью которой является применение медных трубок диаметром 12 мм с внутренним микрооребрением по технологии «INNER GROOVED TUBE». Теплообмен в таких трубках на 25 % интенсивнее, чем в традиционных с гладкой внутренней поверхностью.

Модификация MABO-Д предназначена для воздушного охлаждения жидкостей (воды или антифриза).

Движение воздуха через оребренную часть теплообменников осуществляется с помощью осевых вентиляторов, приводимых компактными электродвигателями с внешним ротором типа Никотра 630-4-25 с частотой вращения 1320 об/мин. В зависимости от числа осевых вентиляторов (их может быть от одного до шести) и размеров теплообменника холодопроизводительность выпускаемых фир-

мой «Веза» агрегатов МАВО (до 20 типоразмеров) лежит в диапазоне 15...200 кВт.

Для автономного холодоснабжения центральных кондиционеров «Веза» предлагает три конструктивные разновидности воздушных конденсаторов:

- встроенный в вытяжной агрегат (как это показано на рис.3);
- установленный на корпусе приточного агрегата рядом с компрессорным блоком. (При этом должны быть обеспечены доступ наружного воздуха к осевым вентиляторам агрегата МАВО и выброс в атмосферу отепленного воздуха). В таком конструктивном варианте весь холодильный блок собирается, испытывается и заполняется хладагентом на заводе фирмы «Веза»;
- отдельный конденсаторный блок, размещаемый там, где имеется свободный доступ наружного и возможность выброса отепленного воздуха. В этом случае соединение конденсатора двумя медными

трубками с компрессором 8 и ресивером 9 производят на месте монтажа приточного агрегата, на крышке которого установлен компрессорный блок 7.

При первом и третьем конструктивных вариантах расстояние между компрессорным 7 и конденсаторным 11 блоками зависит от конкретных условий сборки. Поэтому в обоих блоках устанавливают запорные вентили, открываемые только после монтажа соединительных трубопроводов.

В настоящее время фирма «Веза» освоила производство типоразмерного ряда новых компрессорных блоков для центральных кондиционеров КЦКП (см. таблицу).

Рассмотрим, как можно применить описанное выше оборудование для СКВ в условиях Москвы.

Выше было показано, что один кондиционер (см. рис.2) должен обеспечивать производительность по приточному воздуху $L_{пр} =$

$= 5820 \text{ м}^3/\text{ч}$. По рекомендациям [1] для этого подходит приточный агрегат из технологических блоков КЦКП-6,3.

В помещениях современных административных зданий удельная потребность в холоде составляет $q_x = 80 \text{ Вт}/\text{м}^2$. При этом 50% этой величины определяется постоянными тепловыделениями (люди, служебное оборудование), а 50% — изменяющимися по времени суток параметрами (интенсивностью солнечной радиации через окна и температурой наружного воздуха).

Максимальное тепловыделение и соответственно максимальная потребность в холоде для служебных помещений площадью $F = 525 \text{ м}^2$ (часть этажа вдоль одного фасада здания) составит

$$Q_{x, \text{ макс}} = F q_x \cdot 10^{-3} = 525 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 42 \text{ кВт}.$$

Из таблицы видно, что компрессорным блоком кондиционера КЦКП-6,3 при работе трех компрессоров обеспечивается холодо-

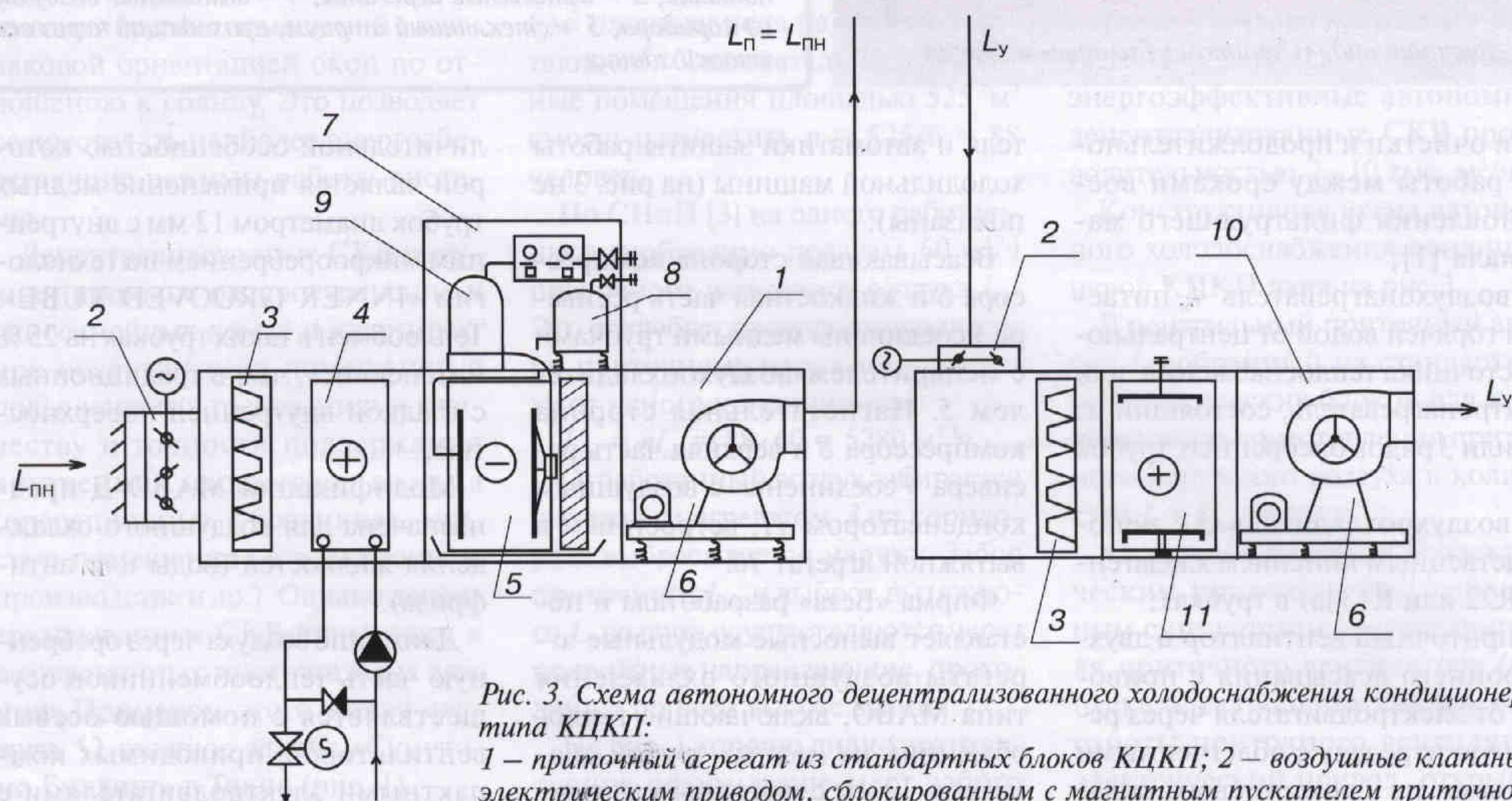


Рис. 3. Схема автономного децентрализованного холодоснабжения кондиционеров типа КЦКП:

1 — приточный агрегат из стандартных блоков КЦКП; 2 — воздушные клапаны с электрическим приводом, заблокированным с магнитным пускателем приточного вентилятора; 3 — воздушный фильтр; 4 — воздухонагреватель; 5 — воздухоохладитель с поддоном для сбора конденсата и сепаратором из полипропиленовых профильных листов для удержания возможного уноса капель сконденсированной влаги; 6 — вентилятор двухстороннего всасывания с приводом от электродвигателя через регулирующую ременную передачу; 7 — компрессорный блок; 8 — поршневой или спиральный компрессор фирмы Mapeur-Danfoss; 9 — ресивер для сбора жидкого хладагента; 10 — вытяжной агрегат из стандартных блоков КЦКП; 11 — блок воздушного конденсатора, связанный медными трубопроводами с компрессором и ресивером в компрессорном блоке

Типоразмерный ряд кондиционеров	Характеристики компрессорных блоков					
	Холодопроизводительность (кВт*) при числе компрессоров			Габаритные размеры, мм		
	1	2	3	Длина	Ширина	Высота
КЦКП-3,15	10	20		1000	700	800
КЦКП-5,0	10	20	30	1000	1000	800
КЦКП-6,3	20	30	40	1000	1300	800
КЦКП-8,1	30	40	50	1000	1600	800
КЦКП-8,2	40	50	60	1000	1300	1015

* Фирма—производитель холодильных компрессоров дает соответствующие данные о холодопроизводительности в сопроводительной технической документации в зависимости от параметров их работы.

производительность $Q_x = 40$ кВт.

Вычислим параметры охлажденного приточного наружного воздуха при параметрах Б в климате Москвы [3] (рис. 4) $t_n = 28,5$ °С; $I_n = 54$ кДж/кг; $d_n = 10$ г/кг:

$$I_{ox} = I_n - \frac{Q_x \cdot 3600}{L_{пн} \rho_{пн}} = 54 - \frac{40 \cdot 3600}{5280 \cdot 1,21} = 31,5 \text{ кДж/кг.}$$

Процесс приготовления приточного воздуха в воздухоохладителе Н-ОХ протекает с охлаждением и осушением. Параметры точки ОХ: $t_{ox} = 11,2$ °С; $d_{ox} = 7,9$ г/кг.

Служащие (88 человек) выполняют работу средней тяжести и выделяют 70 Вт/чел. явного тепла и 185 г/(ч·чел.) влаги. Санитарная норма охлажденного и осушенного воздуха обеспечивает поглощение расчетного количества влаговыделений $W_{вл}$ при следующем рабочем перепаде влагосодержания d :

$$\Delta d_{раб} = \frac{W_{вл}}{L_{пн} \rho_{пн}} = \frac{185 \cdot 88}{5280 \cdot 1,21} = 2,55 \text{ г/кг.}$$

Влагосодержание в помещении станет

$$d_b = d_{ox} + \Delta d_{раб} = 7,9 + 2,55 = 10,45 \text{ г/кг.}$$

В приточном вентиляторе и воздуховодах охлажденный воздух нагревается на 1 °С, тогда параметры приточного воздуха будут: $t_{пн} = 12,2$ °С; $d_{пн} = 7,9$ г/кг; $I_{пн} = 32,5$ кДж/кг.

На рис.4 сектором со штриховкой выделены границы нормируемых комфортных параметров воздуха в зоне нахождения людей в теплый период года [4]. Примем верхнее значение комфортной температуры воздуха в зоне нахождения людей $t_b = 25$ °С и в пересечении с $d_b = 10,45$ г/кг получим точку В с

энтальпией $I_b = 52$ кДж/кг и относительной влажностью $\phi = 52$ %.

Охлаждающая способность приточного воздуха, поступающего от кондиционера КЦКП-6,3,

$$Q_{х.раб} = L_{пн} \rho_{пн} (I_y - I_{пн}) / 3600. \quad (1)$$

Для нашего случая (см. рис.4) при $I_y = I_b = 52$ кДж/кг по формуле (1) получим

$$Q_{х.раб} = 5280 \cdot 1,21 (52 - 32,5) / 3600 = 34,6 \text{ кВт.}$$

Однако расчетное тепловыделение составляет 42 кВт, что свидетельствует о недостаточной охлаждающей мощности при традиционной схеме подачи охлажденного воздуха сверху и вытяжке удаляемого воздуха сверху (это называется смешительным воздухораспределением). Необходимо отметить, что приточный охлажденный воздух имеет температуру $t_{пн} = 12,2$ °С. Рабочий перепад температур в помещениях составляет

$$\Delta t_{раб} = t_b - t_{пн} = 25 - 12,2 = 12,8 \text{ °С.}$$

Состояние теплового комфорта для человека при поступлении приточного воздуха в зону обитания может быть обеспечено, только если перепад температур в среде не превышает 3...4 °С [3]. При использовании обычных приточных устройств для подачи в помещение летом холодного воздуха с температурой $t_{пн} = 12,2$ °С в зоне нахождения людей создается холодный поток воздуха, что приводит к простудным заболеваниям. Особенно свойственно это охлаждению помещений воздухоохладителями сплит-систем (раздельных автономных кондиционеров). Не случайно в печати появились рекомендации медиков не находиться в помещениях с кондиционерами,

чтобы предохранить себя от простудных заболеваний.

Для комфортного воздухораспределения охлажденного воздуха с температурой 12,2 °С применяют специальные эжекторно-смесительные устройства, которые обеспечивают активное подмешивание к холодной приточной струе окружающего воздуха в верхней зоне помещения. Тогда в зону нахождения людей будет поступать приточный воздух с комфортным перепадом температур 3...4 °С. Такие специальные воздухораспределители требуют создания перед ними значительного (до 200 Па) давления первичного воздуха и сравнительно дороги.

Большие санитарно-гигиенические и энергетические преимущества дает применение в качестве воздухораспределителей эжекторных доводчиков (ДЭ), подробно рассмотренных в [2]. ДЭ устанавливают под окном и к ним присоединяют воздуховод холодного наружного воздуха. Сопла обеспечивают эжекцию внутреннего воздуха. От ДЭ в рабочую зону поступает смесь воздуха с температурой (°С):

$$t_n = \frac{t_{пн} + \kappa_3 t_b}{1 + \kappa_3}, \quad (2)$$

где κ_3 — коэффициент эжекции внутреннего воздуха. Для отечественных конструкций $\kappa_3 = 2,8$ [2].

Для рассматриваемого режима работы автономной СКВ по формуле (2) получим температуру приточного воздуха:

$$t_n = \frac{12,2 + 2,8 \cdot 25}{1 + 2,8} = 21,6 \text{ °С,}$$

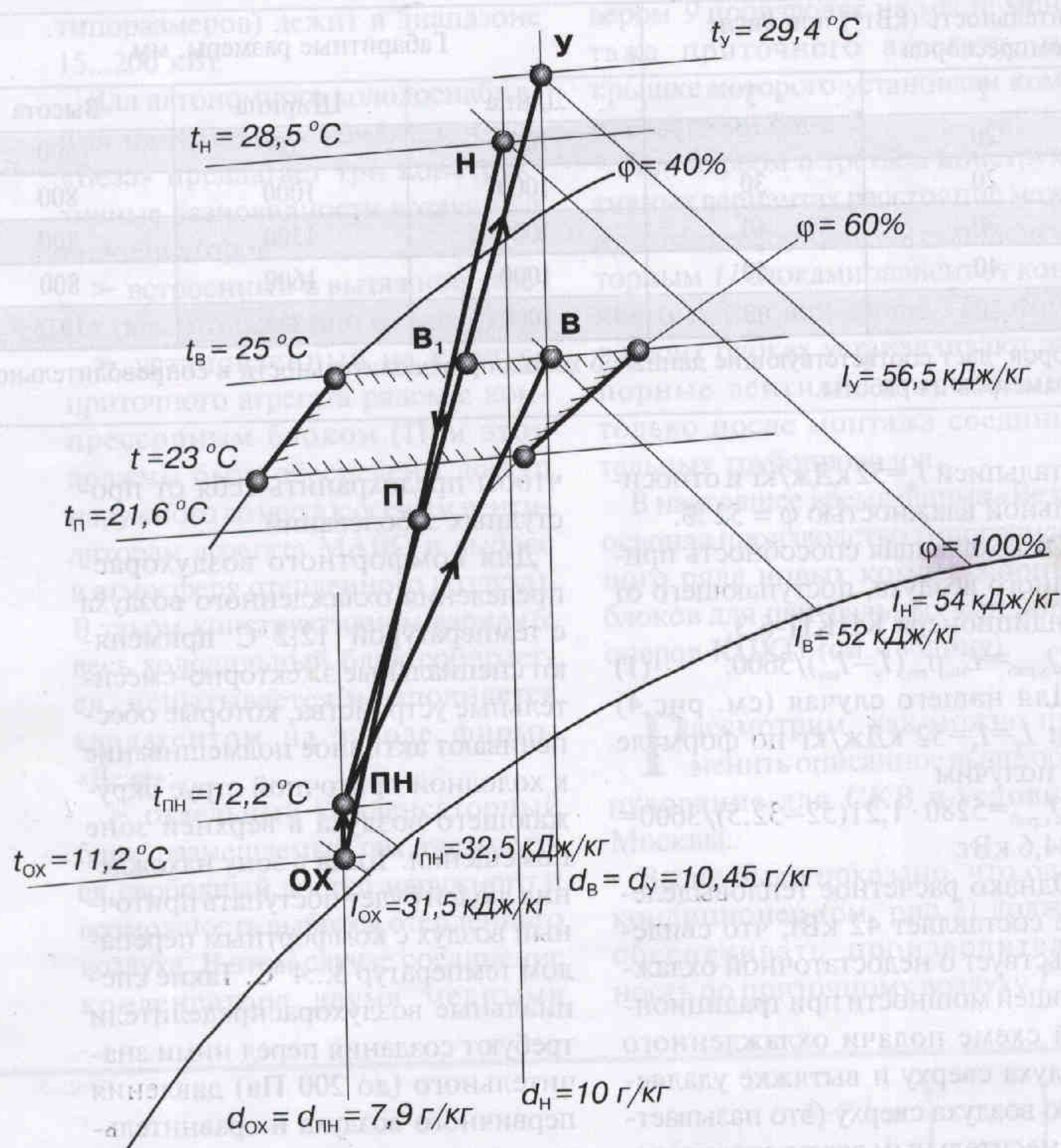


Рис.4. Построение на $I-d$ -диаграмме расчетного режима работы автономного СКВ в теплый период года в Москве. Заштрихованный сектор – комфортные параметры воздуха в теплый период года; Н-ОХ – охлаждение приточного наружного воздуха; ОХ-ПН – нагрев в приточном вентиляторе и воздуховодах; ПН-В – процесс поглощения тепло- и влаговыделений при традиционной схеме воздухораспределения сверху вниз; ПН-В₁-П – смешение в ДЭ; П-У – процесс поглощения тепло- и влаговыделений по высоте помещения при притоке воздуха в рабочую зону

что отвечает требованиям комфортности воздухораспределения [4].

При подаче охлажденного воздуха в зону нахождения людей и вытяжке сверху под потолком происходит скопление тепло-, влаго- и газовых выделений, повышение температуры вытяжного воздуха (°С), которая вычисляется по формуле

$$t_y = k_L(t_v - t_n) + t_n \quad (3)$$

Коэффициент организации воздухообмена k_L для современных административных помещений может быть принят $k_L=2,3$ [2]. По формуле (3) получим

$$t_y = 2,3(25 - 21,6) + 21,6 = 29,4 \text{ °С.}$$

На $I-d$ -диаграмме в месте пересечения изотермы 29,4 °С и влагосодержания 10,45 г/кг находим параметры удаляемого вытяжного воздуха (точка У с $I_y=56,5$ кДж/кг).

По формуле (1) вычисляем охлаждающую способность кондиционера при подаче охлажденного воздуха через ДЭ в рабочую зону и вытяжке отепленного и загазованного воздуха под потолком:

$$Q_{x, \text{раб}} = 5280 \cdot 1,21(56,5 - 32,5)/3600 = 42,064 \text{ кВт.}$$

Благодаря применению ДЭ для подачи охлажденного воздуха от автономных кондиционеров

КЦКП-6,3, собранных по схеме, представленной на рис.3, достигается увеличение охлаждающей способности СКВ по сравнению с традиционной схемой притока на

$$\frac{42,064 - 34,6}{34,6} \cdot 100 = 21,6\%.$$

Использование нескольких компрессоров в компрессорном блоке кондиционера КЦКП-6,3 позволяет регулировать холодопроизводительность изменением числа работающих компрессоров.

Преимущества автономного холодоснабжения центральных кондиционеров позволяют создавать энергосберегающие, эффективные и высококомфортные СКВ для различных зданий.

В холодных климатических условиях России в зданиях под окнами устанавливают отопительные приборы, снабжаемые горячей водой от ТЭЦ или местных источников. Наличие горячего водоснабжения здания делает энергетически целесообразным применение в приточном агрегате воздухонагревателя по схеме на рис.3. Насосная циркуляция горячей воды у воздухонагревателя обеспечивает качественное регулирование и защиту от замораживания.

В случае применения ДЭ, устанавливаемых под окнами для воздухораспределения, к их теплообменникам подводится горячая вода с температурой не выше 40 °С. Это позволяет отказаться от устройства отдельной периметральной системы отопления и экономить тепло от ТЭЦ [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кокорин О.Я., Дерипасов А.М. Отечественное оборудование для создания систем вентиляции и кондиционирования воздуха. – М.: ИКФ «Каталог», 2002
2. Кокорин О.Я. Энергосберегающие технологии функционирования систем вентиляции, отопления, кондиционирования воздуха (систем ВОК). – М.: Проспект, 1999.
3. СНиП 2.04.05–91*. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.: ГУПЦПП, 1998.