УДК 621.4.

Местно-центральные системы кондиционирования в торговом комплексе в Москве

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

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

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

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

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

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

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

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

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

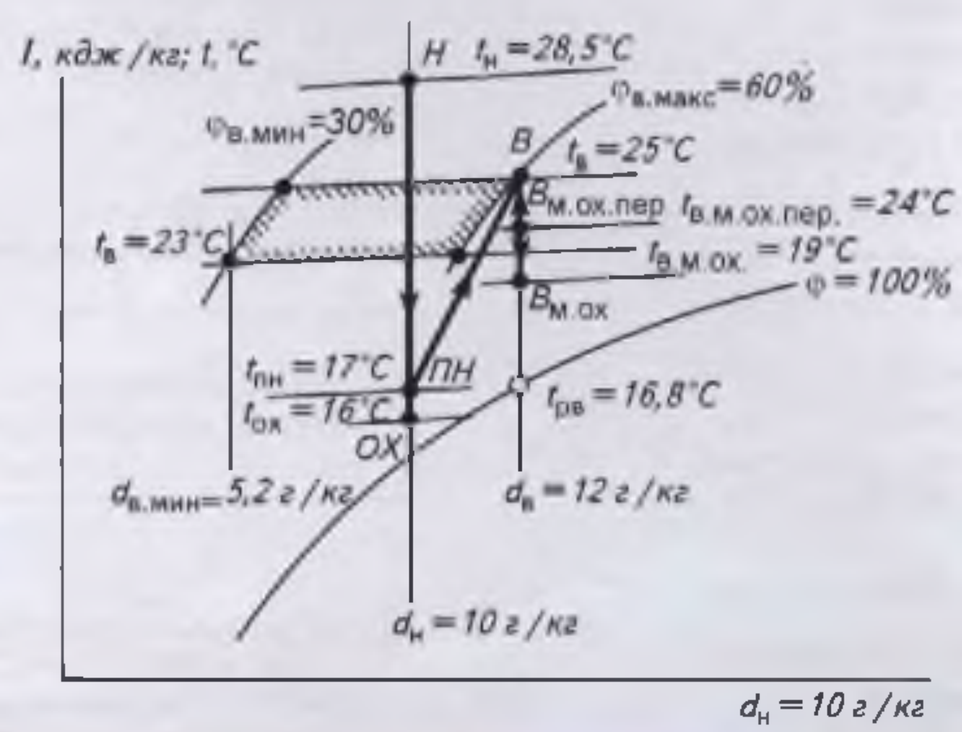

Рис. 1. Построение на I–d-диаграмме расчетного режима работы местно-центральной СКВ в торговых помещениях в теплый период года:
Н–ОХ – охлаждение саннормы приточного наружного воздуха в центральном приточном агрегате; ОХ–ПН – нагрев в приточном вентиляторе и воздуховодах; ПН–В – поглощение влаговыделений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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

или в численном выражении

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

Удельная ассимиляционная способность приточного наружного воздуха

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

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

Остальные теплоизбытки удаляются охлаждением рециркуляционного воздуха в местных вентиляторных агрегатах:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

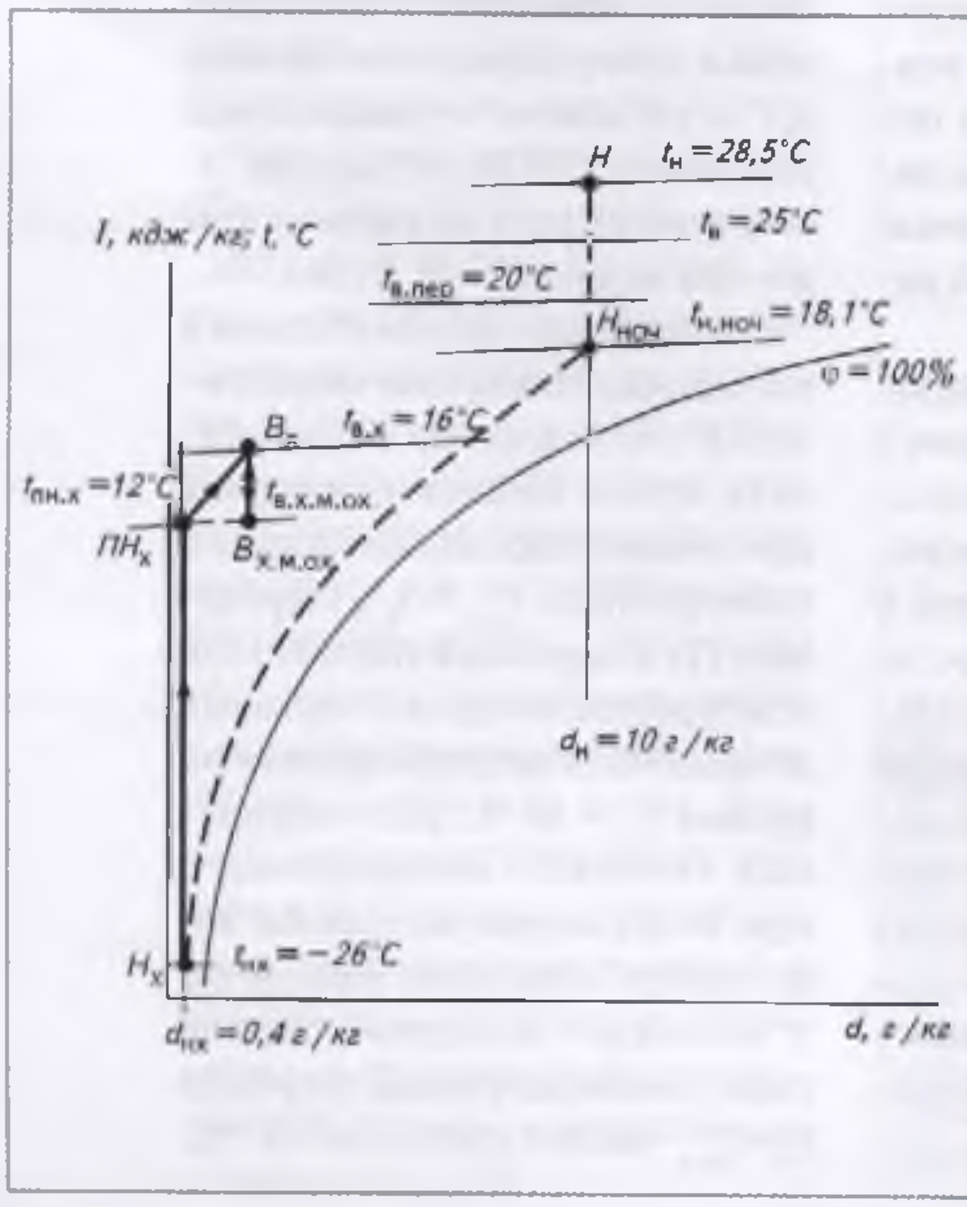

Рис. 2. Построение на I–d-диаграмме расчетного режима работы местно-центральной СКВ в торговом помещении в холодный период года (сплошные линии) и годовая климатическая кривая изменения параметров наружного воздуха в Москве (пунктир):
$Н_х–ПН_х$ – нагрев приточного наружного воздуха в калорифере приточного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

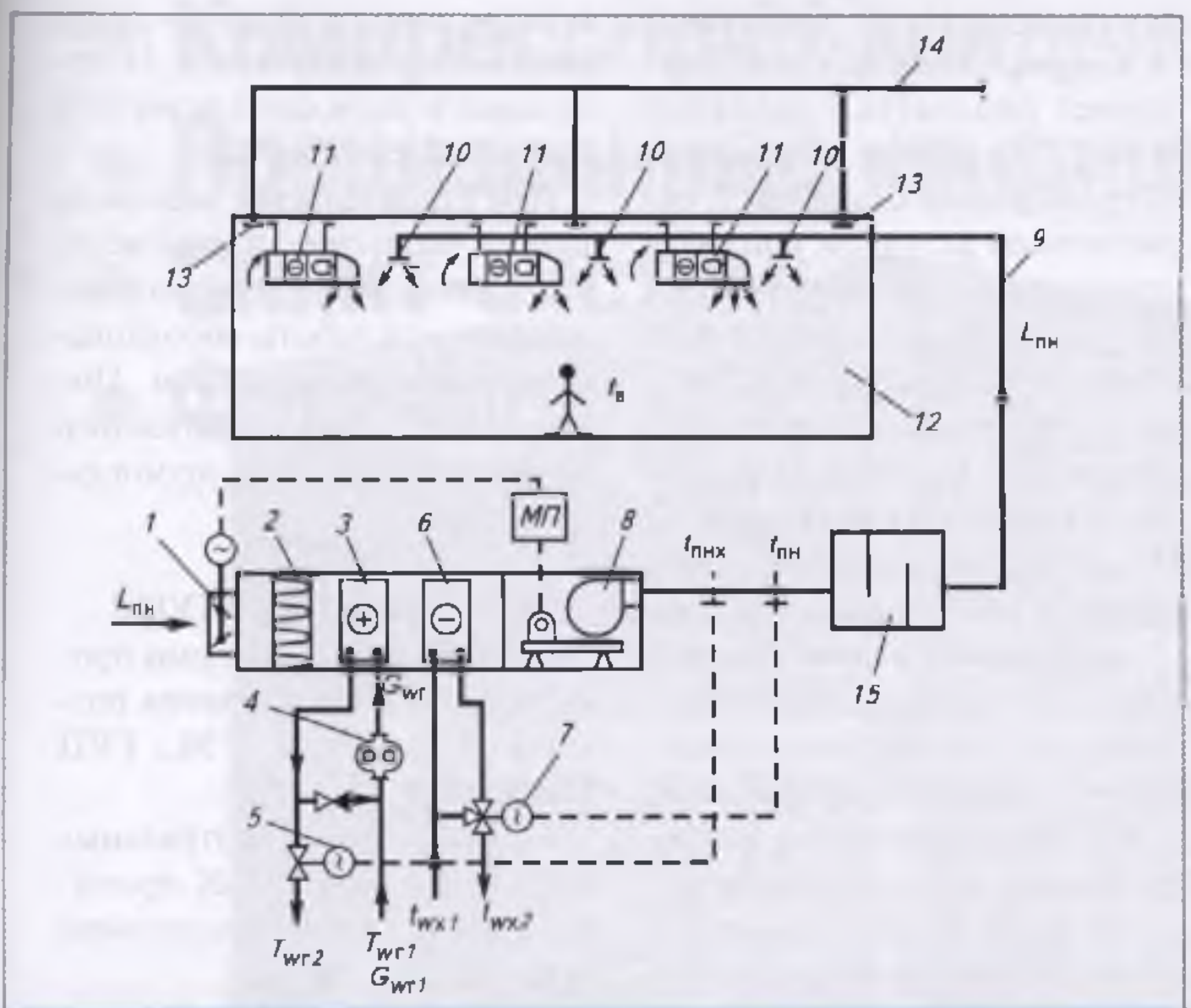

Рис. 3. Принципиальная схема местно-центральной СКВ, обслуживающей торговое помещение:
1 – клапан поступления саннормы приточного наружного воздуха $L_{пн}$; 2 – фильтр; 3 – калорифер; 4 – сдвоенный рециркуляционный насос; 5 – автоматический водяной клапан на трубопроводе горячей воды; 6 – воздухоохладитель;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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

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

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

ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА АВОК

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

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

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

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

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

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

ИЗДАНИЕ 2004 ГОДА