

Автор С.В. БРУХ, руководитель учебного центра компании «Биоконд», bruh@jac.ru

# История одного объекта или выбор системы кондиционирования для торгового центра

Тенденция нового времени — большие торговые центры, гипермаркеты, в которых покупатель может приобрести практически все — от продуктов питания и подгузников до мебели и туристических путевок. Чтобы покупатель «не отвлекался» от процесса расставания с деньгами, в торговых центрах предусматриваются (кроме непосредственно торговых площадей) рестораны быстрого питания, игровые комнаты для детей, комнаты отдыха для покупателей, иногда кинотеатры. Все это правильно и необходимо. Поэтому при выборе системы кондиционирования для подобных зданий проектировщик сталкивается фактически с группой различных по функциональному назначению помещений, с различными воздушным и тепловым режимами их функционирования. Основным требованием к системе кондиционирования становится независимость функционирования, или многозональность. Многозональные системы, как класс, находят все большее применение на российском и мировом рынках климатических систем, т.к. могут обеспечивать возрастающие требования к комфорту воздуха в кондиционируемых помещениях. Нет одинаковых помещений (по критерию теплового режима), как и одинаковых людей, поэтому многозональный подход к поддержанию требуемых параметров в помещениях является единственно возможным способом кондиционирования, к которому в полной мере относится термин «комфортный микроклимат». Однозональный подход к группе помещений (или одному большому помещению), при котором априори принимается одинаковый тепловой режим во всех зонах, является при строгом рассмотрении не отвечающим фактическому положению дел.



Наружный блок FDCA450HX4 VRF-системы нового поколения KX4 от MITSUBISHI HEAVY Industries (Япония)

В связи с этим интересно ознакомиться с примером реализации многозональных систем кондиционирования в торговом центре, который может являться некоторой «отправной точкой» при реализации системы кондиционирования в подобных объектах.

## Конструктивные и функциональные характеристики объекта кондиционирования — торгового центра

**Количество этажей:** 5 этажей + 1 подземный. **Площадь кондиционируемых помещений:** 12 тыс. м<sup>2</sup>.

Назначение кондиционируемых помещений:

- **Первый этаж:** продовольственный супермаркет, магазин бытовой техники.
  - **Второй этаж:** торговые отделы одежды, обуви, сотовых телефонов.
  - **Третий этаж:** магазины детских и спортивных товаров, ресторан быстрого питания.
  - **Четвертый этаж:** офисные помещения, ресторан.
  - **Пятый этаж:** офисные помещения.
  - **Подземный этаж:** автостоянка.
- Высота этажа — 4 м.

## Тепловой и воздушный режимы кондиционируемых помещений в летний период. Выбор конструктивной схемы систем кондиционирования воздуха

Расчет величин теплопоступлений в обслуживаемые помещения не вызывает трудностей: учитываются основные поступления тепла: от солнечной радиации, с вентиляционным воздухом, людей, от освещения и оборудования.

$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$ , кВт. (1)  
где  $Q_1$  — теплопоступления от солнечной радиации и от искусственного освещения;  $Q_2$  — теплопоступления от находящихся в помещении людей;  $Q_3$  — теплопоступления от офисного оборудования и бытовой техники;  $Q_4$  — теплопоступления от вентиляционного воздуха. Для качественной оценки максимальной величины теплоизбытков возможно применение укрупненных методов. Давайте обратим внимание на график (рис. 1), связывающий две важнейшие величины — расход воздуха и поступление тепла на 1 м<sup>2</sup> помещения [1].

Наружный воздух потенциально может нести на себе функцию охлаждения помещений, но в определенных пределах. Эти пределы определяются прежде всего теплоемкостью воздуха. Например, если температура наружного воздуха 25°C, а минимальная температура приточного воздуха 15°C, сле-

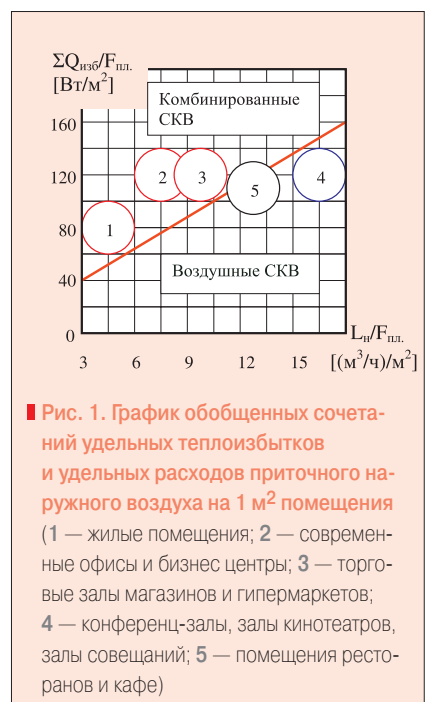
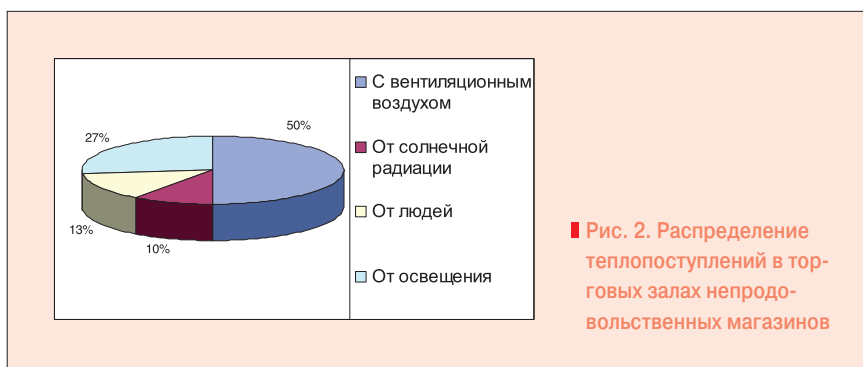


Рис. 1. График обобщенных сочетаний удельных теплоизбытков и удельных расходов приточного наружного воздуха на 1 м<sup>2</sup> помещения (1 — жилые помещения; 2 — современные офисы и бизнес центры; 3 — торговые залы магазинов и гипермаркетов; 4 — конференц-залы, залы кинотеатров, залы совещаний; 5 — помещения ресторанов и кафе)



■ Рис. 2. Распределение тепловыделений в торговых залах непродовольственных магазинов

довательно, мы можем удалить с одного кубического метра воздуха максимум 12 Вт тепла. При условии подачи санитарной нормы воздуха например  $6 \text{ м}^3$  на  $1 \text{ м}^2$  помещения, мы можем удалить 72 Вт теплоизбытков только за счет охлаждения приточного воздуха. Если величина теплоизбытков больше (например в современных офисах), то мы вынуждены либо увеличивать количество приточного воздуха, либо применять комбинированную схему кондиционирования помещений. Комбинированная схема СКВ предполагает удаление теплоизбытков с помощью местных кондиционеров, а обеспечение требуемого воздухообмена с помощью центральной воздушной системы. Таким образом, красная линия на рис. 1 отделяет области оптимального применения комбинированных (водо-воздушных или фреоновоздушных) СКВ от только воздушных систем кондиционирования. Если обратится к конкретным помещениям, то можно отметить следующие тенденции:

□ 1 — современные офисы, бизнес-центры, торговые залы магазинов, жилые помещения квартир оптимально кондиционировать именно комбинированными системами, когда воздушная нагрузка ложится на системы вентиляции или центральный воздушный кондиционер, а избытки тепла и влаги удаляются центральными фреоновыми системами типа VRF или водяными типа чиллер-фанкойлы.

□ 2 — конференц-залы, залы кинотеатров, залы совещаний — т.е. помещения, где основные тепловыделения идут от людей — требуют большой величины наружного вентиляционного воздуха при относительно небольших удельных теплоизбытках. Поэтому охлаждение санитарной нормы наружного воздуха вполне может снять тепловую нагрузку помещений этой группы.

□ 3 — торговые залы продовольственных магазинов, помещения ресторанов и кафе требуют более внимательного расчета требуемой нормы наружного воздуха и определения теплоизбытков помещения, т.к. сразу нельзя однозначно сказать, какая система кондиционирования будет приемлема в том или ином случае.

Мы рассмотрели максимальную величину теплоизбытков в обслуживаемых помещениях, которая является расчетной для определения мощности охлаждения по отдельным зонам (помещениям). Но для определения суммарной мощности оборудования по всему объекту кондиционирования необходимо рассмотреть именно динамику изменения тепловыделений как функцию времени для различных групп помещений. Что мы сейчас и сделаем.

### Тепловыделения с солнечной радиацией

Тепловыделения с солнечной радиацией зависят главным образом от площади окон и могут быть вычислены по формуле:  $Q_1 = Fq_t k$ , Вт (2) где  $F$  — площадь окна,  $\text{м}^2$ ;  $q_t$  — удельные тепловыделения от солнечной радиации на  $1 \text{ м}^2$  вертикальной поверхности требуемой ориентации в текущий момент времени,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ;  $k$  — понижающий коэффициент поступления солнечной энергии в помещение (зависит от типа окон, толщины стен, наличия жалюзи и солнцезащитных козырьков, даже чистоты воздуха в месте строительства).

В первую очередь необходимо обратить внимание на величину  $q_t$ , т.к. она в формуле 1 является переменной во времени величиной. Естественно, для помещений, ориентированных на восток, максимальная величина тепловыделений будет наблюдаться в утрен-

ние часы, а для помещений, ориентированных на запад, — в вечерние.

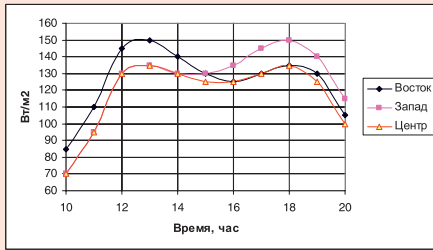
Тепловыделения от солнечной радиации в максимальном режиме составят от 5 до  $15 \text{ Вт}/\text{м}^2$  помещения.

Тепловыделения от людей в значительной степени зависят от индивидуальных особенностей организма и степени физической активности. Также тепловыделения от людей интересны тем, что они разделены на две составляющие — явную (нагревающую воздух помещения) и скрытую (переходящую в испарение воды). Так как системы кондиционирования не только охлаждают воздух помещения, но и конденсируют содержащуюся в нем влагу, необходимо в расчете учитывать обе части. Полные тепловыделения от людей для рассматриваемых помещений: покой сидя — 110 Вт, легкий труд сидя — 140 Вт, ходьба — 190 Вт. Эти показатели рассчитаны на «среднего» человека ростом 170 см и массой 70 кг. Чем больше (тяжелее) человек, тем больше эти величины при одинаковой деятельности [2]. С точки зрения динамики тепловыделений пики посещаемости торговых центров приходится на периоды с 11:00 до 14:00 и с 17:00 до 20:00 ч в будние дни. В выходные посещаемость более равномерна и максимум приходится на период с 12:00 до 17:00 ч. Учитывая реальную величину заполнения торговой площади 1 покупатель на  $10 \text{ м}^2$ , тепловыделения от людей составят около  $15\text{--}20 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .

### Тепловыделения от оборудования и офисной техники

Тепловыделения от оборудования зависят в первую очередь от потребляемой мощности и частоты использования. Для различных видов офисного оборудования величина тепловыделений будет следующая (с учетом частоты использования): компьютер (системный блок + монитор) — 300 Вт, лазерный принтер — 200–600 Вт, копировальный аппарат — 200–600 Вт, холодильник — 150 Вт, электрочайник — 300–600 Вт.

В общем случае величина тепловыделений от электрооборудования определяется по формуле:  $Q_3 = N K_1 K_2$ , Вт, где  $N$  — потребляемая мощность, Вт;  $K_1$  — коэффициент перехода электроэнергии в тепловую (100–80%);  $K_2$  — коэффициент использования оборудования (30–80%). ▴



■ рис. 3. График изменения теплоступлений в торговых помещениях, расположенных с восточного фасада, с западного и в центре здания

### Теплоступления с вентиляционным воздухом

Тепло в помещения также поступает с нагретым наружным воздухом. Величина теплоступлений зависит от величины воздухообмена помещения и параметров наружного и внутреннего воздуха:  $Q_4 = L_n \rho_n (I_n - I_v)$ , Вт, где  $L_n$  — расход наружного воздуха, поступающего в помещение, м³/ч;  $\rho_n$  — плотность наружного воздуха, кг/м³;  $I_n, I_v$  — соответственно энтальпии наружного и внутреннего воздуха, Дж/кг.

При расчетной температуре наружного воздуха в теплый период 28°C и относительной влажности 50% энтальпия равна 60,7 кДж/кг. Для внутреннего воздуха расчетная температура 24°C, относительная влажность воздуха в пределах оптимальных значений 30–60% (примем для теплого периода 55%). Величина энтальпии составляет 52,2 кДж/кг. При расходе наружного воздуха 8 (м³/ч)/м² теплоступления с вентиляционным воздухом составят:  $Q_4 = 8 \cdot 1,1 \cdot (60,7 - 52,2) = 75$  Вт/м².

### Теплоступления от освещения

Не меняются от времени или количества посетителей. С точки зрения величины в торговых центрах теплоступления как правило больше, чем например в офисных помещениях. Если для офисов величина удельных теплоступлений изменяется в пределах 20–40 Вт/м², то для торговых центров освещение выполняет и декоративную функцию. Часто применяются кроме основного освещения дополнительная подсветка витрин, различные цветные лампы, игра светом — все это увеличивает мощность освещения, а значит и поступление тепла от него до величин 40–60 Вт/м² торговой площади. В целом, с учетом величины динамики различных типов теплоступлений можно отметить следующие особенности:

#### □ Торговые площади, примыкающие к фасаду здания.

Для помещений, примыкающих к фасаду здания, характерно влияние

на тепловой режим солнечной радиации. Хотя зачастую стараются ограничить количество солнечных лучей, поступающих в помещения, товар лучше смотрится при фиксированном, заранее подобранном искусственном освещении (рис. 3). Поэтому устанавливаются различные жалюзи и шторы, по минимуму пропускающие солнечный свет. Но если свет задержать шторами возможно, то тепловая энергия, переносимая солнечными лучами, практически вся остается на шторах (а значит в кондиционируемом помещении) и частично (до 50%) отражается от жалюзи.

#### □ Торговые площади в центре здания.

На величину теплоступлений главным образом влияет величина освещения и теплоступления от людей. Характер изменения теплоизбытков совершенно отличается от теплоступлений в помещения, находящиеся близко к фасаду здания — отсутствуют теплопритоки от солнечной радиации летом и нет теплопотерь через ограждающие конструкции зимой. На величину теплоступлений в большей степени оказывает влияние количество посетителей. Фактически в любой период года из этих помещений необходимо отводить тепло.

Давайте внимательно посмотрим на график, изображенный на рис. 3. Кривые теплоступлений не совпадают, функциональные зависимости разные. Поэтому если мы применим общую систему кондиционирования воздуха с регулировкой температуры по одному контрольному помещению (однозональную), то получим в результате несбалансированную систему, которая не может дать поддержание температуры в обслуживаемых помещениях даже в пределах ±2°C.

Из графиков на рис. 1 и рис. 3 можно сделать следующий вывод: для качественного, комфортного микроклимата в торговых центрах необходимо применять многозональные системы кондиционирования воздуха комбинированного типа. Например фреоно-воздушные (система VRF и воздушный кондиционер) или водо-воздушные (си-

стема чиллер-фанкойл и воздушный кондиционер).

Общая мощность охлаждения по всему объекту (укрупненный расчет) исходя из рис. 1:

$$Q_{\text{общ}} = q_{\text{уд}} S = 140 \cdot 12000 = 1680 \text{ кВт холода.}$$

### Выбор типа и мощности внутренних блоков

Существуют четыре основных типа внутренних блоков: настенные, кассетные, канальные и напольно-потолочные. В торговых центрах оптимально применение именно кассетных внутренних блоков, т.к. они обладают следующими преимуществами:

1. Не требуют привязки к внутренним или наружным стенам помещения, т.к. встраиваются в подвесной потолок. Помещения торговых центров должны обладать свойством свободной компоновки площадей. Это значит, что при эксплуатации объекта назначение и конфигурация помещений будет меняться. Система кондиционирования, подобранная из условия фиксированных характеристик объекта, не будет обеспечивать требуемые условия при изменении каких-либо параметров магазина, либо будет требовать своей реконструкции. Отсюда важное требование к системам кондиционирования торговых центров — отсутствие привязки к стенам и перегородкам.

2. Не занимают полезной площади помещения, т.к. встраиваются в подвесной потолок. Каждый метр торговой площади должен приносить прибыль. Идеальное место для систем кондиционирования с точки зрения экономии пространства — подвесной потолок.

3. Обладают четырехсторонним распределением воздуха, что создает комфортное равномерное охлаждение помещений, без эффекта «сквозняков» и холодных потоков воздуха. Кассетные внутренние блоки (пионером в применении которых стала компания MITSUBISHI HEAVY Industries) обладают лучшим на сегодняшний день способом распределения воздуха по обслуживаемому помещению. Воздух делится на четыре потока и максимально близко к потолку выпускается из кассетного блока (рис. 4). Если сравнивать с однопоточными внутренними блоками (например, настенными), четыре маленьких струи быстрее смешиваются с внутренним воздухом помещения

и градиенты температур и скоростей воздуха в помещении минимальны. Для потребителей воздух помещения воспринимается как комфортный без чувства сквозняка и холодного потока воздуха.

4. Стандартно содержат встроенный дренажный насос, что позволит разместить все дренажные трубопроводы в пространстве подвесного потолка. Исходя из опыта эксплуатации систем кондиционирования, 90% всех возникающих проблем возникает с дренажной системой. Засор, провис трубопровода, нарушение герметичности и другие проблемы приходится решать службе эксплуатации. Дренажный насос в кассетных внутренних блоках не является панацеей от всех «болезней» дренажных систем, но значительно улучшает процесс удаления конденсата за счет минимального напора (750 мм водяного столба) и функции обратного клапана. Чтобы не случилось в дренажной системе, насос блокирует обратный поток конденсата и не допускает процесс «веселой весенней капли» с внутреннего блока. Это особенно важно в торговых помещениях, т.к. под внутренним блоком наверняка окажется какой-нибудь товар, портящийся от воды.

Выбор мощности внутренних блоков должен происходить с учетом такого параметра, как температура внутреннего воздуха. Все параметры, которые мы видим в каталогах производителей, приведены при следующих номинальных параметрах внутреннего воздуха: температура по сухому термометру — 27°C, относительная влажность — 50%. В случае изменения этих параметров характеристики системы кондиционирования тоже естественно изменятся. Если обратить внимание на наши нормативные документы [3], то оптимальная температура воздуха

■ Уровень звукового давления (дБА) кассетных блоков

табл. 1

Мощность охлаждения, кВт	2	3,5	4,4	5,2	6,7	8,5
FDTA KX4 MHI	35	35	35	36	37	43
Фанкойлы CWC LENNOX	40	40	44	48	47	51

■ Максимальный уровень звукового давления для помещений торгового центра

табл. 2

Помещения	Максимальный уровень звукового давления, дБА
Залы совещаний	40
Офисные помещения	50
Залы кафе, ресторанов	55
Торговые залы магазинов	60



■ Рис. 4. Внутренний блок кассетного типа VRF системы нового поколения KX4 от MITSUBISHI HEAVY Industries (Япония)

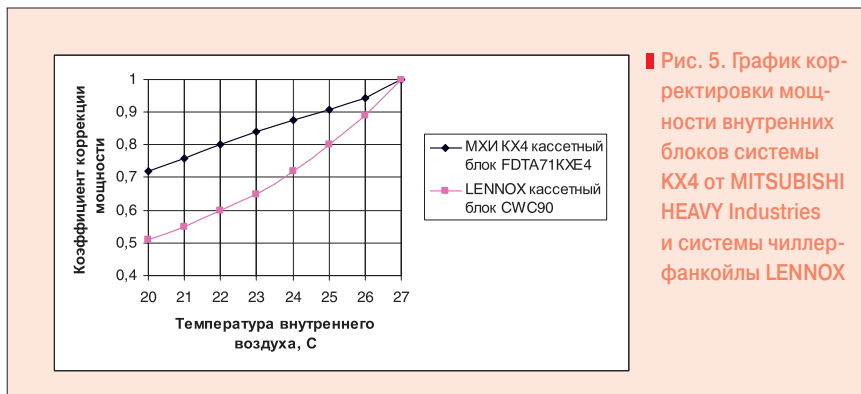
в кондиционируемых помещениях должна быть в диапазоне 20–25°C. Давайте посмотрим, как изменятся характеристики системы кондиционирования (мощность охлаждения внутреннего блока) при изменении температуры внутреннего воздуха помещений (рис. 5).

Мощность охлаждения внутренних блоков при уменьшении температуры внутреннего воздуха падает. Это является следствием уменьшения градиента температуры на теплообменнике, что в свою очередь приводит к потерям мощности по холоду внутреннего блока. Примечательно, что потери мощности внутренних блоков для систем чиллер-фанкойлы значительно больше, чем потери VRF-систем. При средней температуре воздуха во внутреннем блоке 20°C, температура теплооб-

менника для VRF-систем постоянна и равна температуре кипения фреона 5°C (разность температур 15°C). Для водяных систем эта температура равна средней температуре охлажденной воды 10°C (разность температур 10°C). Поэтому даже в начальных условиях температурный потенциал для процесса теплообмена у VRF-систем в 1,5 раза больше, а при уменьшении температуры внутреннего воздуха до оптимальных значений эта разница становится еще больше. Одно из основных преимуществ внутренних блоков VRF-систем — стабильность холодопроизводительности.

### Шумовые характеристики внутренних блоков

Система кондиционирования торговых центров по назначению относится к комфортному кондиционированию. Шум — бесспорно негативный для человека результат работы кондиционера. Поэтому важнейший фактор комфортности — уровень звукового давления внутренних блоков. Чем меньше уровень шума кондиционера, тем лучше. Важно, что сравнение систем кондиционирования воздуха нужно производить в одинаковых условиях, при одинаковой производительности по холоду. Еще нужно отметить тот факт, что расчетным режимом работы внутреннего блока является режим максимальной скорости вращения вентилятора, т.к. именно при максимальной скорости кондиционер может выдать расчетную (максимальную) производительность. Поэтому вызывает удивление, что в некоторых каталогах (как правило, рекламных), приводится мощность кондиционера при большой скорости вентилятора, а уровень шума при малой. ▴



■ Рис. 5. График коррекции мощности внутренних блоков системы KX4 от MITSUBISHI HEAVY Industries и системы чиллер-фанкойлы LENNOX

Уровень звукового давления кассетных внутренних блоков двух типов систем приведен в табл. 1.

Уровень звукового давления внутренних блоков FDТА кассетного типа VRF системы KX4 значительно меньше, чем уровень шума кассетных фанкойлов CWC LENNOX.

Теперь давайте посмотрим на предельные уровни звукового давления для различных помещений нашего торгового центра (табл. 2).

С точки зрения максимальной величины уровня шума, подходят для установки, как внутренние блоки системы KX4, так и фанкойлы LENNOX. Но не надо забывать, что в табл. 2 приведен именно максимальный уровень шума, который идет не только от системы кондиционирования, а суммируется от многих различных источников. К тому же в пределах одного помещения устанавливаются несколько внутренних блоков. Поэтому для рассматриваемого торгового центра внутренние блоки FDТА кассетного типа VRF-системы KX4 MITSUBISHI HEAVY Industries предпочтительнее.

### Расход электрической энергии

Критерий энергоэффективности оборудования при выборе системы кондиционирования зачастую становится определяющим. Такой подход обоснован не только экономией энергии в период эксплуатации. Так как подводимая энергия тратится только по назначению, то, как правило, энергоэффективное оборудование отличается лучшими показателями надежности, меньшими уровнями шума и вибрации, большим сроком эксплуатации.

Для оценки энергетических характеристик холодильных установок чаще используется холодильный коэффициент  $\epsilon$  (COP):

$$\epsilon = Q_x / N. \quad (3)$$

Конструкция холодильного контура VRF-систем кондиционирования воздуха и систем чиллер-фанкойлы значительно отличаются друг от друга, что логично приводит к различным величинам холодильного коэффициента.

Холодопроизводительность системы кондиционирования  $Q_x$  (кВт) зависит от величины теплоизбытков объекта кондиционирования и является одинаковой величиной для VRF-систем и систем чиллер-фанкойлы. Величины энергопотребления  $N$  (кВт) для

рассматриваемых систем различны. Энергопотребление VRF-систем складывается из энергопотребления компрессоров  $N_k$ , вентиляторов наружных блоков  $N_{н.б.вент}$ , вентиляторов внутренних блоков  $N_{вн.б.вент}$ :

$$N_{VRF} = N_k + N_{н.б.вент} + N_{вн.б.вент}. \quad (4)$$

Энергопотребление систем чиллер-фанкойлы складывается из энергопотребления компрессоров  $N_k$ , вентиляторов холодильных машин  $N_{ч.вент}$ , вентиляторов фанкойлов  $N_{ф.вент}$  и циркуляционных насосов  $N_{ц.нас}$ :

$$N_{VRF} = N_k + N_{ч.вент} + N_{ф.вент} + N_{ц.нас}. \quad (5)$$

Посчитаем энергопотребление рассматриваемых систем кондиционирования на требуемую мощность 1680 кВт холода. Для VRF-систем KX4 мощность охлаждения 1680 кВт может быть обеспечена за счет использования 38 блоков FDCA450HKX4.

При полной загрузке 45 кВт холода и расчетной температуре наружного воздуха 28°C энергопотребление данного наружного блока равно 11,53 кВт.

Энергопотребление всех наружных блоков:  $38 \cdot 11,53 = 439$  кВт.

Энергопотребление внутреннего блока FDТА71KXE4 при максимальной скорости вентилятора: 60 Вт. Всего 280 блоков. Энергопотребление всех внутренних блоков  $0,06 \cdot 280 = 16,8$  кВт.

Суммарная мощность энергопотребления всей системы кондиционирования  $N_{VRF} = 439 + 16,8 = 455,8$  кВт.

Для систем чиллер-фанкойлы рассмотрим систему из трех чиллеров на основе высокоэффективных винтовых компрессоров серии ECOMAX HE LENNOX. Энергопотребление одного чиллера LCH V 502 составляет 165 кВт при температуре наружного воздуха 28°C (производительность по холоду 569 кВт). Энергопотребление трех чиллеров:  $152 \cdot 3 = 456$  кВт.

Мы подобрали также 280 фанкойлов CWC90 с энергопотреблением 220 Вт. Всего фанкойлы потребляют:  $280 \cdot 0,22 = 61$  кВт.

И третья составляющая — циркуляционные насосы. При расчетном перепаде температур теплоносителя 5°C требуемый расход охлаждающей воды в системе:

$$G = Q / (c_p \Delta t) = 1680 / (4,19 \cdot 1000 \cdot 5) = 0,08 \text{ м}^3/\text{с} = 288 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Принимаем два насоса F 65/160A с энергопотреблением 15 кВт у каждого. Итого энергопотребление всей системы кондиционирования чиллер-фанкойлы:

$$N_{ч-ф} = 456 + 61 + 30 = 547 \text{ кВт}.$$

За счет отсутствия циркуляционных насосов и потерь холода по длине трубопроводов максимальный расход электроэнергии (установочная мощность) для VRF-систем значительно меньше, чем для систем чиллер-фанкойлы даже при использовании высокоэффективных чиллеров при одинаковой полезной холодопроизводительности.

**В качестве заключения** можно отметить, что на рассматриваемом торговом центре оптимально использование именно VRF системы KX4 MITSUBISHI HEAVY Industries в связи со следующими ее преимуществами:

1. Особенности теплового и воздушного режима помещений торговых центров показывают оптимальность применения комбинированных (например KX4 и система вентиляции) систем центрального кондиционирования для подобных объектов.
2. Для кондиционирования помещений со свободной компоновкой торговых площадей удобнее с точки зрения размещения и воздухораспределения использовать внутренние блоки кассетного типа серии FDТА.
3. Уровень шума кассетных внутренних блоков системы KX4 значительно меньше аналогичных по мощности моделей фанкойлов.
4. Энергопотребление всего объекта при использовании VRF-системы нового поколения KX4 значительно меньше, чем при использовании системы чиллер-фанкойл даже при использовании высокоэффективных чиллеров с винтовыми компрессорами.
5. Стоимость 1 кВт холода (оборудование, материалы и монтаж) при кондиционировании торгового центра с помощью VRF-системы KX4 составила около \$730. В пересчете на 1 м<sup>2</sup> кондиционируемой площади (140 Вт/м<sup>2</sup>) стоимость систем составляет около \$100/м<sup>2</sup>. Это практически равно капитальным затратам для чиллерных систем. □

1. Современные системы холодоснабжения СКВ: методы и примеры определения холодильной нагрузки. А.Г. Сотников. «С.О.К.», №2/2006 г.
2. Бурцев С.И., Цветков Ю.Н. Тепловой и газовый комфорт с учетом индивидуальных особенностей человека. «Теплоэнергоэффективные технологии», №1/2002.
3. СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». Госстрой России, Москва, 2004.
4. AIR Conditioning — Heat pump machinery handbook, Mitsubishi Heavy Industries, 2005.
5. LENNOX. Каталог продукции. 2005.