

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»  
Институт горного дела и строительства**

Кафедра «Санитарно-технические системы»

Утверждено на заседании кафедры  
«Санитарно-технические системы»  
« 20 » января 2023 г., протокол № 5  
Заведующий кафедрой



Р.А. Ковалев

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ**  
по дисциплине (модуля)

***«Проектирование современных систем вентиляции и кондиционирования  
воздуха»***

**основной профессиональной образовательной программы  
высшего образования – программы магистратуры**

по направлению подготовки  
***08.04.01 – "Строительство"***

с профилем  
***"Теплогазоснабжение и вентиляция"***

Форма(ы) обучения: *очная, заочная*

Идентификационный номер образовательной программы: 080401-05-23

Тула 2023 г.

Методические указания к практическим занятиям составлены доцентом В.Ф. Рожковым и обсуждены на заседании кафедры «Санитарно-технические системы»

протокол № 5 от « 20 » 01 2023 г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Р.А. Ковалев

Методические указания к практическим занятиям пересмотрены и утверждены на заседании кафедры «Санитарно-технические системы»

протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Р.А. Ковалев

Методические указания к практическим занятиям пересмотрены и утверждены на заседании кафедры «Санитарно-технические системы»

протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Р.А. Ковалев

## Цели и задачи практических занятий

1. Закрепление теоретических знаний, полученных по материалам лекций и учебной литературы.
2. Практическое ознакомление с действующими видами инженерных систем общественных зданий.
3. Овладение методами расчётов технико-эксплуатационных показателей работы систем и оборудования и их экономической эффективности.
4. Умение дать аналитическую оценку конструктивных и эксплуатационных достоинств и недостатков действующих или заданных систем и оборудования на основе результатов работы и сделать вывод о целесообразности и эффективности использования данных видов систем и оборудования.

## Содержание практических занятий

### Очная форма обучения

| №<br>п/п         | Темы практических занятий  |
|------------------|--|
| <i>1 семестр</i> |  |
| 1                | Жилые здания и помещения. Здания административных учреждений, проектных и научно-исследовательских организаций.    |
| 2                | Общественные здания. Вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий.                                  |
| 3                | Центральные кондиционеры. Кондиционеры сплит-систем.   |
| 4                | Канальные кондиционеры и кондиционеры сплит-систем с приточной вентиляцией.  |
| 5                | Прецизионные кондиционеры.   |
| 6                | СКВ в классных комнатах школ. СКВ помещений плавательных бассейнов.  |
| 7                | СКВ для помещений искусственных катков. СКВ для операционных и реанимации в больницах.                             |
| 8                | Общие подходы к повышению энергетической эффективности и санитарно-гигиенических качеств систем кондиционирования. |
| 9                | Преимущества местно-центральных систем по сравнению с традиционными центральными СКВ.                              |
| 10               | Системы кондиционирования воздуха для «чистых» помещений. СКВ в цехах предприятий текстильной промышленности.      |
| 11               | Повышение энергетической эффективности СКВ методами восстановительной вентиляции                                   |
| 12               | Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фанкойлами.  |

## Заочная форма обучения

| №<br>п/п         | Темы практических занятий   |
|------------------|---|
| <i>I семестр</i> |   |
| 1                | Жилые здания и помещения. Здания административных учреждений, проектных и научно-исследовательских организаций. |
| 2                | Общественные здания. Вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий.                               |
| 3                | Центральные кондиционеры. Кондиционеры сплит-систем.  |

## Отчёт о проделанной работе

Отчёт о проделанной работе оформляется индивидуально каждым студентом в тетради в следующей последовательности:

**Наименование работы.**

**Цель выполняемой работы.**

**Исходные данные** к работе расчётного характера.

**Расчётная часть** или принципиальные схемы систем или оборудования (изображаются от руки ручкой или карандашом) с определением некоторых их характеристик.

**Вывод** по результатам работы.

Каждая выполненная и оформленная работа завершается её устной защитой, на которой студент должен проявить знания по соответствующему теоретическому и практическому разделу изучаемой дисциплины и получить зачёт по данной работе.

## ***Практическое занятие №1***

1.1 Жилые здания и помещения.

1.2 Здания административных учреждений, проектных и научно-исследовательских организаций.

### **1.1 Жилые здания и помещения**

В жилых зданиях, проектируемых в любых климатических районах, допускается установка индивидуальных (автономных) кондиционеров сплит-систем при экономическом обосновании или по желанию заказчика, при этом шумовые характеристики кондиционера должны соответствовать требованиям СП.

В жилых зданиях, расположенных в *IVA* климатическом районе, рекомендуется устанавливать индивидуальные кондиционеры или (как альтернатива) в кухнях и жилых комнатах следует предусматривать возможность установки кондиционеров-доводчиков (фанкойлов) с целью поддержания температуры внутреннего воздуха в оптимальных параметрах.

Комфортное КВ применяется в соответствии с климатическим районированием территории страны, критерием которого является продолжительность неблагоприятных климатических условий. Систему кондиционирования воздуха необходимо выбирать с учетом внешних климатических условий: температуры и влажности воздуха, загрязненности атмосферы, уровня шума, континентальности климата (величины суточной амплитуды температуры воздуха), а также типа зданий, режима его эксплуатации (время пребывания людей), требуемого уровня комфорта.

В жилых зданиях искусственное охлаждение рекомендуется устраивать в местностях, где период жарких дней (со среднесуточной температурой 20 °С и выше) в году не менее двух месяцев.

Во встроенных в жилые здания общественных помещениях предусматривается кондиционирование, вентиляция и отопление. Кондиционирование и вентиляция встраиваемых объектов должны быть автономными. Вытяжную вентиляцию помещений, размещаемых в габаритах одной квартиры, — нотариальных контор, юридических консультаций, детских комнат, контор жилищно-эксплуатационных организаций, сбербанков, киосков союзпечати и других встроенных помещений, где отсутствуют пожаровзрывоопасные вещества и вредные выделения не превышают нормируемых значений, допускается присоединять к общей вытяжной системе жилого здания.

В гостиницах, размещаемых в любом климатическом районе, рекомендуется предусматривать кондиционирование воздуха в номерах, обеденных залах и в производственных помещениях предприятий общественного питания при значительных тепловыделениях, а также приточно-вытяжную вентиляцию в остальных служебных помещениях.

В жилых зданиях с вытяжной вентиляцией с естественным побуждением компенсацию удаляемого воздуха предусматривают как за счет естественного поступления наружного воздуха, так и за счет перетекания воздуха из других помещений.

Помещения, имеющие окна, должны быть обеспечены проветриванием через фрамуги, форточки или другие устройства.

В зданиях, проектируемых для климатических районов категории *III* и *IV*, квартиры должны быть обеспечены сквозным или угловым проветриванием; допускается также вертикальное (через шахты) проветривание. В секционных домах, проектируемых для *III* климатического района, допускается проветривание односторонне расположенных одно- и двухкомнатных квартир через лестничную клетку или другие внеквартирные проветриваемые помещения. При этом таких квартир на этаже должно быть не более двух. В домах коридорного типа допускается проветривание одно- и двухкомнатных квартир через общие коридоры длиной не более 24 м, имеющие прямое естественное освещение и сквозное или угловое проветривание.

Вытяжную вентиляцию жилых комнат во всех квартирах следует предусматривать через вытяжные каналы кухонь, уборных, ванных (душевых) и сушильных шкафов. В квартирах в четыре комнаты и более без сквозного или углового проветривания должна быть запроектирована естественная вытяжная вентиляция непосредственно из жилых комнат, не смежных с санитарными узлами и кухнями. Вентиляционные каналы из помещений кухонь, уборных, ванных (душевых), кладовых для продуктов не допускается объединять с вентиляционными каналами из помещений автономных котельных, гаражей, а также помещений, обращенных на различные фасады.

При проектировании систем вентиляции кухонь и санитарных узлов можно объединять: горизонтальный вентиляционный канал из ванной или душевой (без унитаза) с вентиляционным каналом из кухни той же квартиры; вентиляционные каналы из уборной, ванной (душевой) и сушильного шкафа той же квартиры; вертикальные вентиляционные каналы из кухонь, хозяйственных помещений, уборных, ванных и сушильных шкафов в общий вентиляционный канал. Такое объединение допускается при условии, что расстояние по высоте между присоединяемыми местными каналами составляет не менее 2 м.

Местные каналы, присоединяемые к общему каналу, должны быть оборудованы жалюзийными решетками, допускающими монтажную регулировку.

В кухнях квартир, расположенных в двух верхних этажах и не оборудованных газовыми водонагревателями, допускается устройство механической вентиляции.

Вентиляцию и проветривание закрытых лестничных клеток следует обеспечивать устройством вентиляционных шахт, открывающихся окон, фрамуг и форточек. Проветривание лестничных клеток без окон следует осуществлять через вытяжные каналы и шахты.

Для помещений с нормируемой вытяжкой компенсацию удаляемого воздуха следует предусматривать как за счет поступления наружного воздуха, так и за счет его перетекания из других помещений данной квартиры.

В зданиях с теплым чердаком удаление воздуха из чердака следует предусматривать через одну вытяжную шахту на каждую секцию дома с высотой шахты не менее 4,5 м от перекрытия над последним этажом.

В климатических районах с температурой наиболее холодной пятидневки ниже минус 40 °С жилые здания высотой три этажа и более рекомендуется оборудовать приточной вентиляцией с подогревом наружного воздуха.

Вытяжную вентиляцию из спальных комнат санаториев и учреждений отдыха следует предусматривать, как правило, с естественным побуждением, а для IV климатического района в жилых комнатах учреждений отдыха, рекомендуется предусматривать вытяжную вентиляцию с механическим побуждением.

Удаление воздуха из жилых комнат и номеров, имеющих санитарные узлы, следует предусматривать через санитарные узлы.

При применении канальной приточной вентиляции, совмещенной с воздушным отоплением, предусматривается подача воздуха в жилые помещения постоянно по каналам воздушного отопления.

Рекомендуемые минимальные размеры жалюзийных решеток: в кухнях одно-, двух- и трехкомнатных квартир без вытяжных вентиляторов —  $20 \times 25$  см; в уборных и ванных комнатах —  $15 \times 20$  см. В жилых комнатах и санитарных узлах предусматриваются регулируемые вытяжные решетки. В кухнях — неподвижные.

## **1.2 Здания административных учреждений, проектных и научно-исследовательских организаций**

В помещениях административных учреждений и проектных организаций, расположенных в IV климатическом районе, необходимо поддерживать оптимальные параметры воздушной среды, проектируя кондиционирование воздуха. В других климатических районах комфортное кондиционирование воздуха проектируется по желанию заказчика или при технико-экономическом обосновании.

В зданиях административных учреждений и проектных организаций, где невозможно установить кондиционеры по техническим или технико-экономическим факторам, применяется механическая приточно-вытяжная вентиляция.

Для конференц-залов, помещений общественного питания и помещений киноаппаратного комплекса следует предусматривать самостоятельные системы кондиционирования или приточной вентиляции с механическим побуждением. Для остальных помещений проектируется единая система приточной вентиляции.

Подавать приточный воздух необходимо непосредственно в конференц-залы, обеденные залы, кухни, вестибюли, а также в другие помещения вспомогательного и обслуживающего назначения.

Удаление воздуха самостоятельными вытяжными системами вентиляции с механическим побуждением следует предусматривать для следующих групп помещений: санитарных узлов и курительных; проектных залов и служебных помещений, кабинетов площадью  $35 \text{ м}^2$  и более; холлов и коридоров; помещений предприятий общественного питания; аккумуляторных; кинопроекторных, а также от вытяжных шкафов и укрытий. Для конференц-залов и залов совещаний рекомендуется проектировать системы вытяжной вентиляции с естественным побуждением.

Удалять воздух из служебных помещений и кабинетов площадью менее  $35 \text{ м}^2$  следует за счет перетекания воздуха в коридор, а из служебных комнат и кабинетов площадью  $35 \text{ м}^2$  и более — непосредственно из помещений.

Воздухообмен в помещениях проектных залов, служебных помещениях и кабинетах следует, как правило, организовывать по схеме «сверху — вниз» или «сверху —

вверх», а в конференц-залах «сверху — вниз — вверх»; допускаются и другие схемы воздухообмена при соответствующем обосновании.

Вытяжную вентиляцию с естественным побуждением допускается предусматривать в помещениях зданий высотой один-три этажа с количеством сотрудников менее 300 чел. Рециркуляция воздуха применяется в помещениях, для которых воздухообмен определяется расчетом из условий ассимиляции (растворения) тепловлагоизбытков. В проектных залах, служебных помещениях и кабинетах, конференц-залах и залах совещаний, в зданиях проектных и конструкторских организаций следует обеспечивать оптимальные условия воздушной среды. При проектировании систем кондиционирования воздуха в конференц-залах и залах совещаний устраиваются одноканальные системы с рециркуляцией воздуха; в проектных залах, служебных помещениях и кабинетах — одноканальные, совмещенные с отоплением (или охлаждением) системы с местными доводчиками (фанкойлами).

Для лабораторных помещений НИИ естественных и технических наук необходимо проектировать приточно-вытяжную вентиляцию с механическим побуждением или кондиционирование воздуха, предусматривая при необходимости подогрев или охлаждение, очистку и увлажнение воздуха. При проектировании вентиляции температуру, относительную влажность и скорость движения воздуха в помещениях лабораторий следует принимать как для производственных помещений, работы в которых относятся к категории легких, а также по технологическим требованиям. В помещениях, где производятся работы с вредными веществами всех классов опасности или происходит выделение горючих паров и газов, не допускается рециркуляция воздуха. В помещениях лабораторий должны быть предусмотрены открывающиеся части окон и системы естественной вентиляции для удаления воздуха из помещений в нерабочее время. Объем воздуха, удаляемого через вытяжной шкаф, следует определять в зависимости от скорости движения воздуха в расчетном проеме шкафа.

При организации подачи приточного воздуха непосредственно в помещение лаборатории следует подавать 90% объема воздуха, удаляемого местными вытяжными системами, а в коридор и холл — остальное количество) воздуха (10%); при этом в холлах зданий лабораторий химического профиля, примыкающих к лестничным клеткам или шахтам лифтов, должен быть обеспечен не менее чем 20-кратный обмен воздуха; объем холлов следует принимать в расчете минимальным и не более 130 м<sup>3</sup>.

Системы кондиционирования воздуха, приточной вентиляции и воздушного отопления, обслуживающие помещения с производствами (процессами) категорий *A*, *B* и *E*, должны проектироваться отдельными для групп помещений каждой из указанных категорий. Системы вытяжной вентиляции, обслуживающие помещения с производствами (процессами) категорий *A*, *B* и *E*, должны проектироваться также отдельными для каждого помещения.

Систему вытяжной вентиляции помещений лабораторий с производствами категории *B* (в том числе помещений, предназначенных для работы со взрывопожароопасными веществами), оборудованных вытяжными шкафами, следует проектировать:

- ◆ децентрализованной от вытяжных шкафов с индивидуальным воздухоподводом и вентилятором для каждого помещения;



♦ централизованной, при которой вытяжные воздуховоды от каждого отдельного лабораторного помещения объединяются в сборный вертикальный коллектор, размещаемый за пределами здания, или горизонтальный, размещаемый на техническом этаже в помещении для оборудования вытяжных систем.

Для помещений лабораторий с производствами категории *B* возможно проектирование общих приточных коллекторов. Объединение поэтажных ответвлений воздуховодов или поэтажных коллекторов допускается не более чем для девяти этажей. При этом необходимо устанавливать самозакрывающиеся обратные клапаны на каждом поэтажном ответвлении или поэтажном коллекторе, обслуживающем группы помещений общей площадью не более 300 м<sup>2</sup>. В помещении лаборатории местные отсосы и общеобменную вытяжку можно объединять в одну вытяжную систему. Воздуховоды местных отсосов и общеобменной вытяжки могут быть объединены в помещении лаборатории или в помещении вентиляционного оборудования. В системах вытяжной вентиляции лабораторий при удалении воздушной смеси с химически активными газами следует применять воздуховоды из коррозионностойких материалов.

## ***Практическое занятие №2***

### **2.1 Общественные здания**

### **2.2 Вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий**

## 2.1 Общественные здания

### *Детские дошкольные учреждения*

В помещениях детских садов-яслей проектируют приточно-вытяжную вентиляцию с естественным побуждением.

Для помещений групповых и игровых-столовых во всех климатических районах, кроме северных районов, предусматривают периодическое естественное сквозное или угловое проветривание. В IV климатическом районе периодическое сквозное или угловое проветривание предусматривают также в спальнях-верандах, кухнях, стиральных-разборочных, сушильных-гладильных и туалетах.

Удалять воздух из помещений спален, имеющих сквозное (угловое) проветривание, допускается через групповые помещения.

Объем воздуха, удаляемого от одного шкафа для сушки детской одежды, принимается равным  $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Вытяжные воздуховоды, идущие из пищеблока, не должны проходить через групповые и спальняные помещения.

Для медицинских помещений следует проектировать самостоятельные вытяжные каналы.

Для периодической интенсификации воздухообмена на вытяжном канале в туалетных комнатах без оконных проемов в наружных ограждениях следует устанавливать по одному осевому малогабаритному вентилятору.

Для подогрева наружного воздуха, подаваемого в помещения стиральной и гладильной, могут применяться приточные шкафы с использованием в качестве нагревательных элементов калориферов, конвекторов или радиаторов.

Для постирочных, не оборудованных сушильными барабанами, подогрев поступающего воздуха допускается обеспечивать за счет поверхности нагревательных приборов.

Для детских дошкольных учреждений не допускается применение асбестоцементных воздуховодов в системах вентиляции.

### *Общеобразовательные школы, школы-интернаты и профессионально-технические училища*

В учебных помещениях проектируется приточно-вытяжная вентиляция из расчета  $16 \text{ м}^3/\text{ч}$  воздуха на одного человека. При проектировании приточной вентиляции с механическим побуждением должна предусматриваться естественная вытяжная вентиляция в объеме однократного обмена непосредственно из учебных помещений (классов, лабораторий, учебных заведений). Удалять воздух из учебных помещений следует через подсобные помещения, санитарные узлы, а также за счет естественного проветривания. В школах с числом учащихся до 200 включительно допускается устройство вентиляции без организованного механического притока.

При применении для учебных помещений систем воздушного отопления, совмещенного с вентиляцией, необходимо предусматривать автоматическое управление

этими системами. Поддержание расчетной температуры и относительной влажности допускается с помощью систем кондиционирования воздуха. В нерабочее время допускается использование рециркуляции воздуха в системах воздушного отопления учебных помещений. Температура воздуха, подаваемого в рабочее время системами воздушного отопления, не должна превышать 40 °С.

Вытяжные каналы из учебных помещений при воздушном отоплении проектировать не следует. Устройство вытяжных каналов можно не предусматривать также в случае, если в помещениях учительской, библиотеки, кабинетов администрации и в комнатах отдыха имеются наружные окна с фрамугами или форточками.

В школах и училищах проектируют отдельные системы вентиляции для следующих помещений: классных комнат и учебных кабинетов (при отсутствии воздушного отопления), актов залов, спортивных залов, столовых, лабораторий, оборудованных вытяжными шкафами, киноаппаратных, аккумуляторных, санитарных узлов, медпункта. Отдельная система приточной вентиляции должна предусматриваться для столовых.

Помещения лабораторий физики и химии оборудуют механической вытяжкой через вытяжные шкафы. Для ученических и демонстрационных лабораторных шкафов проектируют отдельные вытяжные системы. Расчетную скорость движения воздуха в рабочем отверстии вытяжной системы при полностью открытой шторке принимают соответственно 0,5 и 0,7 м/с. Объем воздуха, удаляемого через вытяжной шкаф, следует определять в зависимости от скорости движения воздуха в расчетном проеме шкафа.

Из помещений, оборудованных вытяжными шкафами, весь объем воздуха следует удалять через шкафы, предусматривая отдельную систему для каждого шкафа. Удалять воздух допускается общей системой вентиляции из одного или нескольких помещений при условии обеспечения требований по взрывопожаробезопасности.

В помещения лабораторий, где выделяются вредные вещества, следует подавать не менее 90% общего объема приточного воздуха для этих помещений. Остальной объем приточного воздуха подается в смежные помещения (коридоры), причем его количество не должно превышать 1,5-кратного воздухообмена в 1 ч для этих помещений с учетом коэффициента одновременности действия систем местных отсосов, определяемого по технологической части проекта.

При смежном расположении умывальной комнаты и уборной вытяжка предусматривается из уборной.

Воздухообмен в школьных столовых рассчитывается на поглощение избытков тепла, выделяемого технологическим оборудованием кухни, при этом количество наружного воздуха на 1 место в обеденном зале должно приниматься не менее 20 м<sup>3</sup>/ч. Подавать приточный воздух следует через обеденный зал, удалять — из помещений кухни и других производственных помещений. В установке модулированного кухонного оборудования предусмотрены специальные вентиляционные устройства для подачи приточного воздуха и удаления отработанного воздуха.

Приточный воздух в киноаппаратную допускается подавать от приточной системы актового зала — лекционной аудитории при условии подключения воздуховода, идущего в киноаппаратную, к приточной системе зала ниже уровня пола киноаппаратной.

### *Больницы и поликлиники*

Кондиционирование воздуха является обязательным в операционных, наркозных, предродовых, родовых, послеоперационных палатах, реанимационных залах, палатах интенсивной терапии, в однокоечных и двухкоечных палатах для больных с ожогами, в палатах для грудных, новорожденных, недоношенных, травмированных детей, в залах барокамер и т.д.

Воздух, подаваемый в эти помещения, надлежит дополнительно очищать в бактериологических фильтрах, устанавливаемых после вентилятора. В этом случае не допускается установка масляных фильтров в качестве I ступени очистки воздуха.

В палатах отделений больниц, проектируемых для строительства в сельских населенных пунктах, увлажнение воздуха в приточных вентиляционных установках допускается не предусматривать.

В операционных, наркозных, послеоперационных палатах, родовых, реанимационных залах и палатах интенсивной терапии относительную влажность воздуха следует принимать 55-60%; подвижность воздуха не должна превышать 0,15 м/с. Относительную влажность воздуха в зимнее время в палатах иного назначения рекомендуется принимать 30-50%. Увлажнение воздуха предусматривается в кондиционерах либо автономно.

Самостоятельные системы приточно-вытяжной вентиляции, а также системы кондиционирования воздуха для помещений, указанных выше, проектируют: для операционных блоков (отдельно для асептических и септических отделений), реанимационных залов и палат интенсивной терапии (отдельно для поступающих в больницы с улицы и из отделений больниц), родовых (отдельно для физиологического и наблюдационного отделений), палат новорожденных, недоношенных и травмированных детей каждого отделения (отдельно для физиологического и наблюдационного отделений), рентгеновских отделений, лабораторий, отделений грязелечения, водолечения, сероводородных ванн, радоновых ванн, лабораторий приготовления радона, санитарных узлов, холодильных камер, хозрасчетных аптек. Объединение нескольких помещений одной вентиляционной системой возможно только в помещениях одного назначения, допустимости сообщения помещений между собой и исключения пребывания в них инфекционных больных. В каждое помещение для лечебных процедур приточный воздух следует подавать непосредственно в верхнюю зону, для остальных помещений допускается подача приточного воздуха в коридор по балансу вытяжки. Рекомендуется подавать воздух и в такие помещения, как вестибюли и т.п.

В зданиях аптек и лечебно-профилактических учреждений, кроме инфекционных больниц (отделений), проектируют приточно-вытяжную вентиляцию с механическим побуждением. В инфекционных больницах (отделениях) вытяжную вентиляцию устраивают из каждого бокса, полубокса и от каждой палатной секции отдельно

с естественным побуждением, а приточную вентиляцию предусматривают с механическим побуждением и подачей воздуха в коридор.

Наружный воздух, подаваемый системами приточной вентиляции, надлежит очищать в фильтрах соответствующего класса чистоты.

Рециркуляция воздуха не допускается.

Приточный воздух, как правило, обрабатывают в центральных приточных камерах или кондиционерах. Вентиляционные приточные и вытяжные камеры размещают таким образом, чтобы была исключена передача шума в помещения с длительным пребыванием больных и в кабинеты врачей.

Воздуховоды систем приточной вентиляции (кондиционирования воздуха) после бактериологических фильтров рекомендуется выполнять из нержавеющей стали.

В отдельных операционных, предназначенных для несложных операций (например, в поликлинике), допустимо применение индивидуальных приточных установок с приточным шкафом, располагаемым в смежном помещении. Для очистки воздуха в этом случае применяют ватный фильтр.

В операционных и наркозных палатах вытяжку воздуха следует организовывать из верхней и нижней зон помещения.

При проектировании системы вентиляции и оборудования должны быть предусмотрены меры по обеспечению взрывобезопасности.

В кабинетах электро-, свето- и теплотечения для подачи и удаления воздуха рекомендуется использовать верхнюю зону помещения. Воздухообмен в этих помещениях следует рассчитывать на удаление вредных выделений. Приток воздуха в эти помещения, предусматриваемый от отдельной приточной камеры, должен быть рассчитан на поглощение теплоизбытков.

Для грязелечебных кабинетов, бассейнов регенерации и помещений для нагрева грязи воздух рекомендуется подавать в верхнюю зону, а вытяжку организовывать из верхней и нижней зон.

Для рентгенодиагностических кабинетов с аппаратами закрытого типа проектируют приточно-вытяжную вентиляцию с удалением воздуха из верхней зоны на расстоянии 0,6 м от потолка, а из нижней зоны на расстоянии 0,5 м от пола. В фотолаборатории воздух удаляют из верхней зоны. Кабинеты рентгенотерапии рекомендуется вентилировать так же, как и рентгенодиагностические кабинеты, но с повышенным воздухообменом.

В зданиях аптек отдельные вытяжные системы рекомендуется предусматривать для помещений приемно-рецептурной, ассистентской, мойки стерилизационной, санитарного узла и др.

*Предприятия бытового обслуживания населения*

В помещениях предприятий бытового обслуживания населения проектируют приточно-вытяжную вентиляцию, также допускается устройство систем центрального кондиционирования по прямоточной схеме.

При определении воздухообмена в производственных помещениях предприятий бытового обслуживания населения учитывают тепловыделения от электродвигателей с коэффициентом перехода электроэнергии в тепловую, равную 0,3. Состав и количество вредных выделений, поступающих от технологического оборудования в воздух помещений, а также типы местных отсосов, следует принимать по нормам технологического проектирования или в соответствии с технологической частью проекта.

Если вентиляционные выбросы содержат пары перхлорэтилена, трихлорэтилена и других вредных газов, необходимо предусматривать рекуперацию паров растворителей с помощью специальных адсорберов, а также обеспечивать факельный выброс воздуха. В технических помещениях для обезжиривающих машин следует подавать приточный воздух в количестве не менее четырехкратного объема помещения непосредственно в техническое помещение обезжиривающих машин; остальной объем приточного воздуха должен поступать в помещение для посетителей или в прилегающее производственное помещение.

При удалении газовойоздушной смеси местными отсосами, встроенными в обезжиривающие машины, не допускается объединение их с вытяжными системами иного назначения.

В помещениях срочной химической чистки и в помещениях для посетителей предприятий химической чистки с самообслуживанием удаление воздуха должно предусматриваться из верхней и нижней зон помещений в непосредственной близости машин обезжиривания. Общеобменные системы приточной и вытяжной вентиляции производственных помещений и кладовых разрешается устраивать общими при условии установки огнезадерживающих клапанов автоматического действия в подающих воздуховодах.

### *Предприятия розничной торговли*

Помещения магазинов оборудуются системами кондиционирования или вентиляции с механическим побуждением, при этом объем притока должен быть полностью компенсирован вытяжкой. В магазинах необходимо предусматривать оптимальные параметры воздуха.

При расчете вентиляции и кондиционирования воздуха количество людей, находящихся в торговых залах, следует определять исходя из площади торгового зала, приходящейся на 1 чел.: 3,5 м<sup>2</sup> — для рынков, магазинов мебели, музыкальных, электро-и радиотоваров, книжных, спортивных, ювелирных и для магазинов в сельских населенных пунктах; 2,5 м<sup>2</sup> — для других непродовольственных и продовольственных магазинов. В магазинах с различными залами по продаже продовольственных и непродовольственных товаров проектируют отдельные для каждого зала системы кондиционирования и приточно-вытяжной вентиляции.

В помещениях кладовых следует, как правило, организовывать естественную вытяжную систему вентиляции с отдельными каналами. Общеобменные системы вытяжной вентиляции с механическим побуждением из кладовых и подсобных помещений допускается проектировать общими при условии установки в воздуховодах огнезадерживающих клапанов в местах пересечения стен и перегородок этих помещений.

Магазины, расположенные в первых этажах жилых или других зданий, должны иметь автономные системы кондиционирования и вентиляции, не зависящие от системы вентиляции этих зданий.

Кратность воздухообмена в торговых залах магазинов определяют из расчета поглощения избытков тепла от людей, оборудования и солнечной радиации с проверкой на предельно допустимую концентрацию углекислоты. Тепло- и влаговыделения от покупателей соответствуют легкой работе, а от обслуживающего персонала — работе средней тяжести. Выделение углекислоты  $\text{CO}_2$  следует вычислять по общему числу покупателей и продавцов из расчета выделения 1 чел. в среднем 20 л/ч углекислоты независимо от времени года. Содержание  $\text{CO}_2$  в наружном воздухе можно принимать в черте города 0,5 л/м<sup>3</sup>; в загородной зоне 0,4 л/м<sup>3</sup>.

Объем приточного воздуха для помещений магазинов определяют по расчетной зимней температуре для проектирования вентиляции (параметры А), объем удаляемого воздуха — по расчетной летней температуре (параметры А), кондиционирование рассчитывают по параметрам Б.

Рециркуляция воздуха допускается в торговых залах магазинов, кроме торговых залов с химическими, синтетическими или иными пахучими веществами и горючими жидкостями, при этом наружный воздух должен подаваться в объеме не менее 20 м<sup>3</sup>/ч на 1 чел.

Воздушно-тепловыми завесами необходимо оборудовать:

- ◆ тамбуры входов для покупателей в магазинах торговой площадью 150 м<sup>2</sup> и более (для рынков 600 м<sup>2</sup> и более) при расчетной температуре наружного воздуха для холодного периода года минус 15 °С и ниже (расчетные параметры Б);
- ◆ ворота в разгрузочных помещениях продовольственных магазинов торговой площадью 1500 м<sup>2</sup> и выше при расчетной температуре наружного воздуха минус 15 °С и ниже (параметры Б).

### *Культурно-зрелищные учреждения*

В помещениях культурно-зрелищных учреждений проектируют системы кондиционирования или приточно-вытяжную вентиляцию с механическим побуждением.

В зрительных залах кинотеатров, клубов и театров, в зонах размещения зрителей, параметры воздуха должны быть обеспечены системой кондиционирования воздуха или вентиляции.

При применении рециркуляции в системах кондиционирования воздуха и вентиляции для зрительных залов количество подаваемого наружного воздуха должно составлять не менее 20 м<sup>3</sup>/ч на 1 чел.

Для помещений зрительского и клубного комплексов, помещений обслуживания сцены (эстрады), а также административно-хозяйственных помещений следует предусматривать отдельные системы кондиционирования воздуха или приточно-вытяжной вентиляции. В кинотеатрах с непрерывным показом фильмов, а также в клубах разделение можно не предусматривать.

Самостоятельные (автономные) системы кондиционирования и приточной вентиляции необходимо проектировать для следующих комплексов помещений: зрительных залов, вестибюля, фойе, кулуаров, музея, тиристорных, светопроекционных, звуко-аппаратных, светоаппаратных, кабин для диктора и переводчиков, артистических уборных, репетиционных залов, творческого персонала и художественного руководства, помещений административно-хозяйственных, технической связи и радиовещания, производственных мастерских. Самостоятельные вытяжные системы должны быть предусмотрены также для помещений: курительных, санузлов, подсобных при буфетах, светопроекционной, звукоаппаратной, кабин дикторов, холодильной станции, мастерских, складов, аккумуляторной.

Вентиляцию курительной комнаты и санузлов допускается объединять в одну систему. Для проекционных необходимо проектировать отдельные системы кондиционирования и приточно-вытяжные вентиляционные системы. К вытяжным системам этих помещений можно присоединять вытяжные каналы от стойки (шкафа) оконечных усилителей, перемоточных и кабины переводчика.

В многозальных кинотеатрах общей вместимостью залов до 800 мест следует предусматривать обслуживание одной системой кондиционирования воздуха или приточной вентиляции нескольких зрительных залов, при этом необходимо для каждого зрительного зала проектировать по расчету установку зонального подогревателя воздуха.

Для *I* и *II* климатических районов расход воздуха системы кондиционирования воздуха и приточной системы определяется из расчета обеспечения зрителей нормируемым количеством наружного воздуха в холодный период года — 20 м<sup>3</sup>/ч. При условии обеспечения в залах нормируемых параметров воздушной среды, система кондиционирования должна быть с рециркуляцией воздуха.

При проектировании зрительных залов кинотеатров следует предусматривать в теплый период года возможность ночного проветривания. Для этих целей в нижней зоне залов проектируют проемы, оборудованные неподвижными решетками и утепленными дверцами. Рассчитывать площадь живого сечения проема следует исходя из количества подаваемого воздуха, равного полутора-двукратному воздухообмену в помещении зала в 1 час с учетом гравитационного давления. Удалять воздух в этом случае рекомендуется через шахту основной системы вентиляции. В вытяжных шахтах для этой цели устанавливают утепленные клапаны с дистанционным управлением. Для отвода конденсата под шахтами устраивают поддоны. Необходимо также предусматривать мероприятия, исключающие возможность неорганизованного поступления наружного воздуха в залы через вытяжные шахты.



В зрительном зале клуба или театра с глубинной колосниковой сценой необходимо обеспечивать вентиляционный подпор в размере 10% объема приточного воздуха. Количество удаляемого воздуха соответственно принимается равным 90 % приточного (включая рециркуляцию), из них 20 % удаляется через сцену.

В помещениях доготовочных, моечных буфета, санитарных узлов, курительных и мастерских необходимо организовывать системы вытяжной вентиляции с механическим побуждением; в служебно-хозяйственных помещениях допускается предусматривать вентиляцию с естественным побуждением.

В аккумуляторной с кислотными аккумуляторами и в кислотной следует проектировать вытяжную вентиляцию самостоятельным агрегатом во взрывобезопасном и антикоррозионном исполнении с расположением вытяжных отверстий под потолком и на высоте 0,3 м от пола. В аккумуляторной со щелочными аккумуляторами вытяжные отверстия располагают только под потолком. В этом случае можно организовывать естественную вентиляцию через отдельный вентиляционный отсос.

Помещения для размещения вентиляционного оборудования, оборудования систем кондиционирования воздуха, компрессорных, холодильных установок не рекомендуется располагать непосредственно за ограждающими конструкциями зрительного зала.

В стенах, разделяющих зрительные залы многозальных зданий, не допускается устройство вентиляционных каналов и прокладка воздуховодов через помещения зала, проекционной и перемоточной, если эти воздуховоды предназначены для других помещений.

В зрительных залах кинотеатров вместимостью до 800 мест подачу воздуха следует осуществлять, как правило, компактными струями с максимальной скоростью, регламентируемой допустимым уровнем шума в зале, и нормируемой подвижностью воздуха в рабочей зоне.

## **2.2 Вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий**

Во вспомогательных зданиях и помещениях промышленных предприятий в теплый период года, как правило, предусматривается подача воздуха естественным путем через открывающиеся окна и двери. Механическая приточная вентиляция предусматривается только для помещений, где нельзя организовать естественную вентиляцию (проветривание), а также при необходимости специальной обработки наружного воздуха.

В холодный и переходный периоды года подачу воздуха с механическим побуждением следует предусматривать для помещений, в которых воздухообмен установлен более однократного в 1 ч, а также для возмещения воздуха, удаляемого из душевых, уборных и помещений сушки и обеспыливания одежды. Для остальных помещений допускается предусматривать естественную подачу воздуха.

Для ряда помещений (машинописных бюро, копировально-множительных служб, прачечных, химчисток, столовых, здравпунктов, радиоузлов, телефонных

станций, библиотек, киноаппаратных, вычислительной техники, торгового и бытового обслуживания, конференц-залов и др.) расчетную температуру воздуха и воздухообмен принимают по соответствующим СП.

При организации приточной вентиляции в холодный и переходный периоды года подачу подогретого воздуха следует предусматривать в верхнюю зону:

- ◆ непосредственно в помещения;
- ◆ сосредоточенно в коридор для помещений, воздухообмен в которых установлен по вытяжке;
- ◆ в помещения гардеробных для возмещения воздуха, удаляемого из душевых.

В верхней части стен и перегородок, разделяющих душевые, преддушевые и гардеробные, устанавливаются жалюзийные решетки.

В теплый период года в районах с расчетной температурой наружного воздуха выше 25°C (параметры А) в помещениях, где планируется постоянное пребывание людей, рекомендуется устанавливать потолочные вентиляторы для повышения скорости движения воздуха до 0,3-0,5 м/с или кондиционеры сплит-систем.

Удаление воздуха из вспомогательных зданий и помещений промышленных предприятий допускается как с естественным, так и с механическим побуждением.

Самостоятельные системы вытяжной вентиляции предусматриваются для помещений: фельдшерских и врачебных здравпунктов, душевых, уборных, а также копировально-множительных служб и переплетных, химической чистки, сушики, обеспыливания и обезвреживания одежды. Устройство совмещенной вытяжной вентиляции допускается для душевых и уборных при гардеробных для совместного хранения всех видов одежды при неполном переодевании работающих, а также для преддушевых с полным переодеванием уличной и домашней одежды.

Удаление воздуха из гардеробных следует организовывать через душевые. В случае, когда воздухообмен гардеробной превышает воздухообмен душевой, воздух удаляют через душевую в установленном для нее объеме, а разницу — непосредственно из гардеробной. В остальных случаях воздух удаляют непосредственно из помещений.

В гардеробных помещениях для совместного хранения всех видов одежды при неполном переодевании работающих, а также в преддушевых с полным переодеванием на 5 чел. и менее при односменной работе в холодный период допускается принимать однократный воздухообмен, предусматривая естественный приток наружного воздуха через окна. В помещениях гардеробных при обосновании допускается установка шкафов для сушки спецодежды в нерабочее время, оборудованных вытяжной вентиляцией с естественным побуждением в объеме 10 м<sup>3</sup>/ч воздуха от каждого шкафа.

В гардеробных для хранения одежды, в помещениях для обогрева скорость движения воздуха в зоне пребывания людей не должна превышать 0,2 м/с.

### *Практическое занятие №3*

#### 3.1 Центральные кондиционеры.

#### 3.2 Кондиционеры сплит-систем

### **3.1 Центральные кондиционеры**

Центральные системы кондиционирования воздуха применяются:

— для помещений большого объема с равномерно распределенной внутренней нагрузкой, незначительной внешней нагрузкой (зрительные залы театров, кинотеатров, спортивно-зрелищные сооружения, аудитории, торговые залы, производственные помещения и т. д.);

— для помещений большого объема с неравномерно распределенной нагрузкой отдельно для каждой зоны (зона зрителей и катка ледового дворца спорта, производственные цеха с неравномерно размещенным оборудованием и т.д.), что обусловлено технологическим процессом, большими расходами воздуха и протяженностью воздуховодов, или как одна многозональная система;

— для небольших помещений с особыми требованиями к качеству и точности поддержания заданных параметров воздуха: температуры, относительной влажности, подвижности (прецизионные системы кондиционирования воздуха);

— для помещений с повышенными требованиями к чистоте воздуха («чистые помещения», в которых воздухообмен определяется качеством внутреннего воздуха, а не удалением теплоты из помещения);

— для многокомнатных зданий в качестве одной или нескольких систем для обработки первичного воздуха в многозональных системах при различном тепловом режиме отдельных помещений вследствие неодинакового расположения помещений относительно сторон света, наличия и интенсивности солнечной радиации и различных по величине тепло- и влагопоступлений внутри этих помещений.

Базовой практически для всех систем кондиционирования воздуха является центральная система, в которой обрабатывается наружный воздух или его смесь с рециркуляционным воздухом. Оборудование для обработки воздуха размещено в отдельном помещении, часто удаленном от обслуживаемого. Источники теплоты, холода и воды, общие для всех центральных систем здания и местных агрегатов, соединены с функциональными блоками СКВ в системах тепло-, холодо-, водоснабжения. В центральных системах облегчается борьба с создаваемым шумом и упрощается обслуживание.

Центральные системы кондиционирования воздуха могут быть с постоянным или переменным расходом воздуха. Регулирование параметров воздуха (температура, относительная влажность) в помещении при изменении внутренних и внешних воздействий осуществляется путем изменения количества теплоты, поступающей с приточным воздухом в помещение, а именно температуры или расхода приточного воздуха. В системах с постоянным расходом воздуха в качестве управляющего воздействия выбирают температуру приточного воздуха, в системах с переменным расходом

— расход воздуха, а также температуру приточного воздуха в последних. В последних достижениях расхода приточного воздуха минимально необходимых значений возможно также последующее изменение температуры приточного воздуха при дальнейшем снижении нагрузки.

Центральные однозональные СКВ с постоянным расходом воздуха — традиционные, наиболее часто используемые системы. Они применяются практически для всех помещений с постоянно и переменной нагрузкой, а именно в помещениях большого объема (зрительные залы, конференц-залы, торговые залы, аудитории и т.д.) с равномерно и неравномерно распределенной нагрузки при высоких значениях отношения явного количества теплоты к полному (малая доля скрытой теплоты), при технологическом кондиционировании воздуха, когда тепловая и влажностная нагрузка чаще всего неизменна, например, в «чистых» помещениях, в прецизионных системах кондиционирования воздуха и т.д.

Центральные кондиционеры компонуются из отдельных конструктивных и функциональных блоков. Функциональные блоки служат для реализации процессов обработки, смешения потоков, изменения расхода, перемещения воздуха. Для доведения состояния наружного воздуха до состояния приточного воздуха в зависимости от периода года, его необходимо очистить от пыли, нагреть или охладить, увлажнить или осушить, при необходимости смешать в определенном соотношении с рециркуляционным воздухом, распределить по двум или нескольким потокам, обеспечить перемещение по сети воздуховодов. Согласно технологической схеме обработки воздуха центральный кондиционер комплектуется функциональными технологическими блоками (воздушные клапаны, фильтры, воздухонагреватели, воздухоохладители, теплообменники для регенерации теплоты удаляемого воздуха, блоки увлажнения, блоки тепломассообмена, вентиляционные агрегаты, шумоглушители) и конструктивными блоками с определенной последовательностью их установки.

Конструктивные блоки необходимы для монтажа, обслуживания и ремонта технологических блоков. При компоновке центрального кондиционера их число стремятся уменьшить или совместить функциональный блок с конструктивным с целью сокращения габаритов установки, а также занимаемой оборудованием строительной площади.

Конструктивными особенностями современного оборудования центральных систем кондиционирования воздуха являются:

—разнообразие схем компоновки (двухъярусная компоновка с вытяжными вентиляторами, с теплоутилизаторами и т.д.);

—сведенное к минимуму количество камер обслуживания, объединение приемного блока и блока фильтров, функциональные блоки с дверцами для обслуживания;

—отсутствие присоединительного блока, вместо него — вентиляторная секция;

—большое разнообразие блоков увлажнения воздуха, использования новых способов увлажнения воздуха (ультразвуковые увлажнители, современные форсуночные камеры орошения);

—использование воздухоохладителей прямого испарения (испаритель холодильной машины);

—в целом более компактные установки;

—моноблочное исполнение типовых схем компоновки с единым корпусом и панелями, что снижает вес агрегата, упрощает монтаж, уменьшает потери теплоты, холода, повышает герметичность установки.

Центральные кондиционеры выполняют в корпусе с несущим каркасом и панелями. Корпус изготовлен из пятигранных штампованных алюминиевых профилей, соединяемых с помощью угловых соединительных элементов, отлитых из алюминия, что определяет коррозионную стойкость конструкции. Панели типа сэндвич имеют толщину от 25 до 50 мм в зависимости от варианта исполнения и вида теплоизоляционного материала. Панель состоит из двух металлических листов, между которыми размещается утеплитель.

Листы могут быть изготовлены из различных материалов:

—оцинкованной стали (стандартное исполнение для внутренних листов);

—оцинкованной стали с полимерным покрытием (стандартное исполнение для наружных листов), в центральных кондиционерах НС цвет покрытия светло-серый RAL 9002;

—алюминиевого сплава (peraluman) (для внутреннего и наружного листа панели);

—нержавеющей стали марки А 304 (для внутренних и наружных листов).

Теплоизоляция может быть из негорючих материалов: вспененного пенополиуретана (стандартное исполнение для НС) или минеральной вата.

Теплоизоляционный слой панелей сэндвич одновременно является и звукоизоляционным слоем. Поглощение уровня звуковой мощности панелями корпуса с толщиной изоляции из вспененного пенополиуретана  $b = 46$  мм по октавным полосам.

Крепление панелей осуществляется с помощью самоцентрирующихся винтов и нейлоновой втулки для обеспечения максимальной затяжки винта без деформации панелей. Чтобы не допустить утечки и подсосы воздуха, используется резиновая прокладка между панелью и каркасом.

Рама изготавливается из швеллера, соединяемого алюминиевыми уголками, имеет отверстия для удобного подъема и перемещения блока. Для каждой секции центрального кондиционера своя рама, высота основания составляет 100 мм для типоразмеров НС 013 -НС 300, 140 мм — для типоразмеров НС 360 -НС 720, для блоков увлажнения оросительных камер и сотовых увлажнителей, имеющих поддон, высота рамы — 380 мм.

Максимальная температура перемещаемого воздуха 80°C, что связано с долговечностью работы таких элементов как подшипники вентиляторов, клиновидные ремни, воздушные фильтры, уплотняющие прокладки и т. д. При температуре выше 40°C следует применять электродвигатели вентиляторов с усиленной тепловой изоляцией.

Центральный кондиционер может поставляться отдельными функциональными и конструктивными секциями или как моноблок, что удешевляет установку, уменьшает вес и габариты и упрощает монтаж. Однако существует ограничение на длину установки, которое зависит от типоразмера (обычно не более 3000 мм).

Центральные кондиционеры изготавливаются в следующих вариантах исполнения:

- для установки внутри здания;
- для установки снаружи здания;
- гигиеническом, для лечебных учреждений и «чистых» помещений.

При установке центрального кондиционера внутри здания панели корпуса изготавливают из оцинкованной стали. Для фармацевтической, электронной, пищевой и химической промышленности предусмотрено специальное исполнение с панелями из нержавеющей стали. При установке снаружи здания предусмотрен дополнительный навес сверху и поддон снизу из алюминия. При монтаже установка должна находиться на высоте среднестатистического уровня снегового покрова для данной местности, необходим специальный теплоизолированный фундамент. Соединительные электрические кабели размещаются на дне установки. При наружной установке трубопроводы тепло-холодоснабжения и системы утилизации теплоты с промежуточным теплоносителем могут размещаться внутри установки, заборное и выпускное отверстие должны быть защищены специальными сетками от птиц. В центральных кондиционерах при гигиеническом исполнении отдельные элементы — вентиляторы, воздухонагреватель, воздухоохладитель с поддоном и сепаратором, кассеты фильтра класса G3 и G4, шумоглушители — могут быть извлечены по специальным направляющим из нержавеющей стали. Это необходимо для проведения периодически полной дезинфекции внутренней поверхности корпуса. Карманные фильтры класса от G5 до G9 установлены в стационарные рамы корпуса, их отсоединяют от рамы и извлекают перед дезинфекцией. Пластины шумоглушителей дополнительно защищены полиэтиленовой пленкой. Специально отформованное прямое и гладкое днище из нержавеющей стали обеспечивает простую очистку и сток чистящих и дезинфекционных средств в желоб из нержавеющей стали, прикрепленный на стороне обслуживания по всей длине блока. Дверца на стороне обслуживания имеет длину блока. Внутренние стенки элементов корпуса, корпус вентилятора, шумоглушители дополнительно окрашены краской, устойчивой к средствам дезинфекции, или изготовлены из нержавеющей стали. Присоединительные трубопроводы находятся внутри кондиционера, каплеуловители свободно извлекаются, воздушные клапаны герметичны по DIN 1946/4.

### 3.2 Кондиционеры сплит-систем

Для кондиционирования воздуха в жилых и общественных (например, в офисных) помещениях наибольшее применение получили СКВ со сплит-системами.

Название «сплит-система» происходит от английского split – расщеплять, разделять. Система разделена на два блока – внутренний и внешний. Внешний блок, где установлен компрессор, имеет повышенный уровень шума. Этот блок выносится наружу и устанавливается на стене здания, на крыше, чердаке, в подсобном помещении или на балконе.

Внутренний блок, устанавливается непосредственно в кондиционируемом помещении и осуществляет охлаждение, а также создает необходимую подвижность охлаждённого воздуха внутри помещения.

И в наружном, и во внутреннем блоке имеются теплообменники и вентиляторы. В наружном блоке кроме того установлен компрессор и терморегулирующий вентиль (ТРВ).

Принцип действия сплит-системы основан на использовании следующих термодинамических процессов: при испарении любая жидкость поглощает тепло, а при конденсации пара – тепло выделяется; при сжатии газа он нагревается, а при расширении – его температура снижается.

Кондиционер представляет собой замкнутый герметически контур, внутри которого движется хладагент. Испаряясь в одном теплообменнике (испарителе) он поглощает тепло, а конденсируясь в другом (конденсаторе) он выделяет тепло.

Газообразный хладагент (фреон) из испарителя (во внутреннем блоке) при  $P = 3-5$  ат,  $t = 10-20$  °С поступает в компрессор (во внешнем блоке), где он сжимается до  $P = 15-20$  ат и при этом нагревается до  $t = 70-90$  °С, после чего направляется в конденсатор, который обдувается с помощью вентилятора во внешнем блоке наружным воздухом, имеющим температуру ниже фреона.

При охлаждении фреон остывает до  $t = t_n + 10-20$  °С и конденсируется. После ТРВ давление фреона снижается до  $P = 3-5$  ат при этом он частично испаряется. Газо-жидкая смесь поступает в испаритель внутреннего блока, где испаряясь охлаждается до  $t < t_n$ , вследствие чего воспринимает тепло внутреннего воздуха, которым обдувается испаритель с помощью вентилятора во внутреннем блоке и направляется в компрессор. Сплит может работать и в режиме нагрева внутреннего воздуха.

Режим нагрева осуществляется путем изменения движения фреона в обратном направлении. При этом режиме конденсатор и испаритель меняются ролями, в наружном блоке фреон испаряется, охлаждается ниже  $t_n$ , поэтому воспринимает тепло наружного воздуха. Таким образом, кондиционер работает как «тепловой насос». Этот режим целесообразно применять при  $t_n \geq 5$  °С.

Так как в кондиционере холод и тепло не производятся, а происходит перенос тепла, то выдача тепла или холода примерно в 3 раза больше, чем потребляемая сплитом электроэнергия.

## ***Практическое занятие №4***

### **4.1 Канальные кондиционеры**

### **4.2 Кондиционеры сплит-систем с приточной вентиляцией**

## **Прецизионные кондиционеры**

### **4.1 Канальные кондиционеры**

Канальные кондиционеры предназначены, как правило, для кондиционирования нескольких помещений одновременно.

Канальный кондиционер, прежде всего, рассчитан на работу в режиме рециркуляции, и в таком качестве он более близок к кондиционерам сплит-систем, рассмотренным в разделе 3.2.

Основное отличие заключается в том, что внутренние блоки канальных кондиционеров устанавливаются за подшивным потолком, а воздух забирается и раздается воздуховодами по кондиционируемым помещениям.

Внутренний блок канального кондиционера имеет более простую конструкцию, так как к нему не предъявляется требований дизайна в отличие от кондиционеров сплит-систем.

Воздух забирается из помещения через заборную решетку, проходит внутренний блок и системой воздуховодов снова подается в помещения через распределительные решетки.

Блок имеет более мощный вентилятор, позволяющий преодолеть сопротивление распределительных воздуховодов и решеток.

Канальный кондиционер, также как и обычный кондиционер сплит-системы, состоит из двух блоков — компрессорно-конденсаторного (наружного блока) и испарительного (внутреннего блока).

Номенклатурный ряд таких кондиционеров по тепло-холодопроизводительности не превышает, как правило, 17 кВт.

Канальный кондиционер рассчитан в основном на работу только на рециркуляцию и не всегда может подавать в помещение свежий воздух. Это вызвано тем, что температура подаваемого в рабочую зону воздуха согласно требованиям СП не должна быть ниже 14-16°C. Поэтому при меньших температурах наружного воздуха необходимо обязательно подогревать забираемый с улицы воздух, даже при работе системы в режиме охлаждения.

Подогрев свежего воздуха в прохладное время года может обеспечиваться применением моделей кондиционеров с тепловым насосом. Однако в холодное время года при температуре наружного воздуха ниже минус 10-15 °C теплопроизводительности кондиционера становится недостаточно.

Для обеспечения круглогодичной подачи свежего воздуха в дополнение к канальному кондиционеру необходимо устанавливать специальные электрические или водяные нагреватели, обеспечивающие необходимый подогрев подаваемого воздуха в прохладное время года, или применять отдельные приточные вентиляционные установки со встроенными нагревателями.



Дополнительные электронагреватели или приточные установки должны иметь свою систему автоматики. Поэтому в случае необходимости круглогодичного использования канального кондиционера с подачей свежего воздуха необходимо разрабатывать индивидуальную систему управления нагревателем или ставить дополнительный пульт управления приточной установкой. В обоих случаях это приводит к усложнению и удорожанию проекта и дополнительным неудобствам пользователя, вынужденного «работать» двумя пультами.

В водовоздушных системах в кондиционируемое помещение вводится воздух, обработанный в центральном кондиционере, и вода, несущая тепло или холод. В отечественной практике эти системы называются местно-центральные. Воздух, называемый первичным, и вода обрабатываются в центральных установках, а затем по системе воздухопроводов и трубопроводов подаются во все помещения здания. Вода используется для охлаждения или нагрева вторичного (рециркуляционного) воздуха помещения в теплообменниках местных агрегатов. Водовоздушные системы применяются для помещений со значительными явными тепловыделениями, где не требуется жесткое поддержание заданного значения относительной влажности воздуха. Эти системы хорошо себя зарекомендовали за рубежом в офисных зданиях, больницах, гостиницах, школах, жилых зданиях, исследовательских лабораториях. Они могут применяться в многозональных производственных помещениях точного машиностроения, радиотехнической, фармацевтической, пищевой промышленности и т.д. В последние годы получили широкое распространение в России. В водовоздушных системах в качестве местных агрегатов, устанавливаемых в помещении, применяют эжекционные, вентиляторные доводчики, напольные конвекторы и охлаждающие панели.

Особенностью проектирования водовоздушных СКВ является необходимость определения технологических нагрузок на СКВ отдельно для центральной системы и местных агрегатов. Кокорин О. Я. предлагает разделять общие избытки или недостатки теплоты в помещении на отдельные доли или составляющие с тем, чтобы одна доля ассимилировалась соответственно в аппаратах центральной системы, а другая — местными агрегатами. Для исключения перерасхода холода и теплоты в ранней отечественной литературе по местно-центральным СКВ было рекомендовано, чтобы центральная система ассимилировала 30-40% от общего количества избыточной теплоты в помещении, а местная система — 60-70%. В последних работах [29,30] для поглощения постоянных теплопритоков (люди, оргтехника) для гражданских зданий рекомендуют в рабочее время использовать воздух, охлаждаемый в центральных аппаратах СКВ, а отвод переменных теплопритоков (солнечная радиация, поток за счет теплопередачи через наружные ограждения) осуществлять местными агрегатами. На основе этого разделения предложено определять нагрузки по холоду и теплоте на центральную систему и местные агрегаты. Более правильный путь — определение технологических нагрузок одновременно с выбором технологической схемы обработки воздуха в ходе построения на  $i - d$  диаграмме с учетом конкретных технических характеристик устанавливаемых местных агрегатов [8].

В зависимости от решаемых задач, особенностей объекта и применяемых местных агрегатов можно выделить возможные схемы, определяющие последовательность обработки воздуха во всех элементах водовоздушной СКВ. При использовании в качестве местных агрегатов вентиляторных доводчиков (фэнкойлов) таких схем три:

- а) с независимой обработкой рециркуляционного воздуха в фэнкойле и наружного воздуха в центральном кондиционере;
- б) с предварительным смешением наружного необработанного воздуха с рециркуляционным в фэнкойле, а затем его обработкой — нагреванием или охлаждением;
- в) с предварительным смешением обработанного в центральном кондиционере наружного воздуха с рециркуляционным в фэнкойле, а затем его обработкой — нагреванием или охлаждением.

В схеме а) в теплообменнике фэнкойла охлаждается рециркуляционный (внутренний) воздух, поступающий в помещение независимо от потока обработанного в центральном кондиционере наружного воздуха. Приточный воздух в размере минимального расхода наружного воздуха обрабатывается в центральном кондиционере и поступает в помещения через воздухораспределители. Смешение двух потоков происходит непосредственно в самом помещении. В схемах обработки воздуха б) и в) первоначально происходит смешение двух потоков наружного и рециркуляционного воздуха в смесительной камере фэнкойла, а затем — охлаждение или нагревание смеси в теплообменнике. При этом в схеме в) наружный воздух проходит соответствующую обработку в центральном кондиционере.

## 4.2 Кондиционеры сплит-систем с приточной вентиляцией

Более широкими возможностями и преимуществами обладают кондиционеры «сплит-системы с приточной вентиляцией».

Кондиционеры сплит-системы с приточной вентиляцией позволяют эффективно решать одновременно задачи вентиляции и кондиционирования помещения в течение всего года.

Кондиционеры сплит-системы с приточной вентиляцией комплектуются штатными электрическими или водяными нагревателями с широким диапазоном мощности (от 4,5 до 24 кВт). В зависимости от мощности внутреннего блока нагреватели выполняются либо отдельной секцией, либо встраиваются во внутренний блок.

Кондиционеры также укомплектованы единой системой автоматики, управляющей работой кондиционера и обеспечивающей его контроль и плавное регулирование мощности нагревателей.

Управление работой кондиционера (включая нагреватели) производится с единого пульта управления, установленного в помещении.

Возможности по тепло- холодопроизводительности этих кондиционеров также существенно выше и составляют по мощности внутреннего (испарительного) блока до 80 кВт.

Напор вентилятора внутреннего блока составляет 100-150 Па, поэтому блоки имеют низкий уровень шума и могут устанавливаться непосредственно на входе в помещение за фальш-потолком. Возможно комплектование внутреннего блока вентиляторами повышенной мощности, обеспечивающей напор до 250 Па.

Рассмотрим более подробно принцип работы и конструкцию сплит-системы с приточной вентиляцией на примере кондиционеров ведущего европейского производителя климатического оборудования — фирмы *CLIVET* (Италия).

Сплит-системы с приточной вентиляцией предназначены для установки в квартирах и офисных помещениях большого объема, магазинах, ресторанах и других местах, когда одновременно с кондиционированием необходима подача свежего (наружного) воздуха.

Типовая схема построения сплит-системы с приточной вентиляцией мощностью до 20 кВт показана на рисунке 4.1.

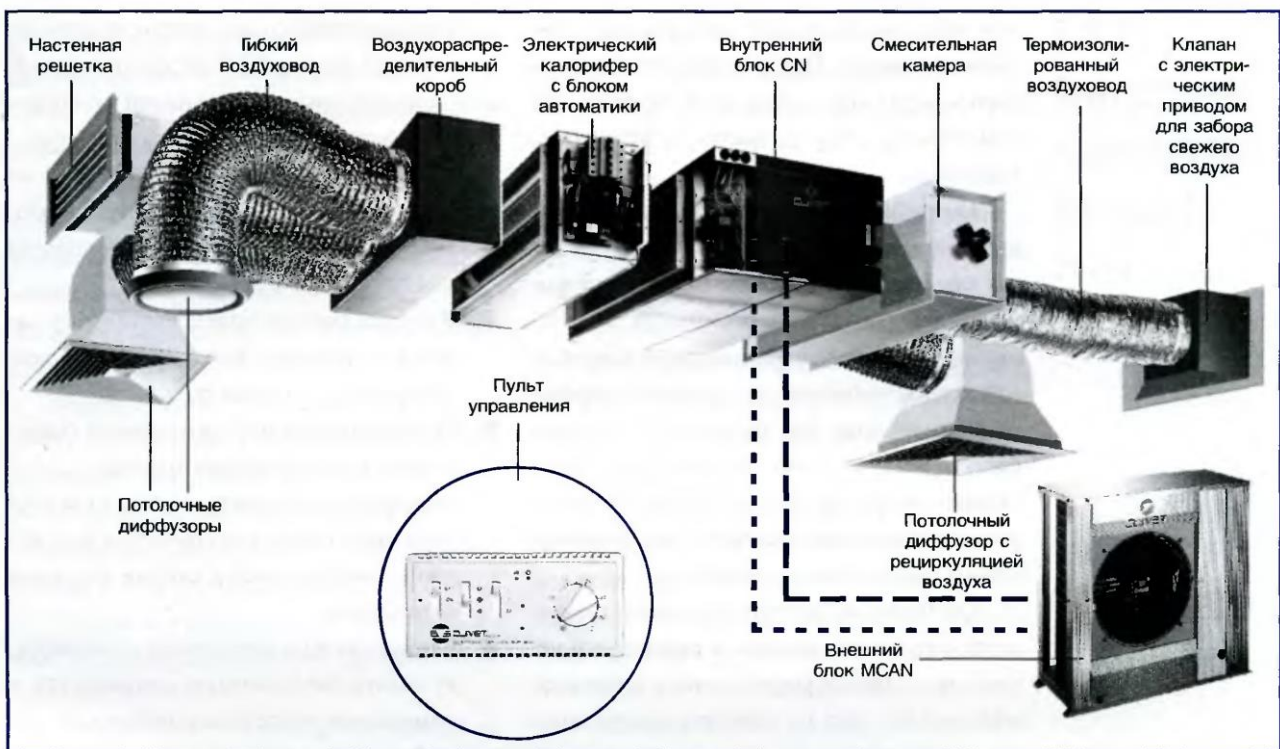


Рисунок 4.1 Схема типовой сплит-системы с приточной вентиляцией

Кондиционер сплит-системы с приточной вентиляцией состоит из двух блоков — компрессорно-конденсаторного (внешнего блока) и испарительного (внутреннего блока). Внутренний блок может забирать воздух из помещения и свежий воздух с улицы.

Свежий воздух поступает через наружную решетку и по теплоизолированному воздуховоду подается в смесительную камеру, где смешивается с рециркуляционным воздухом из помещения.

Наружная решетка может быть как регулируемой, так и нерегулируемой. В последнем случае в воздуховоде устанавливается воздушный клапан с электрическим приводом, исключающий попадание холодного воздуха в помещение при выключенной системе.

Рециркуляционный воздух забирается из помещения через решетки (потолочные, настенные и т.д.).

Соотношение свежего и рециркуляционного воздуха регулируется смесительной камерой и определяется санитарно-техническими требованиями, а также условиями работы кондиционера.

Смешанный воздух подается во внутренний блок, где он фильтруется, охлаждается или нагревается. Подготовленный воздух вентилятором внутреннего блока подается в кондиционируемые помещения по системе воздуховодов и распределительных решеток (настенных, потолочных и т.д.).

В одном из помещений, выбранном в качестве эталонного, устанавливается пульт управления всей системой. С пульта задается режим работы кондиционера и температура в помещении.

На пульте управления задается режим работы кондиционера — охлаждение или обогрев, температура в помещении и скорость вентилятора. Некоторые модели пультов автоматически выбирают необходимый режим работы. В этом случае система управления кондиционером анализирует температуру в помещении и заданную на пульте управления. После этого система сама выбирает режим работы, охлаждая или подогревая подаваемый воздух.

На «холодных» моделях подогрев воздуха обеспечивается плавным включением электронагревателей. На моделях с тепловым насосом подогрев выполняется в первую очередь работой теплового насоса. В этом случае обогрев помещений обеспечивается кондиционером за счет реверсирования холодильного цикла.

Если не хватает теплопроизводительности кондиционера (например, при снижении температуры воздуха на улице, когда падает теплопроизводительность кондиционера), автоматика начинает плавно подключать электрические нагреватели, добиваясь получения необходимой температуры подаваемого воздуха. При температурах наружного воздуха ниже минус 20 °С практически весь обогрев обеспечивается электронагревателями.

Потребная мощность нагревателя может быть снижена использованием рециркуляции, так как количество свежего воздуха, которое необходимо подавать в помещение по санитарным нормам, значительно ниже количества воздуха, требуемого для кондиционирования помещения. Как правило, количество свежего воздуха может составлять до 30% от суммарной подачи, что в большинстве случаев даже перекрывает санитарно-необходимые нормы подачи свежего воздуха.

Особенно эффективно применение моделей с тепловым насосом в переходный период при температуре наружного воздуха от + 15 до 0 °С, пока не работает центральная система отопления помещения. В это время кондиционер позволяет примерно в 3 раза сократить расходы электроэнергии на отопление.

Типология внешних и внутренних блоков кондиционеров производства фирмы *CLIVET* приведена на рисунке 4.2.



Рисунок 4.2 Типология кондиционеров сплит-систем с приточной вентиляцией фирмы CLIVET

Кондиционеры сплит-систем с приточной вентиляцией фирмы *CLIVET*, как пример наиболее функционально насыщенного оборудования, имеют следующие преимущества:

- Широкий диапазон мощностей — от 8 до 80 кВт по холоду и теплу,— и возможность работы с расходами воздуха от 1200 до 14 000 м<sup>3</sup>/ч.
- В единой конструкции совмещаются: канальный кондиционер и приточная вентиляционная установка.
- Обеспечивается работа на приток свежего воздуха при любых отрицательных температурах наружного воздуха за счет дополнительных электрических или водяных нагревателей с единой системой автоматики.
- Единая система автоматики — позволяет задать необходимую температуру в помещении, после чего кондиционер сам выбирает режимы работы.

Малошумная работа внутренних блоков позволяет располагать их за фальш-потолками непосредственно в зоне присутствия людей, что существенно сокращает протяженность вентиляционных коммуникаций и упрощает монтаж.

## ***Практическое занятие №5***

### **5.1 Прецизионные кондиционеры**

#### **5.1 Прецизионные кондиционеры**

**Прецизионные кондиционеры** применяются там, где необходимо поддерживать температуру и влажность с высокой точностью. Основные объекты, требующие прецизионного кондиционирования,— это музеи, фармацевтические производства, банковские помещения с автоматами пересчета денег, компьютерные залы, телефонные станции, медицинские учреждения, чистые помещения полупроводниковой промышленности и др.

Прецизионные кондиционеры обеспечивают:

- точность поддержания температуры  $\pm 1$  К;
- точность поддержания влажности  $\pm 2$  %;
- повышенную степень очистки воздуха от пыли;
- возможность работы в широком диапазоне температур наружного воздуха (от  $-35$  до  $+45$  °С);
- высокую надежность при непрерывной работе;
- совместимость с системами диспетчерского контроля и управления микроклиматом здания.

Прецизионные кондиционеры холодопроизводительностью от 3 до 140 кВт производятся фирмами AIREDALE (Великобритания), UNIFLAIR (Италия) и др.

Прецизионные кондиционеры, как правило, выполняются в виде шкафной конструкции.

В шкафу, расположенном в помещении, собран весь холодильный контур (кроме конденсатора), система автоматического контроля и регулирования.

Воздух может подаваться непосредственно в помещение или через воздухораспределительную сеть.

Прецизионные кондиционеры холодопроизводительностью от 3 до 140 кВт производятся фирмами AIREDALE (Великобритания), UNIFLAIR (Италия) и др.

Прецизионные кондиционеры, как правило, выполняются в виде шкафной конструкции.

В шкафу, расположенном в помещении, собран весь холодильный контур (кроме конденсатора), система автоматического контроля и регулирования.

Воздух может подаваться непосредственно в помещение или через воздухораспределительную сеть.

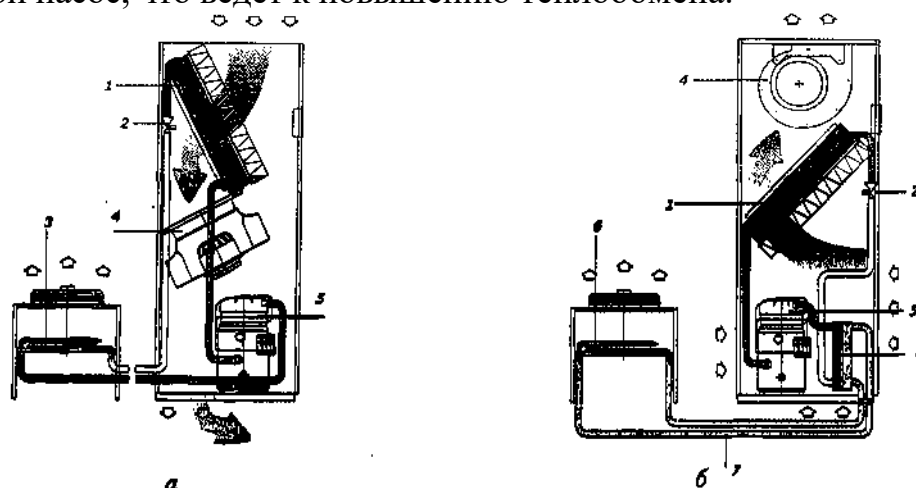
#### ***Прецизионные кондиционеры непосредственного испарения***

Прецизионные кондиционеры непосредственного испарения являются наиболее простыми и поэтому самыми распространенными (рисунок 5.1). Во внутреннем блоке, находящемся в помещении, расположены компрессор (5), испаритель (1), терморегулирующий вентиль (2), центробежный вентилятор (4) и система автоматического управления. Выносной конденсатор (3) охлаждается наружным воздухом с помощью

осевого вентилятора. Так как компрессор располагается внутри помещения, то температура наружного воздуха не влияет на работу кондиционера, в результате чего точность поддержания температуры повышается.

На рисунке 5.1, представлен кондиционер с промежуточным теплообменником. Одна часть теплообменника служит конденсатором системы непосредственного испарения, а вторая часть (7) входит в систему водяного (этиленгликолевого) контура. Этиленгликоль отбирает тепло конденсатора и передает его на наружный теплообменник (6). Наружный теплообменник охлаждается потоком воздуха от осевого вентилятора. Обычно в промежуточном контуре используется раствор этиленгликоля, температура замерзания которого и определяет допустимый диапазон использования кондиционера (как правило,  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Промежуточный контур снижает холодопроизводительность системы примерно на 5-7 %. Между конденсатором и наружным теплообменником необходимо устанавливать водяной насос, что ведет к повышению теплообмена.



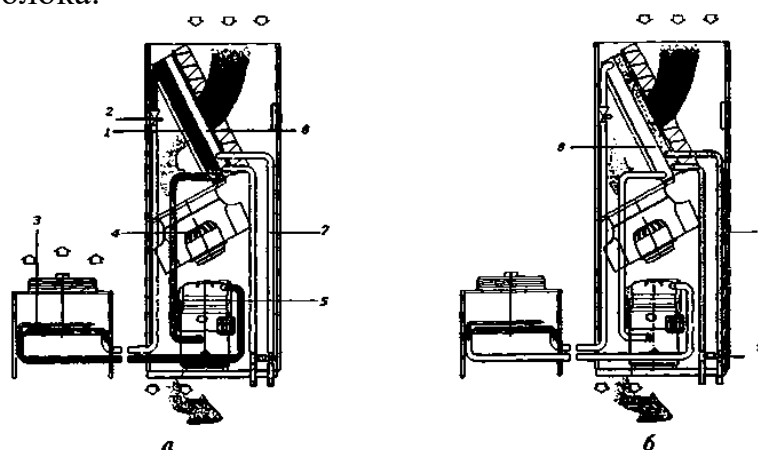
*a* — с выносным конденсатором воздушного охлаждения; *б* — с промежуточным этиленгликолевым контуром;  
1 — испаритель; 2 — терморегулирующий вентиль; 3 — конденсатор; 4 — вентилятор; 5 — компрессор;  
6 — наружный теплообменник; 7 — водяной контур

Рисунок 5.1. Прецизионные кондиционеры непосредственного испарения:

### *Прецизионные кондиционеры с двойной системой охлаждения*

В этих системах используется двойной испаритель: одна часть испарителя включена в холодильный контур (1), а вторая — в водяной контур (8). Вода в водяной контур может подаваться, например, из артезианской скважины. На рисунке 5.2, *а* показан режим, при котором подаваемый в помещение воздух охлаждается испарителем холодильной машины, а в водяной контур вода не подается. На рисунке 5.2, *б* показан режим, при котором холодильная машина не работает, а охлаждение воздуха обеспечивается водяным теплообменником. Для такого типа кондиционеров необходим большой расход проточной воды, которая должна охлаждаться, например, в градирне. Регулировка расхода воды производится трехходовым клапаном (9), положение которого устанавливается системой автоматического регулирования по температуре конденсатора. Если организовать охлаждение воды с помощью градирни не представляется возможным, вне помещения устанавливаются дополнительные выносные водяные теплообменники, охлаждаемые наружным воздухом. Вода, охлаждающая конденсатор, циркулирует по

промежуточному контуру через два теплообменника: конденсатор — водяной теплообменник, теплообменник "вода — воздух". Такая схема предусматривает предпочтительный режим от водяного теплообменника. В тех случаях, когда система водоснабжения работает с перебоями, включается холодильная машина с теплообменником непосредственного испарения. При необходимости могут работать оба теплообменника внутреннего блока.



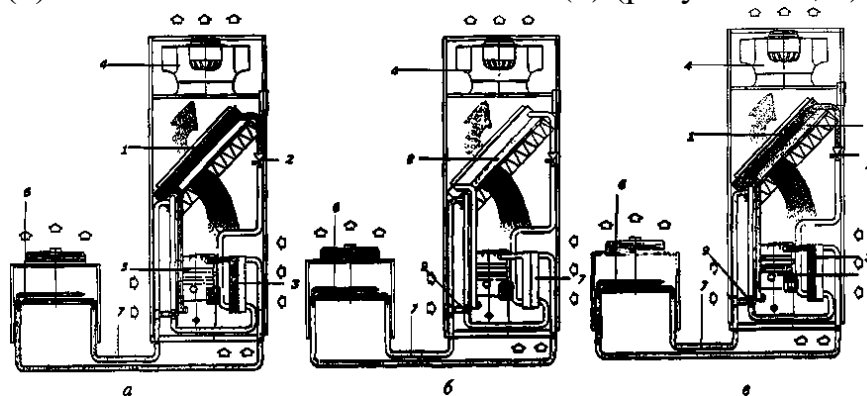
*a* — работает только холодильный контур; *б* — работает только водяной контур;  
1 — испаритель; 2 — терморегулирующий вентиль; 3 — конденсатор; 4 — вентилятор; 5 — компрессор;  
6 — наружный теплообменник; 7 — водяной контур; 8 — водяной теплообменник; 9 — трехходовой клапан

Рисунок 5.2 Прецизионные кондиционеры с двойной системой охлаждения:

### *Прецизионные кондиционеры с энергосберегающим режимом*

Недостатком кондиционеров с двойной системой охлаждения является необходимость стабильной работы системы водоснабжения. В то же время при низкой температуре наружного воздуха целесообразно использовать его для охлаждения помещения без включения холодильной машины.

Схема, объединяющая двойную систему охлаждения и систему непосредственного охлаждения с промежуточным контуром, показана на рисунке 5.3. Дополнительный теплообменник (8) входит в замкнутый гликолевый контур между конденсатором (3) и выносным теплообменником (6). В теплое время кондиционер работает как обычный кондиционер с системой непосредственного испарения с промежуточным контуром (7) и выносным теплообменником (6) (рисунок 5.3, *a*).



*a* — режим кондиционера непосредственного испарения; *б* — режим использования охлажденной воды;  
*в* — совместная работа режимов (*a* и *б*)

Рисунок 5.3 Прецизионные кондиционеры с энергосберегающим режимом:



Трехходовой клапан (9) пропускает охлаждающую жидкость мимо теплообменника (8). Когда температура наружного воздуха снижается, и температура в промежуточном контуре становится ниже температуры в помещении, трехходовой клапан (9) открывается и охлажденная наружным воздухом жидкость подается в теплообменник (8). В этом случае работают оба теплообменника (7) и (8) (рисунок 5.3, в). Если температура наружного воздуха становится еще ниже, отключается система непосредственного охлаждения (рисунок 5.3, б). Охлаждение воздуха в помещении осуществляется только за счет использования охлажденного гликолевого контура.

Выбор режима работы производится микропроцессором на основании анализа температуры в помещении, наружной температуры воздуха и других параметров.

Прецизионные кондиционеры представляют собой разновидность шкафных кондиционеров. Они оборудованы различными типами систем микропроцессорного управления и способны поддерживать в помещении не только точные параметры по температуре, но и по влажности.

Такие кондиционеры применяются в помещениях, где, наряду с кондиционированием воздуха, необходимо регулировать влажность:

- в музеях;
- компьютерных залах;
- на телефонных станциях;
- в фармацевтических лабораториях;
- в производственных и складских помещениях.

Прецизионные кондиционеры обладают следующими отличительными характеристиками:

- ◆ точность контроля и поддержания температуры ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ) и влажности ( $\pm 2\%$ );
- ◆ надежность работы при непрерывной эксплуатации;
- ◆ возможность работы в широком диапазоне температур наружного воздуха (до минус  $35^\circ\text{C}$ ); 4 полная совместимость с системами диспетчерского контроля и системами управления микроклиматом здания. Классификационная схема прецизионных кондиционеров фирмы *UNIFLAIR*.

Прецизионные кондиционеры с воздушным охлаждением состоят из двух блоков: внутреннего блока (собственно кондиционера), в котором расположены компрессор, испаритель, вентилятор и автоматика; внешнего блока — выносного конденсатора или теплообменника. Кондиционеры с водяным охлаждением имеют только один внутренний блок, в котором дополнительно установлен водяной конденсатор.

Кондиционеры могут выполняться в различных модификациях. Простая модификация обеспечивает только охлаждение; более сложные — регулирование температуры и влажности воздуха в помещении.

Практически все кондиционеры могут выполняться с нижней или верхней подачей подготовленного воздуха.

Кондиционеры с нижней подачей обрабатывают большие объемы воздуха и равномерно распределяют его в помещении через воздухораспределительное пространство фальш-пола.

Приток воздуха обеспечивается либо непосредственно из помещения (я), либо через небольшой патрубок из пространства подвесного потолка или системы воздуховодов.

Воздух из помещения может также забираться через лицевую панель кондиционера. Установленный в кондиционере фильтр особенно необходим при непосредственной подаче обработанного воздуха в электронное оборудование.

В кондиционерах с верхней подачей воздух подается либо непосредственно в помещение, либо системой воздуховодов через свободное пространство потолка.

Воздух из помещения может забираться через лицевую панель или нижнюю, или заднюю панель.

Кондиционер может дополнительно оснащаться воздухораспределительной камерой, направляющей поток воздуха в помещение и устанавливаемой на верхнюю панель кондиционеров.

### *Кондиционеры с системой непосредственного испарения, с выносным воздушным конденсатором*

Кондиционеры данного типа имеют наибольшее распространение благодаря широкому диапазону мощностей и относительной простоте монтажа.

Кондиционеры выпускаются мощностью от 5 до 104,4 кВт для моделей с нижней подачей и от 5 до 50 кВт — с верхней подачей воздуха.

Во внутреннем блоке расположены компрессор, испаритель, терморегулирующий вентиль, центробежный вентилятор и вся система автоматического управления.

Выносной конденсатор с осевыми вентиляторами устанавливается снаружи (на улице) и соединяется с кондиционером трубопроводами и электрическим кабелем.

При установке выносного конденсатора необходимо обеспечить беспрепятственный подход и выход воздуха и исключить возможность попадания воздуха с выхода на вход вентилятора.

В зависимости от модели выносного конденсатора кондиционер может работать в режиме охлаждения до температуры наружного воздуха минус 35°C.

### *Кондиционеры с системой непосредственного испарения и конденсатором с водяным охлаждением*

Мощность кондиционеров непосредственного испарения с водяным охлаждением составляет от 5,7 до 104,4 кВт для моделей с нижней подачей и от 5,7 до 51,3 кВт — с верхней подачей.

Кондиционеры с конденсатором водяного охлаждения представляют собой моноблок. Они проще по конструкции и дешевле кондиционеров с конденсатором воздушного охлаждения. Температура наружного воздуха не влияет на работу таких кондиционеров, поскольку конденсатор находится внутри помещения, и поэтому они могут работать при любой температуре наружного воздуха.

Однако для их применения необходимо использование проточной воды, что сдерживает применение таких кондиционеров.

Подача охлажденной воды может осуществляться от градирни (системы оборотного водоснабжения), из артезианской скважины или любого другого источника холодной воды.

Для экономии воды, подаваемой на охлаждение конденсатора, могут устанавливаться специальные клапаны, позволяющие регулировать расход воды и соответствующее давление конденсации.

### *Кондиционеры с системой непосредственного испарения с промежуточным контуром и выносным теплообменником*

В кондиционерах с промежуточным контуром конденсатор охлаждается незамерзающей жидкостью, циркулирующей в замкнутом промежуточном контуре. Обычно в промежуточном контуре используется гликолевая смесь.

Охлаждение циркулирующей жидкости производится в специальном наружном теплообменнике.

Наружные теплообменники, также называемые сухими охладителями, оснащены вентиляторами с регулированием скорости, позволяющими регулировать давление конденсации хладагента.

Холодильный контур кондиционера заправлен необходимым количеством хладагента, поэтому при монтаже кондиционера требуются только прокладка жидкостного трубопровода, соединяющего блоки, установка насосов и наружных теплообменников. Допустимое расстояние между кондиционером и теплообменником определяется мощностью циркуляционного насоса.

Минимальная температура наружного воздуха определяется температурой замерзания и расходом жидкости в промежуточном контуре и, как правило, составляет минус 40°C.

Основной недостаток двухконтурных систем — снижение холодопроизводительности за счет введения промежуточного контура и использования гликолевого раствора.

### *Кондиционеры с использованием охлажденной воды*

Мощность кондиционеров с использованием охлажденной воды составляет от 7,5 до 129 кВт для моделей с нижней подачей и от 7,5 до 87 кВт — с верхней подачей обработанного воздуха.

По своей конструкции такие кондиционеры аналогичны фанкойлам.

Водяной теплообменник с большой поверхностью теплообмена обеспечивает охлаждение воздуха. Встроенный трехходовой клапан регулирует расход охлаждающей воды через теплообменник, что позволяет с большой точностью регулировать температуру воздуха в помещении.

Холодная вода на такой кондиционер может подаваться от чиллера.

### *Кондиционеры с двойной системой охлаждения типа TWIN-COOL*

В кондиционерах типа TWIN-COOL охлаждение воздуха может выполняться:

- ♦ в специальном теплообменнике, через который пропускается холодная вода от чиллера. Регулирование температуры воздуха на выходе кондиционера производится изменением расхода воды через теплообменник с помощью трехходового клапана;

- ♦ в испарителе холодильного контура с конденсатором воздушного охлаждения (модели MDT), либо с конденсатором водяного охлаждения (модели MDD). Кондиционеры такого типа используются в тех случаях, когда подача холодной воды от чиллера или системы водоснабжения может производиться с перебоями.

Микропроцессор автоматически включает холодильный контур при полном или частичном прекращении подачи воды (в ночное время, в зимний период, в результате аварии и т.д.).

Две системы охлаждения различного типа, объединенные в одном кондиционере, дают возможность наиболее эффективно использовать оборудование и гарантируют его высокую надежность.

Кондиционеры выпускаются мощностью от 22,8 до 44,6 кВт (серия MDT с воздушным охлаждением) и от 22,8 до 47,6 кВт (серия MDD с водяным охлаждением). Предусматривается только нижняя подача воздуха.

#### *Кондиционеры с энергосберегающим режимом работы типа ENERGY-SAVING*

Если температура наружного воздуха ниже температуры воздуха в помещении, то целесообразно использовать естественное охлаждение без применения холодильного цикла и включения компрессоров.

Конструктивно и функционально кондиционеры такого типа объединяют преимущества кондиционеров с двойной системой охлаждения типа TWIN-COOL и кондиционеров с системой непосредственного испарения с промежуточным контуром и выносным теплообменником.

Дополнительный теплообменник входит в замкнутый гликолевый контур между конденсатором и выносным теплообменником. В теплое время кондиционер работает как обычный кондиционер с системой непосредственного испарения с промежуточным контуром и выносным теплообменником.

Трехходовой клапан перепускает охлаждающую жидкость мимо теплообменника.

В прохладные дни или ночью, когда температура наружного воздуха снижается и температура охлаждающей жидкости в промежуточном контуре становится ниже температуры воздуха в помещении, трехходовой клапан открывается и охлаждающая жидкость подается в теплообменник.

Если температура наружного воздуха снижается до такой величины, когда естественного охлаждения становится достаточно, чтобы покрыть полную потребность в холодильной нагрузке, система непосредственного испарения отключается. Кондиционер работает так же, как кондиционер с использованием охлажденной воды. Трехходовой клапан регулирует расход хладагента через теплообменник.

С помощью микропроцессорного управления в различных эксплуатационных условиях обеспечивается минимальное потребление электроэнергии.

***Практическое занятие №6***

6.1 СКВ в классных комнатах школ.

6.2 СКВ помещений плавательных бассейнов

**6.1 СКВ в классных комнатах школ.**

Принципиальные схемы СКВ прежде всего определяются назначением и строительно-архитектурными решениями общественного здания. Так, например, в школьных зданиях традиционно применяется центральная приточная система вентиляции, совмещенная с воздушным отоплением. Имеются многочисленные жалобы на плохой воздушный климат, создаваемый в классных комнатах от работы традиционной центральной системы воздушного отопления и вентиляции, хотя на ее круглогодичное функционирование затрачивается значительное количество тепла и электроэнергии.

Анализ и расчеты систем для школьных зданий и показал, что наиболее энергетически эффективной и создающей наибольший комфорт для учащихся и учителей обеспечивается в местно-центральной СКВ с установкой под окнами в классной комнате ДЭ, от которых приточный воздух поступает в зону учащихся. В традиционной центральной системе ОБ в школьном здании приточный агрегат располагается в подвальном помещении. В школе на 22 класса в здании высотой четыре этажа по подвалу от приточного воздуховода проходят коллекторные воздухопроводы, имеющие десять вертикальных стояков. Производительность стояков по приточному наружному воздуху от 2565 до 520 м<sup>3</sup>/ч. В зависимости от размера и назначения обслуживаемых помещений по высоте этажей по стояку проходит различный расход приточного воздуха. Общая производительность по приточному воздуху центрального кондиционера составляет 19120 м<sup>3</sup>/ч. На группу стояков с одинаковой ориентацией по сторонам света обслуживаемых помещений принимается общий зональный воздухонагреватель. В классных комнатах от общего стояка отходят два вертикальных ответвления, и на их на высоте от пола 2,6 м монтируются воздухораспределители нового типа ВСП-400У с резиновыми регулировочными заглушками.

В режиме воздушного отопления и вентиляции классных помещений приточный воздух подается под потолком. Приточная струя захватывает испарения, тепловыделения и вредные газы, выделяемые учениками и поднимающиеся тепловыми конвективными струями под потолок, и частично возвращает вредности в зону обитания людей, что значительно ухудшает санитарно-гигиенические качества воздуха в рабочей зоне помещения. Вторым серьезным недостатком традиционной центральной системы является невозможность осуществления регулирования теплового режима в каждом помещении. Третьим недостатком традиционной системы является отсутствие организованной вытяжки отепленного и загазованного воздуха из классных комнат. Разработчики традиционной системы воздушного отопления и вентиляции классных комнат в школе полагали, что применяемые прежде оконные рамы имели недостаточную герметичность. Через отверстия в окнах избыток воздуха в помещениях удаляется наружу и препятствует инфильтрации холодного наружного воздуха, что обеспечивало снижение нагрузок на отопление помещений.

За последние годы в новых строительных нормах значительно повышены требования к увеличению термического сопротивления ограждающих конструкций и герметичности окон. При выполнении этих требований в новых зданиях отмечается высокая герметичность помещений, что требует обязательного применения механических приточно-вытяжных систем. Поэтому в традиционной системе центрального притока необходимо дополнительно устроить организованную вытяжку из помещений.

Предлагаемое новое решение СКВ для классных комнат школьных зданий обеспечивает приток санитарной нормы приточного наружного воздуха в зону обитания людей, а организованную вытяжку осуществлять под потолком. В целях значительного снижения расходов тепла на подогрев приточного наружного воздуха предлагается обязательное применение установки утилизации теплоты вытяжного воздуха на нагрев приточного наружного воздуха.

## 6.2 СКВ помещений плавательных бассейнов

Помещения плавательных бассейнов используют, как правило, круглый год. Температура воды в бассейне в холодный период года не должна опускаться ниже  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а летом увеличиваться до  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Температура воздуха поддерживается на  $1\text{—}2\text{ }^{\circ}\text{C}$  выше температуры воды при относительной влажности 50-60%.

Наличие открытой поверхности воды обуславливает поступление в воздух помещений большого количества водяных паров. Количество испаряющихся с поверхности ванны бассейна водяных

Если помещение плавательного бассейна имеет значительную площадь поверхности остекления в наружных ограждениях, то проникающая через него теплота солнечной радиации затрачивается на нагрев строительных конструкций и зеркала воды. Использование проникающей в помещение бассейна солнечной радиации в целях нагрева зеркала воды в плавательной ванне позволяет сократить затраты теплоты от источника теплоснабжения, требуемые для поддержания температуры воды в ванне  $t_w = 27\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

В холодный период года необходимо предотвратить повышенные теплотопотери через значительные поверхности остекления в наружных ограждениях. Для этой цели конструкция остекления должна иметь повышенное термическое сопротивление теплопередаче, обусловленной наличием градиента температур внутреннего  $t_e$  и наружного  $t_{н.х}$  воздуха, но сохранять способность пропускать в помещение теплоту солнечной радиации, которая будет способствовать поддержанию температуры поверхности воды в плавательной ванне на требуемом уровне  $t_w = 25\text{—}27\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

В целях увеличения поглотительной способности приточного вытяжного воздуха по восприятию влаговывделений рационально подавать приточный воздух с малыми скоростями непосредственно в зону нахождения людей, а удалять воздух из верхней зоны под потолком помещения. Влажный воздух легче сухого. Поэтому в режиме поступления в зону нахождения людей приточного воздуха и поглощения испаряющихся водяных паров образуется более насыщенный влагой воздух, который будет подниматься под перекрытие, где влагосодержание  $d_y$  становится выше, чем  $d_v$ .

От температуры  $t_{н2} = 1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $t_{пн} = 26\text{ }^{\circ}\text{C}$  приточной наружной воздух нагревается в калорифере, питаемом горячей водой. При повышении  $\phi_v$  до 60% система переходит на работу по прямооточной схеме.

Во избежание конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающих конструкций с помощью нагревательных приборов необходимо обеспечить поддержание температуры их поверхностей зимой на уровне не менее  $19\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В расчетных режимах теплого периода года температура точки росы удаляемого воздуха равна  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Чтобы предотвратить конденсацию влаги, температура внутренних поверхностей огражде-

ний не должна опускаться летом ниже  $23^{\circ}\text{C}$ . Проведенный анализ круглогодичных режимов работы систем микроклимата в помещениях плавательных бассейнов позволил разработать принципиальную схему представленную на рис. 6.1.

Воздуховодами 8 приточный агрегат 1 соединяется с ламинарными воздухораспределителями 9. Из которых приточный воздух  $L_u$  поступает в зону нахождения людей со скоростью не более  $0,2 \text{ м/с}$ . Влажный воздух под потолком через вытяжной воздуховод 10 забирается в вытяжной агрегат 11. Воздушный агрегат 1 собирается из блоков, включающих по ходу воздуха следующие элементы: много створчатый воздушный клапан 2 для поступления приточного наружного воздуха при переменном расходе  $L_{п.н}$  воздушный фильтр 3; теплоотдающий теплообменник 4 установки утилизации; калорифер второго подогрева 5; смесительную камеру 6; приточный вентилятор 7.

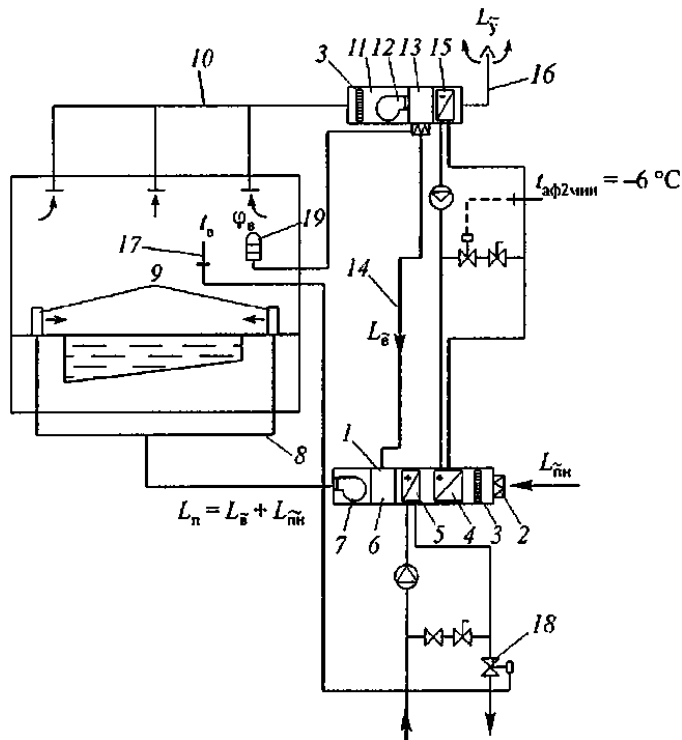


Рисунок 6.1. Принципиальная схема системы микроклимата в помещении бассейна для плавания

Вытяжной агрегат 11 по ходу воздуха включает следующие элементы: фильтр 3\ вытяжной вентилятор 12; воздушную камеру 13 с воздушным клапаном, соединенную воздуховодом 14 со смесительной камерой 6 приточного агрегата 1 теплоизвлекающий теплообменник 15 установки утилизации; выбросной воздуховод 16 удаляемого в атмосферу воздуха  $L_v$ .

В помещении плавательного бассейна термостат 17 контролирует температуру воздуха  $t_v$  в зоне нахождения людей и через импульсную связь воздействует на автоматический клапан 18 изменения расхода горячей воды через калорифер 5. Датчик 19 контролирует влажность воздуха  $\phi_v$  в зоне нахождения людей и через импульсную связь воздействует на моторный привод воздушных клапанов у воздушной камеры 13. При снижении относительной влажности воздуха до нижнего уровня 50% воздушные клапаны камеры 13 открыты для пропуски по соединительному воздуховоду 14 на рециркуляцию до 50% удаляемого воздуха, который смешивается с подогретым приточным наруж-



ным воздухом в камере б приточного агрегата 1. При достижении верхнего уровня относительной влажности воздуха 60% в зоне нахождения людей датчик 19 подает команду на закрытие воздушных клапанов у воздушной камеры 13, после чего приточный агрегат 1 работает по прямооточной схеме. На схеме (рис. 3.3) не показаны нагревательные приборы, которые должны поддерживать температуру на поверхности ограждений помещения плавательного бассейна выше температуры точки росы удаляемого влажного воздуха.

Приточные I и вытяжные II агрегаты удобно и экономично создавать на базе блоков центральных кондиционеров. В настоящее время только в Москве реализовано более двадцати проектов систем микроклимата плавательных бассейнов, выполненных по схеме на рис. 3.3.

В качестве примеры высокоэффективной и экономичной работы системы микроклимата в плавательном бассейне можно привести Государственную детско-юношескую спортивную школу №7 (Москва, ул. Чоботовская). По сравнению со схемой на рис. 3.3 под потолком помещения плавательного бассейна располагаются два приточных воздуховода, из которых на поверхность потолка в холодный период года подается нагретый воздух, что позволило избежать конденсации влаги на внутренней поверхности перекрытия.

### ***Практическое занятие №7***

7.1 СКВ для помещений искусственных катков

7.2 СКВ для операционных и реанимации в больницах

#### **7.1 СКВ для помещений искусственных катков**

Закрытые помещения с искусственными катками требуют применения СКВ, назначением которых является: обеспечение отсутствия тумана у поверхности ледяной поверхности; отсутствия конденсата на строительных и ограждающих конструкциях помещений катков; обеспечение санитарно-гигиенических параметров воздушной среды в зонах помещения, где находятся люди. Исходя из этих трех основных задач рационально устройство трех по назначению СКВ: обслуживающих зону ледяной арены; обеспечивающих температуру внутренних поверхностей строительных и ограждающих конструкций зданий искусственного катка выше температуры точки росы окружающего внутренние поверхности воздуха, что предотвратит образование конденсации водяных паров из окружающего внутренние поверхности воздуха; создающих требуемые санитарно-гигиенические параметры воздуха в зонах нахождения людей.

Рассмотрим основные отличия формирования теплового режима в помещениях искусственных катков. Ледяная арена для проведения игр и тренировок по хоккею с шайбой имеет стандартные размеры 60 x 30 м с наличием закруглений у всех четырех углов ледяной арены. Расчетную поверхность льда можно принимать по размерам по длине и ширине арены, что для стандартного хоккейного поля составит  $60 \times 30 = 1800 \text{ м}^2$ . Искусственное ледяное поле создается путем заливки и намораживания льда на плите катка, в которой заложены змеевики для циркуляции холодоносителя. В зависимости от вида мероприятий, проводимых на ледяной арене, поддерживается различная температура льда: для проведения игр по хоккею требуется жесткий лед, что обеспечивается при температуре поверхности льда от  $-6,5$  до  $-5,5^\circ\text{C}$ , и при температуре воздуха в зоне ледяной арены порядка  $6-10^\circ\text{C}$ ; Для фигурного катания температура поверхности льда от  $-4$  до  $-3^\circ\text{C}$  при температуре воздуха в зоне ледяной арены  $10-13^\circ\text{C}$ ; Для развлекательного катания температура льда от  $-3$  до  $-2^\circ\text{C}$  при температуре воздуха до  $15^\circ\text{C}$ . Для катков спортивного скоростного катания температура поверхности льда требуется от  $-0,5$  до  $-2^\circ\text{C}$  (мягкий лед). Температура воздуха допускается до  $15^\circ\text{C}$  [26].

СКВ для обслуживания ледяной арены проектируется на условия поддержание рекомендуемой температуры воздуха в зоне нахождения людей на ледяной арене. Тепловой режим в зоне нахождения людей на ледяной арене определяется теплопритоками" прежде всего обусловленными низкими температурами поверхности льда  $t_{\text{л}}^\circ\text{C}$ .

## 7.2 СКВ для операционных и реанимации в больницах

Из общественных зданий наиболее сложной и ответственной по назначению является создание СКВ для помещений операционных и реанимации в больницах. Это связано со здоровьем людей, перенесших тяжелые операции, страдающих различными заболеваниями и имеющих ослабленный организм.

В зданиях больниц наиболее ответственными по качеству воздушной среды являются помещения операционных, для которых СКВ должны обеспечивать выполнение следующих требований: препятствовать распространению болезнетворных бактерий

воздушным путем;

создавать для больного и персонала операционной максимальное условие теплового комфорта;

препятствовать образованию статического электричества и устранять риск взрыва газов, применяемых при наркозах.

В помещениях операционных круглый год необходимо поддерживать температуру 20-23°C при высокой относительной влажности 50-60%, при которой не образуется статического электричества. В теплый период года температуру воздуха в помещении операционной не рекомендуется поднимать выше 23 °C, так как операции проводятся в резиновых перчатках, в марлевых повязках, шапочках на голове и брючных костюмах, что создает дополнительные трудности отведения тепло- и влаговыделений от работающих людей. Отмечено, что при потении от людей больше исходит бактерий, что загрязняет воздух в помещении операционной.

Анализ проектных решений показывает, что обычные размеры помещений операционных требуют подачи 2000-2500 м<sup>3</sup>/ч приточного воздуха при максимальном рабочем температурном перепаде 6°C, что позволяет отводить до 5 кВт·ч теплоизбытков. При проведении операций в помещении операционной может находиться до 10 человек, что вызовет теплопритоки более 1 кВт·ч. Мощные осветительные лампы и работающие аппараты могут выделять до 2 кВт·ч теплоизбытков. Теплопритоки через наружные ограждения могут составлять до 1,2 кВт·ч.

В целях экономии тепла на нагрев приточного наружного воздуха и сокращения расхода электроэнергии на работу холодильных машин предлагается использование утилизации теплоты и холода вытяжного воздуха на нагрев и охлаждение приточного наружного воздуха. Болезнетворные бактерии могут поступать в помещение операционной с приточным воздухом, из соседних помещений, от персонала операционной. Для очистки воздуха от бактерий необходимо осуществлять многоступенчатую очистку санитарной нормы приточного наружного  $L_{п.н}$  и внутреннего  $L_v$  воздуха.

На рисунке 6.2 показана разработанная в последние годы принципиальная схема СКВ по энергосберегающей технологии для операционной, состоящая из трех конструктивных элементов: приточно-вытяжного агрегата 1 для круглогодичной обработки приточного наружного воздуха  $L_{п.н}$ ; смесительно-очистительного приточного

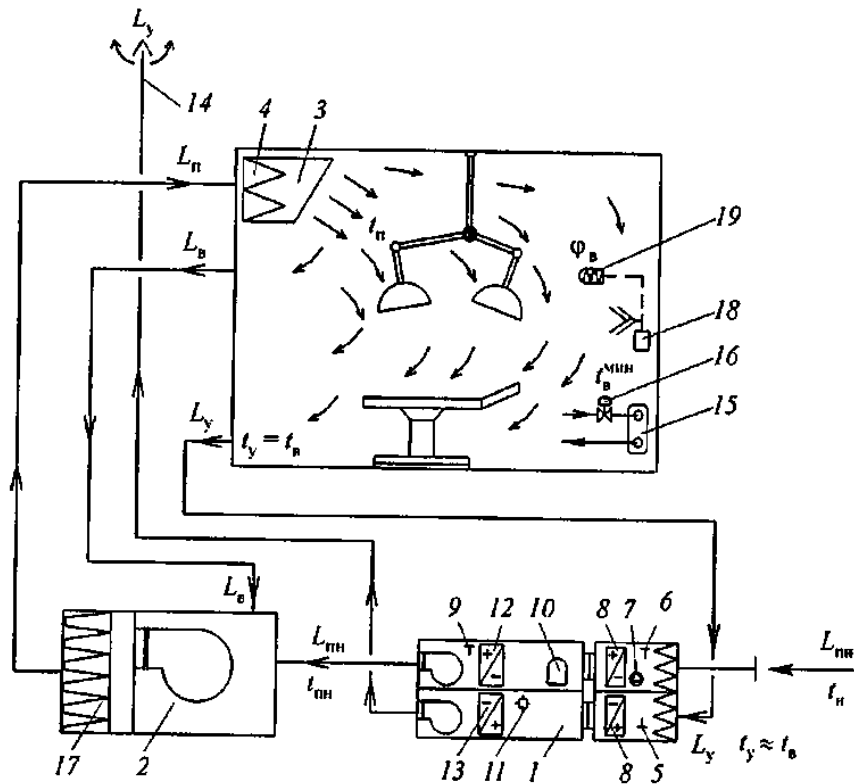


Рисунок 6.2. Принципиальная схема СКВ помещения операционной с энергосберегающими режимами круглогодичной работы

агрегата 2 для подачи в помещение операционной приточного воздуха  $L_n$ ; настенного приточного воздухораспределителя 3 со встроенным фильтром 4 абсолютной очистки приточного воздуха. В технической литературе фильтры абсолютной очистки часто обозначают НЕРА фильтр (от англ. High Efficiency Particle Air).

Приточно-вытяжной агрегат 1 включает аппараты для круглогодичной подготовки приточного наружного воздуха  $L_{пн}$  по энергосберегающей технологии в соответствии с условиями формирования теплового режима в помещении операционной, что контролируется по датчику 5, воспринимающему температуру удаляемого из помещения вытяжного воздуха  $L_v$ , температура которого  $t_v$  равна температуре воздуха в операционной  $t_o$ .

В холодный период года датчик 6 контроля температуры наружного воздуха  $t_n$  включает насос 7 установки утилизации 8. В этом режиме теплота вытяжного удаляемого воздуха  $L_v$  будет передаваться на нагрев приточного наружного воздуха. Датчик 9 контроля температуры приточного наружного воздуха  $t_{пн}$  воздействует на пускатель электродвигателя компрессора 10 и четырехходовой автоматический клапан 11. В режиме нагрева приточного наружного воздуха работает компрессор 10. Четырех ходовой клапан 11 обеспечивает поступление горячих паров холодильного агента в трубки теплообменника 12, который в этом режиме является конденсатором (режим теплового насоса). Теплота конденсации передается в теплообменнике 12 на нагрев приточного наружного воздуха. Вытяжной удаляемый воздух охлаждается в теплообменнике 13, который в этом режиме является испарителем холодильной машины. Охлажденный удаляемый воздух выбрасывается по присоединительным воздуховодам через устройство Ц в атмосферу.

При наличии в помещении операционной окон рационально установить под окнами нагревательные приборы 15 с обязательным применением на трубопроводах подачи горячей воды терморегуляторов 16, настроенных на поддержание минимального значения температуры в помещениях  $t_{в(мин)} = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Подготовка и проведение операций требует использования в операционном помещении электропотребляющих приборов (светильников, электроприводов медицинских аппаратов и др.). Это обуславливает наличие тепловыделений, которые должны восприниматься холодным приточным воздухом. Перепад температур между приточным воздухом и воздухом в рабочей зоне проведения операции не должен превышать  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что требует применения специального воздухораспределения, как это показано на схеме рисунке 6.2. В холодный период года в рабочей зоне поддерживается  $t_6 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , и температура приточного воздуха на выходе из воздухораспределителя 3 может быть на шесть градусов ниже  $t_6$ .

Требуемая температура  $t_n$  приточного воздуха обеспечивается смешением в приточном агрегате 2 холодного наружного  $L_{пн}$  и внутреннего  $L_в$  воздуха. Смесь приточного воздуха  $L_{пн}$  очищается в агрегате 2 в фильтре тонкой очистки 17 и по присоединительному воздуховоду поступает к воздухораспределительному устройству 3, в котором осуществляется концевая абсолютная очистка приточного воздуха в фильтрах 4. Благодаря последовательной очистке приточного воздуха в фильтрах агрегатов 1 и 2 обеспечивается не только высокая степень очистки, но и достаточно продолжительна работа концевого фильтра 4 без замены на новый фильтрующий материал.

В холодный период года из-за низкого влагосодержания наружного воздуха в операционной относительная влажность воздуха может понизиться до регламентируемого нижнего предела 40%. Для возможности повышения относительной влажности воздуха в приточном агрегате 2 или в помещении операционной необходимо установить паровой увлажнитель 18, работа которого регулируется датчиком 19 контроля нижнего уровня влажности внутреннего воздуха.

В качестве приточно-вытяжных агрегатов 1 рекомендуется использовать кондиционеры типа VPL по двухступенчатой схеме утилизации тепла и холода вытяжного воздуха.

## 8.1 Общие подходы к повышению энергетической эффективности и санитарно-гигиенических качеств систем кондиционирования

### 8.1 Общие подходы к повышению энергетической эффективности и санитарно-гигиенических качеств систем кондиционирования

Потребление энергетических ресурсов достигло таких гигантских масштабов, что угрожает, с одной стороны, истощением природных энергетических ресурсов — органических видов топлива и «энергетическим голодом», с другой стороны, — загрязнением окружающей среды продуктами сгорания топлива. Перспективным является использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии: солнца, ветра, малых рек, геотермальных вод и т.д. Общим недостатком всех нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ) является высокая стоимость получаемой тепловой и электрической энергии, поэтому традиционная энергетика в настоящее время предпочтительней нетрадиционной. Наряду с использованием НВИЭ стратегическим направлением в энергетике является энерго- и ресурсосбережение. Финансовые вложения в энергосбережение в 3-5 раз эффективнее, чем вклады в наращивание генераторных мощностей. Проблема энергосбережения может решаться на разных уровнях: в глобальном масштабе на уровне большой энергетики и в локальном масштабе на уровне одного отдельно взятого здания. Предметом нашего рассмотрения будут вопросы энергосбережения в системах обеспечения микроклимата и, в частности, в системах кондиционирования воздуха, так как обозначить круг вопросов, связанных с проблемой экономии энергии, следует на начальной стадии проектирования объекта.

Все мероприятия, направленные на энергосбережение, должны быть стимулированы на основе законов, действующих в государстве. Государство создает экономические и правовые условия заинтересованности в энергосбережении юридических и физических лиц с помощью разумных налоговых мер и субсидий. В мировой практике известно немало примеров реализации государственной политики в области сбережения энергии. В большинстве стран Западной Европы было достигнуто снижение энергопотребления на 40-60% путем экономического влияния государства. Одним из главных подходов было решение о финансировании энергосберегающей политики. Принятый в России Федеральный закон «Об энергосбережении» определяет правовые, экономические и организационные основы государственной политики в области энергосбережения. Во исполнение закона для отдельных регионов России разработаны программы энергосбережения, предусматривающие следующие организационные мероприятия:

- энергетический аудит на предприятиях;
- составление энергетических паспортов предприятия;
- создание демонстрационных зон высокой энергетической эффективности;
- использование экономических стимулов внедрения энергосберегающих технологий.

Анализ основных факторов, определяющих потребление энергии системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, позволил наметить основные

направления экономии энергии и топлива в системах обеспечения микроклимата зданий:

- теплотехническая оптимизация градостроительных, объемно-планировочных, конструктивных решений зданий;
- использование вторичных энергетических ресурсов, в частности утилизации и регенерации теплоты низкопотенциальных источников в теплообменниках и тепловых насосах;
- использование альтернативных источников энергии непосредственно в здании: солнца, ветра, грунтовых и поверхностных вод, земли и т.д.;
- использование природного потенциала теплоты и холода;
- совершенствование технического уровня систем обеспечения микроклимата помещений с целью повышения их энергетической эффективности. Применение рациональных схемных и принципиальных решений;
- использование энергосберегающего оборудования;
- повышение культуры строительства, монтажа, эксплуатации зданий, использования энергии (учет и контроль ее потребления);
- уменьшение затрат при транспортировании теплоты и холода;
- управление системой обеспечения микроклимата или автоматическое регулирование параметров воздуха в помещении;
- аккумулирование теплоты и холода.

Повышение энергетической эффективности систем кондиционирования и вентиляции в промышленных зданиях возможно только при учете специфических особенностей технологических производственных процессов, осуществляемых в обслуживаемом помещении. Наибольшее распространение в промышленных зданиях получили технологически-комфортные СКВ, которые в рабочей зоне проведения производственного процесса поддерживают параметры воздуха, достаточно благоприятные для производственной технологии и теплового комфорта работающих в этой зоне людей. Практически получается, что обеспечиваемые и поддерживаемые технологически-комфортными СКВ параметры воздуха не отвечают оптимальным условиям ведения технологии производства и комфортного теплового состояния человеческого организма. Для достижения оптимальных условий рекомендуется изыскивать возможности разделения систем: на технологические, обслуживающие технологический процесс в самом оборудовании или в непосредственном месте его проведения; комфортные, которые выполняют функции обеспечения санитарно-гигиенических требований.

Для обеспечения энергетической эффективности функционирования СКВ в производственных зданиях следует выполнять следующие общие рекомендации по энергосбережению:

- подачу приточного воздуха производить в рабочую зону с повышением рабочего перепада температур путем увеличения температуры вытяжного воздуха;
- осуществлять поглощение части теплоизбытков путем регулирования местных охлаждающих устройств;
- места технологических процессов со значительными выделениями пылевых и газовых вредностей оборудовать местными устройствами улавливания загрязнений, не допуская их распространение в объеме рабочей зоны;

— стремиться к использованию приточных и вытяжных агрегатов на минимально-требуемую по саннормам или технологии производительность по приточному наружному воздуху  $L_{\text{пн}} = L_y$ ;

— на нагрев приточного наружного воздуха использовать теплоту вытяжного воздуха путем применения установок утилизации;

— использовать холод наружного воздуха для отведения теплоизбытков от технологического оборудования;

— отказаться от центральной рециркуляции и заменять ее местной через местные аппараты, обеспечивающие изменения параметров приготовленного воздуха в соответствие с условиями формирования теплового режима и поддержания требуемой кондиции воздушной среды в обслуживаемой зоне производственного помещения;

— выделять технологическое оборудование, требующее поддержание специальной кондиции воздушной среды, в специальные, локальные системы.



9.1 Преимущества местно-центральных систем по сравнению с традиционными центральными СКВ.

## 9.1 Преимущества местно-центральных систем по сравнению с традиционными центральными СКВ.

В промышленных зданиях наибольшее распространение получили центральные СКВ с центральной рециркуляцией внутреннего воздуха и наличием зональных подогревателей приточного воздуха в отдельные зоны помещения. Более экономичным и качественным по создаваемому микроклимату являются местно-центральные СКВ. Рассмотрим особенности традиционных центральных и местно-центральных СКВ на примере цеха офсетной печати полиграфического предприятия.

Даже в расчетные сутки теплого периода года теплоизбытки в цехе могут изменяться от 100% до 40%. Для поддержания требуемых по технологии параметров воздуха датчик контроля температуры воздействует на автоматический клапан, обеспечивающий увеличение тепловой производительности калорифера второго подогрева при снижении  $Q_{изб}$  в цехе.

Проведенный анализ показывает, что в традиционных центральных СКВ первоначально затрачивается холод на режим охлаждения и осушения приточного воздуха, а затем для поддержания требуемых по технологии параметров воздуха в рабочей зоне затрачивается тепло в калорифере второго подогрева. При проектировании СКВ для цехов значительной площади и наличием участков производства с изменяющимися по времени суток тепловыделениями прибегают к применению многозональных СКВ. От общего приточного коллектора в цехе подводится несколько приточных отводов. На каждом отводе монтируется зональный воздухонагреватель, управляемый от датчика контроля в каждой обслуживаемой зоне цеха.

В холодный период года в традиционных центральных СКВ не применялись установки утилизации теплоты вытяжного воздуха на нагрев приточного наружного воздуха. К сожалению, эта тенденция продолжается и до настоящего времени даже в головных проектных институтах.

Минимальный нагрев приточного наружного воздуха по условиям безопасности от обмерзания может быть принят  $t_{кл} = 5^{\circ}\text{C}$ . Путем смешения подогретого до энтальпии  $I_{кл} = 6,5 \text{ кДж/кг}$  наружного и внутреннего рециркуляционного воздуха  $I_{в} = 48 \text{ кДж/кг}$  необходимо получить энтальпию смеси  $I_{см} = 35,5 \text{ кДж/кг}$ , являющуюся контролируемым параметром при круглогодовой работе СКВ с точным и постоянным поддержанием параметров воздуха в рабочей зоне.

На рисунке 9.1 представлена принципиальная схема центральной СКВ с переменной рециркуляцией и тремя зонами обслуживания в цехе цветной печати.

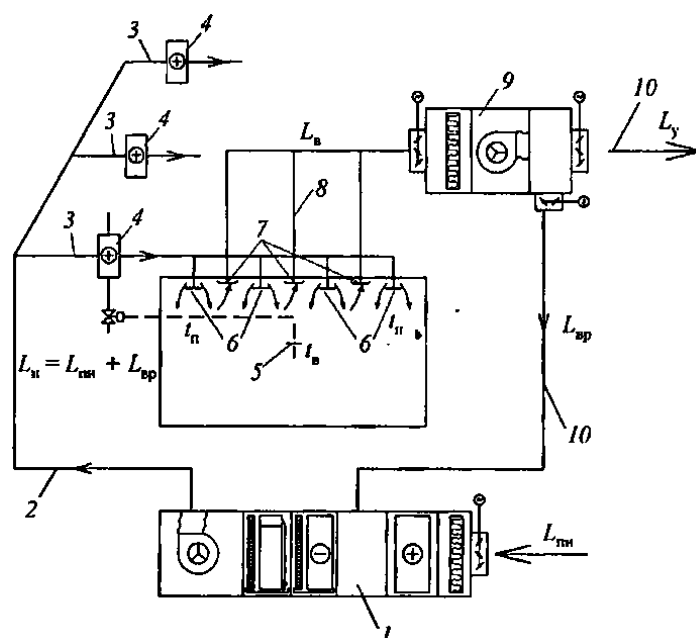


Рис. 9.1. Принципиальная схема центральной СКВ с переменной рециркуляцией, обслуживающей три зоны в цехе цветной печати

В центральном кондиционере 1 по ходу воздуха смонтированы следующие технологические блоки:

- автоматический клапан поступления переменного расхода наружного воздуха  $L_{пн}$ ;
- воздушный фильтр;
- калорифер первого подогрева;
- камера смешения переменных расходов наружного  $L_{пн}$  и рециркуляционного  $L_{вр}$  воздуха;
- теплообменник для охлаждения приточного воздуха  $L_{п}$ ;
- блок орошаемых слоев для адиабатного увлажнения приточного воздуха  $L_{п}$ ;
- приточный вентилятор для подачи постоянного расхода приточного воздуха  $L_{п} = L_{пн} + L_{вр}$ .

Приточным воздуховодом 2 центральный кондиционер 1 связан с тремя отводами 3 в три зоны обслуживаемого цеха. На каждый отвод имеется зональный подогреватель, тепловая производительность которых управляется от датчика 5 контроля температуры воздуха  $t_v$  в каждой выделенной рабочей зоне цеха. Через приточные устройства 6, расположенные под потолком цеха, приточный воздух с температурой  $t_{п}$  струями поступает в рабочую зону, одновременно смешивается с конвективными потоками отепленного и загазованного воздуха.

Вытяжной воздух  $L_v$  через вытяжные устройства 7 по вытяжным воздуховодам 8 поступает в вытяжной агрегат 9, в котором по ходу воздуха смонтированы следующие технологические блоки:

- воздушный автоматический клапан, для забора вытяжного воздуха  $L_v$  управляемый от магнитного пускателя электродвигателя вытяжного вентилятора;
- воздушный фильтр;
- вытяжной вентилятор забора постоянного расхода вытяжного воздуха  $L_v$ ;

— разделительная воздушная камера с автоматическими взаимообратными воздушными клапанами для поступления переменного расхода вытяжного воздуха  $L_{вр}$  в воздуховод центральный рециркуляции 9 и выбросом в атмосферу переменного расхода удаляемого воздуха  $L_y$  через воздуховод 10.

В качестве альтернативного варианта традиционной центральной СКВ рассматривается местно-центральная СКВ для промышленных зданий на примере цеха цветной печати с тремя зонами обслуживания, которая имеет следующие отличительные особенности:

— в центральном кондиционере постоянной производительности  $L_{пн}$  круглый год по прямоточной схеме готовится только приточный наружный воздух, на который возлагается задача поглощения расчетных влаговыделений в обслуживаемых зонах;

— в каждой обслуживаемой зоне цеха вместо зонального подогревателя устанавливается местный вентиляторный агрегат с фильтром, воздухоохладителем и смесительной камерой;

— подготовленный воздух подается в цех через ламинарные воздухораспределители по высоте рабочей зоны;

— под потолком цеха через вытяжные устройства забирается постоянный расход  $L_y$  отепленного загазованного воздуха, который по соединительным вытяжным воздуховодам поступает в центральный вытяжной агрегат, включающий фильтр и теплоизвлекающий теплообменник установки утилизации.

Применение орошаемого слоя глубиной 300 мм обеспечит получение требуемой эффективности.

Проведенное сравнение показывает на значительные энергетические преимущества местно-центральных СКВ по сравнению с традиционными рециркуляционными СКВ в промышленных зданиях. Сооруженные местно-центральные СКВ будут на 30% дешевле традиционной центральной СКВ.

В статье, опубликованной в ведущем специализированном журнале США, представлены сравнительные данные о капитальных затратах при сооружении в одинаковом по площади здании центральной СКВ типа VAV и местно-центральной СКВ, от которой в помещения подается только минимальный расход наружного воздуха, а местное охлаждение осуществляется от потолочных охлаждающих панелей. Сравнение показало, что в центральной СКВ расход холода в два раза больше. Удельная стоимость сооружения воздуховодов в центральной СКВ составила 43 \$/м<sup>2</sup> площади здания, а в местно-центральной 11\$/м<sup>2</sup>. Удельные затраты на сооружения центральной СКВ составили 155 \$/м<sup>2</sup>, а местно-центральной 120 \$/м<sup>2</sup>.

Материалы статьи убедительно показывают, что утверждения специалистов фирмы «Carrier» о преимуществах центральных систем VAV над другими является их субъективным мнением и носит рекламный характер. Наиболее благоприятные показатели по капитальным и эксплуатационным затратам достигаются в местно-центральных СКВ, что и было показано выше на примере цеха полиграфического производства.

На рисунке 9.2 представлена принципиальная схема предлагаемой энергосберегающей местно-центральной СКВ для цеха цветной печати. В центральном прямоточном кондиционере 1, который по производительности по приточному воздуху  $L_{пн}$  в де-

суть раз меньше, чем в схеме традиционной центральной СКВ (см. рисунок 7.1). В центральном кондиционере 1 круглый год обрабатывается постоянное количество приточного наружного воздуха и не требуется сложного регулирования воздушными клапанами переменных расходов:  $L_{\text{пн}}$  и  $L_{\text{в.р.}}$ , как это характерно для традиционной центральной СКВ с переменной рециркуляцией. В центральном приточном кондиционере 1 по ходу воздуха смонтированы следующие технологические блоки:

- много створчатый воздушный клапан с электрическим приводом, сблокированным с магнитным пускателем приточного вентилятора, что обеспечивает его закрытие при остановке электродвигателя вентилятора;
- воздушный фильтр;
- теплоотдающий теплообменник установки утилизации;
- калорифер первого подогрева;
- воздухоохладитель и осушитель приточного воздуха с поддоном и сепаратором;

блок адиабатного увлажнения с орошаемым слоем глубиной 300 мм;

- проточный вентилятор;

Приточный воздуховод 2 через отвод 3 соединен с местными вентиляторными агрегатами 4.

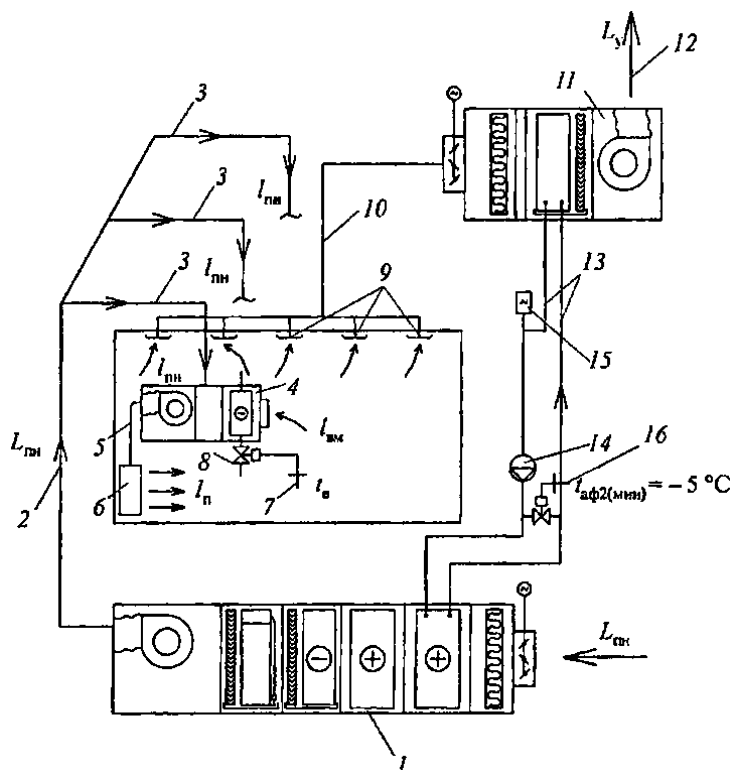


Рис. 9.2. Принципиальная схема местно-центральной СКВ с установкой в помещениях вентиляторных доводчиков с регулируемой холодопроизводительностью

В местном вентиляторном агрегате 4 имеется:

- заборное отверстие для поступления внутреннего воздуха  $l_{\text{вм}}$ ;
- воздушный фильтр;
- воздухоохладитель при постоянном влагосодержании охлаждаемого внутреннего воздуха;

- камера смешения приготовленного приточного наружного воздуха  $l_{\text{пн}}$  и охлажденного внутреннего воздуха  $l_{\text{в.охл}}$ ;
- приточный вентилятор.

Присоединительные приточные воздуховоды 5 к ламинарным воздухораспределителям 6 приточного воздуха:  $l_{\text{п}} = l_{\text{пн}} + l_{\text{в.охл}}$ . На полу цеха у стен или колонн установлены ламинарные воздухораспределители 6 обеспечивающие поступления приточного воздуха в рабочую зону высотой 1,5 м от пола.

Температура воздуха в каждый выделенной зоне цеха контролируется датчиком 7, имеющем импульсную связь с клапаном 8 на трубопроводе подачи холодной воды в воздухоохладитель местного вентиляторного агрегата 4.

Под потолком цеха устанавливаются заборные устройства 9, соединенные с всасывающим воздуховодом 10, присоединенным к центральному вытяжному агрегату 11, который по производительности по вытяжному воздуху  $L_y$  в десять раз меньше вытяжного агрегата в схеме на рисунке 7.1 для традиционной центральной СКВ. В вытяжном агрегате 11 по ходу воздуха смонтированы следующие технологические блоки:

- много створчатый воздушный клапан, заблокированный с магнитным пускателем электродвигателя вытяжного вентилятора;
- воздушный фильтр;
- теплоизвлекающий теплообменник установки утилизации;
- вытяжной вентилятор.

К центральному вытяжному агрегату 11 присоединяется воздуховод 12 выброса вытяжного воздуха  $L_y$  в атмосферу. Теплоизвлекающий теплообменник в вытяжном агрегате 11 соединен трубопроводами 13 с теплоизвлекающим теплообменником в приточном кондиционере. На трубопроводах 13 смонтирован циркуляционный насос 14 и герметичный расширительный сосуд 15. Для обеспечения незамерзания выпадающего конденсата в теплоизвлекающем теплообменнике при охлаждении и осушении удаляемого воздуха служит датчик 16, имеющий импульсивную связь с автоматическим клапаном на перемычке трубопроводов 13. Датчик 16 настраивается на минимально-допустимую температуру охлаждения антифриза  $t_{\text{аф2(мин)}} = -5^{\circ}\text{C}$ .

Дальнейшее повышение энергетической эффективности СКВ по схеме на рисунке 7.2 достигается путем монтажа на трубопроводах 13 установки утилизации пластинчатого теплообменника для охлаждения антифриза. Каналы по движению антифриза подключаются к трубопроводам 13 установки утилизации, а каналы для прохода воды подключаются к трубопроводам, снабжающим холодной водой воздухоохладители местных вентиляторных агрегатов 4. Для осуществления режимов охлаждения внутреннего воздуха к теплообменникам местных вентиляторных агрегатов должна подаваться охлажденная вода температурой выше  $14^{\circ}\text{C}$ . Такую холодильную воду вполне можно получать путем ее охлаждения в теплообменниках холодным наружным воздухом. Включение в трубопроводы 13 пластинчатого теплообменника позволяет отдавать избыточное тепло в помещениях на нагрев холодного приточного наружного воздуха в кондиционере 1 в переходный и холодный периоды года. Это позволит останавливать холодильную машину и снижать расход тепла в калорифере первого подогрева центрального кондиционера 1.

## ***Практическое занятие №10***

10.1 СКВ для «чистых помещений»

10.2 СКВ в цехах предприятий текстильной промышленности

### **10.1 СКВ для «чистых помещений»**

Чистые помещения, среда которых не содержит загрязнений и бактерий, используются в большинстве современных производств.

Первые чистые помещения были созданы в больницах для борьбы с инфекциями, в настоящее время высокие технологии выдвигают особые требования к чистоте среды для промышленного производства. Чистые помещения применяются в электронной промышленности при производстве компьютеров, телевизоров, мониторов, в микроэлектронной промышленности при производстве интегральных схем, устанавливаемых в компьютерах и микропроцессорах систем управления, в микромеханике при производстве гироскопов, миниатюрных подшипников, считывающих устройств для компакт-дисков, в оптической промышленности при производстве линз, фотопленки, лазерного оборудования.. В таких производствах даже субмикронные частицы загрязнений могут нарушить функционирование изделий и снизить срок службы.

Есть категория производств, где недопустимо присутствие в производственной среде микроорганизмов, вызывающих возникновение инфекций. К ним относятся производственные помещения биотехнологии, генной инженерии, фармацевтической промышленности, особого медицинского оборудования (сердечные клапаны, системы кардиошунтирования), пищевой промышленности. В связи с ростом высокотехнологичных производств перечень областей применения чистых помещений будет пополняться.

Согласно стандарта ISO 14644-1 чистое помещение— это помещение, в котором контролируется счетная концентрация аэрозольных частиц, построенное и используемое так, чтобы свести к минимуму поступление, генерацию и накопление частиц внутри помещения, в котором при необходимости контролируются другие параметры, например, температура, относительная влажность воздуха и давление. Создать и поддерживать в чистом помещении требуемое качество воздуха и требуемые параметры микроклимата возможно только с помощью специальных систем кондиционирования воздуха.

### **10.2 СКВ в цехах предприятий текстильной промышленности**

Физические свойства текстильных материалов значительно изменяются в зависимости от количества влаги, которая в них содержится. В текстильных материалах может быть гигроскопическая или свободная влага. Гигроскопическая влага — это та, которая поглощается или отдается любым материалом при изменении относительной влажности и температуры окружающего воздуха, она может составлять значительную часть общего веса текстильных материалов. Содержание этой влаги колеблется от 4% для хлопка в относительно сухом воздухе до 25% для шерсти во влажном воздухе. Гигроскопическая влага проникает в стенки волокон текстильных материалов в

виде водяного пара, но при взаимодействии между паром и клетками волокон конденсируется, образуя невидимые частицы гигроскопической жидкости. Переход воды из парообразного в жидкое состояние увеличивает вес текстильных материалов. Текстильные материалы также содержат свободную влагу, т. е. воду в жидком состоянии, находящуюся между волокнами.

При слишком низкой относительной влажности воздуха волокна таких натуральных материалов, как шерсть, хлопок, шелк, а также синтетических материалов, таких как акрил, полиэстер становятся хрупкими и плохо поддаются обработке, увеличивается количество обрывов нити, станки чаще останавливаются, уменьшается производительность труда, ухудшается качество сырья и готовых изделий. Вследствие трения между материалами и лентами конвейеров или деталями оборудования возникают электростатические заряды, особенно сильные при относительной влажности воздуха меньше 55-65%. При низкой относительной влажности воздуха образуется больше пыли, раздражаются кожа и слизистые оболочки работающих в помещении, ухудшается их самочувствие.

Главные операции процесса превращения хлопка-сырца в ткань следующие:

- кардочесание (разрыхление и трепание);
- вытяжка;
- гребнечесание;
- получение ровницы;
- прядение;
- получение полотна прядением или вязанием.

Подобная технология применяется не только для изготовления изделий из чистого хлопка, но и из большинства синтетических волокон, а также изделий из смеси хлопка с вискозой и синтетическими материалами.

Целью процесса кардочесания является разделение и распутывание массы спутанных хлопковых волокон, удаление загрязнений и дефектных волокон и, наконец, соединение волокон и формирование непрерывной пряжи — ленты. В ходе процесса рыхления и трепания при механическом воздействии на волокно игольчатых решеток, разрыхлительных валиков, быстровращающихся барабанов, бил, трепал выделяется большое количество пыли. При низкой относительной влажности воздуха быстро засоряется кардочесальная машина, происходят частые разрывы ватки, очищенные хлопковые волокна оседают на поверхностях машины из-за зарядов статического электричества. Разрыхлительно-трепальные агрегаты оборудуются технологическими (встроенными в машины для перемещения разрыхленной массы) и гигиеническими (удаление пыли от машин) местными отсосами. Воздух, удаляемый местными отсосами и системами пневмотранспорта, очищается в фильтрах двух ступеней, что дает возможность применять рециркуляцию воздуха, то есть возвращать воздух, очищенный в фильтрах, в цех. При удалении воздуха этими системами за пределы помещения он должен быть компенсирован приточным воздухом.

В процессе вытяжки несколько вышедших из кардочесальной машины лент соединяются и протягиваются в лентовытяжной машине так, чтобы получить параллельное расположение волокон. При низкой относительной влажности воздуха у лент получаются рваные, разветвленные концы и неровности в виде толстых и тонких

мест, кроме того, волокна прилипают к вытяжным цилиндрам машины и накапливаются в них, поэтому приходится часто останавливать машину.

При изготовлении высокосортной хлопчатобумажной продукции, например швейных ниток, тонкой пряжи и т. п., а также при изготовлении тканей, для которых требуются особо длинные хлопчатобумажные волокна, за процессом кардочесания следует процесс гребнечесания. Гребнечесание представляет собой тонкую операцию, при которой происходит дальнейшая очистка и удаление коротких волокон. При гребнечесании требуется более высокая относительная влажность воздуха, чем при кардочесании — 60-65%.

В процессе образования ровницы относительно толстые и тяжелые ленты, получаемые в лентовытяжной машине, вытягиваются в тонкие пряди, пригодные для прядения. Во время получения ровницы лента должна хорошо удерживаться в перегонном банкаброше, отдельные волокна должны слегка прилипать одно к другому. Необходимо принимать меры для предупреждения возникновения электростатических зарядов.

В процессе чесания образуется большое количество отходов в виде пуха, очесов и орешка. Для уменьшения запыленности и утилизации отходов производится непрерывное удаление пуха и очесов от чесальных машин с помощью местных отсосов, встроенных в машины. Количество воздуха, удаляемого местными отсосами, приводится в технической характеристике машин. Уборка орешка, выпавшего под машины, осуществляется периодически или постоянно централизованной системой пневмотранспорта.

После очистки в фильтрах (две ступени) воздух, удаляемый от чесальных машин, выбрасывается наружу или возвращается в цех. На участках, где расположены чесальные, ленточные и ровничные машины выделяется значительное количество теплоты от оборудования, поэтому определяющим является воздухообмен на удаление избыточной теплоты. Приточный воздух подают обычно в верхнюю зону, а удаляют — из нижней зоны над полом.

Для получения нити традиционно использовали кольцевые прядильные машины: пряди ровницы, получаемые с банкаброша, поступают в прядильный ватер, в котором они движутся медленно, закручиваются и наматываются на веретено. В пространстве около веретена воздух теплее и суше, получаемая со станка пряжа содержит меньше гигроскопической влаги, чем ровница.

Слишком сухая пряжа, по сравнению с пряжей, содержащей нормальное количество влаги, не только хуже качеством, но и имеет меньший вес, вследствие чего предприятие несет потери на разнице в весе сырья и готовой продукции. В последние годы произошла массовая замена традиционных кольцевых прядильных машин безверетенными пневмомеханическими и аэромеханическими прядильными машинами.

Технологический процесс выработки пряжи осуществляется по следующей схеме. Лента из тазов подается в зону разделения волокон, где интенсивно прочесывается. Разделенные волокна, увлекаемые воздушным потоком, поступают в прядильную камеру и выводятся на сборную поверхность ротора, который вращается с частотой 30-60 тыс. об./мин. Под действием центробежной силы волокна в роторе уплотняются и прикручиваются к концу пряжи, введенному в камеру. Вследствие



этого происходит постепенное отделение пряжи от сборной поверхности. Сформированная пряжа получает определенную крутку в крутильной головке, после чего наматывается на бобины.

В прядильных цехах с машинами пневмомеханического прядения значительно больше суммарная установочная мощность электродвигателей машин и, как следствие, больше тепловыделения от машин, больше значение относительной влажности воздуха, машины имеют местные отсосы, удаление воздуха из помещения цеха обеспечивается только за счет местной системы вентиляции от машин. Все это необходимо учитывать при проектировании системы кондиционирования воздуха. В помещениях прядения особо важно поддерживать постоянное значение относительной влажности воздуха или постоянное содержание гигроскопической влаги в пряже, изменяя при этом температуру или относительную влажность в помещении.

В помещениях, где производятся кручение, размотка пряжи, снование и намотка, должна поддерживаться достаточно высокая относительная влажность воздуха, чтобы пряжа оставалась прочной и мягкой, для них также характерны значительные тепловыделения от оборудования.

Во всех помещениях прядильного производства, наряду с обработкой приточного воздуха в центральной системе кондиционирования воздуха, применяют местное увлажнение воздуха для уменьшения нагрузки на охлаждение центральной системы и для борьбы со статическим электричеством. Положительные заряды могут быть частично или полностью нейтрализованы, если воздух дополнительно увлажняется непосредственно в производственном помещении при работе местных увлажнителей, так как распыление воды сопровождается образованием отрицательных ионов.

При изготовлении тканей наблюдается улучшение качества продукции и уменьшение числа остановок машин при повышенной относительной влажности воздуха в помещении. Обычно для изготовления печатных тканей, простынного полотна употребляют пряжу, полученную из коротких волокон, которая требует значительно большей крутки по сравнению с пряжей из длинных волокон при той же ее прочности. Это дополнительное кручение пряжи увеличивает образование петель и уменьшает способность поглощать гигроскопическую влагу, являясь косвенной причиной понижения прочности пряжи. Обычно один рабочий обслуживает несколько десятков автоматических ткацких станков, обрыв нити и устранение его приводят к остановке станков и снижению производительности труда. Поддержание высокого значения относительной влажности воздуха значительно сокращает число случаев обрыва.

В ткацких цехах, как правило, отсутствуют местные отсосы, схема организации воздухообмена — сверху-вниз, в них применяют обработку воздуха в центральных системах с местным увлажнением, кроме ткацких цехов с жаккардовыми станками, где доувлажнение недопустимо.

Пряжа недавней выработки, даже если она изготавливалась в благоприятных условиях, свертывается петлями при размотке с катушки, что объясняется естественной эластичностью волокон, в которых после кручения пряжи остаются внутренние напряжения. С течением времени эти напряжения и способность нитей пряжи самопроизвольно завиваться в петли исчезают, так как волокна ослабевают и изгибы переходят в остаточную деформацию.

В трикотажном производстве свертывание нитей пряжи в петли является серьезной помехой для получения хорошей вязки, поэтому необходимо устранить это свойство пряжи перед поступлением в производство. Может применяться обычная выдержка на складе, но пряжа должна храниться долго, что обходится дорого. Уничтожить внутренние напряжения возможно при воздействии на пряжу теплым влажным воздухом, для чего ее помещают в специальную камеру с хорошей циркуляцией воздуха. Аналогичным способом с использованием теплого влажного воздуха, но путем непрерывного движения бобин с пряжей через машины, где распыляется горячая вода и пар, обрабатывается уточная пряжа, применяемая в автоматических ткацких станках для изготовления ткани.

В процессе вязания пряжа совершает быстрые и сложные движения, она должна быть ровной, гибкой, крепкой и не завиваться в петли, не должно возникать статического электричества, поэтому в помещениях вязания трикотажных полотен также необходимо поддерживать относительную влажность воздуха не ниже 60%.

Технология переработки шерстяного сырья, синтетических волокон подобных шерсти, таких как акрил, смеси натуральных и синтетических волокон (нитрон, капрон, вискоза, лавсан и т.д.), подобна технологии переработки хлопка, но имеет свои особенности, связанные с особенностями исходного сырья. В отличие от хлопка сырье шерсти имеет большее загрязнение, нерегулярную структуру, сальный налет. Сырье необходимо мыть с целью уменьшения содержания жира, повышения гигроскопичности и лучшего разделения волокон. Волокна шерсти имеют чешуйчатую структуру, часто естественную завивку, вследствие чего они больше сцеплены между собой и требуют особой обработки. Технология производства шерсти более сложная, чем хлопка. Шерсть, в отличие от хлопка и синтетических волокон, при ее обработке требует более высокого значения относительной влажности воздуха, особенно при ее прядении.

Шерстяные предприятия делятся на суконные и камвольные. В состав суконных фабрик входят следующие отделения: приготовительное, по переработке отходов, аппаратное, прядильное. В состав камвольных фабрик входят отделения: приготовительное, по переработке отходов, чесальное, ленточное, первое гребнечесальное, ровничное, второе гребнечесальное, прядильное. Кроме того, имеются участки, на которых производят карбонизацию, крашение, отжим и сушку сырья или ровницы. В ходе технологического процесса в производственные помещения поступают теплота и пыль, причем наибольшее количество пыли выделяется в приготовительном отделении, а теплоты — в аппаратных и прядильных цехах. В приготовительных отделениях и отделениях по переработке отходов используются системы пневмотранспорта волокна и отходов и аспирации машин. Рециркуляция воздуха, удаляемого этими системами, не допускается. В ленточных, ровничных, гребнечесальных и прядильных отделениях применяют системы местного увлажнения воздуха.

### *Практическое занятие №11*

11.1 Повышение энергетической эффективности СКВ методами восстановительной вентиляции

### 11.1 Повышение энергетической эффективности СКВ методами восстановительной вентиляции

Для реализации энергосберегающей технологии СКВ необходимо стремиться к ограничению производительности приточных систем минимально-неизбежными расходами приточного наружного воздуха  $L_{\text{пн(мин)}}$ , определяемыми санитарно-гигиеническими требованиями. Вычисленный по этим условиям минимально-неизбежный расход приточного наружного воздуха  $L_{\text{пн(мин)}}$  должен быть равен или несколько больше минимального расхода удаляемого воздуха  $L_{\text{у(мин)}}$ . Этим минимальным расходом воздуха может быть разбавлено следующее количество выделяющихся в воздух рабочей зоны помещения вредностей:

$$B_{\text{р(мин)}} = L_{\text{пн(мин)}} K_{LC} (C_{\text{пдв}} - C_{\text{н}}), \text{ мг/ч,}$$

где  $C_{\text{пдв}}$  — предельно допустимая концентрация вредностей в выбросном воздухе;

$C_{\text{н}}$  — содержание вредностей в приточном воздухе.

С помощью местных аппаратов для поглощения вредностей должно быть удержано следующее количество выделяющихся в воздух рабочей зоны вредностей:

$$B_{\text{р.мес}} = B_{\text{р}} - B_{\text{р(мин)}}, \text{ мг/ч.}$$

В зависимости от физических и механических особенностей вредностей подбираются аппараты, в состав которых входят средства для улавливания (очистки) воздуха рабочей зоны от рассматриваемой вредности. Очищенный в этих аппаратах воздух возвращается в помещения. Принцип глубокой очистки воздуха рабочей зоны от выделяющихся вредностей и возврат очищенного воздуха в помещения с содержанием вредностей не более, чем определено саннормами, будем называть «восстановительной вентиляцией». Применение методов восстановительной вентиляции позволяет выполнить условия реализации энергосберегающих технологий СКВ при минимизации расходов приточного наружного воздуха до  $L_{\text{пн(мин)}}$ .

На рынках имеется широкий выбор аппаратов для улавливания различных по своим физическим и механическим свойствам вредностей. Более десятка лет применяются очистительные аппараты для вентиляции мест проведения сварочных работ. На рисунке 11.1 представлена принципиальная схема очистительного агрегата для улавливания сварочных аэрозолей. Через местные приемные устройства, соединенные гибким шлангом с очистительным аппаратом, от работы вентилятора 1, встроенного в очистительный агрегат, сварочная аэрозоль (дым) засасывается к фильтру 2 грубой очистки. В фильтре грубой очистки 2 улавливаются крупные частицы окислов металлов и пыли размером более 5-10 мкм, содержащиеся в сварочной аэрозоли. Состав окислов металлов в сварочном дыме зависит от состава используемых при сварке электродов. Более мелкие частицы сварочного аэрозоля остаются в воздушном потоке и поступают в электрическое поле, создаваемое подачей на вертикальные коронирующие электроды 3 и 6 тока высокого напряжения 8 кВ от источника высокого напряжения 4. К источнику тока высокого напряжения 4 от однофазной сети подводится переменный электрический ток напряжением 220 В. В источнике 4 переменный ток выпрямляется и его напряжение повышается до двух значений: 8 кВ и 4 кВ.

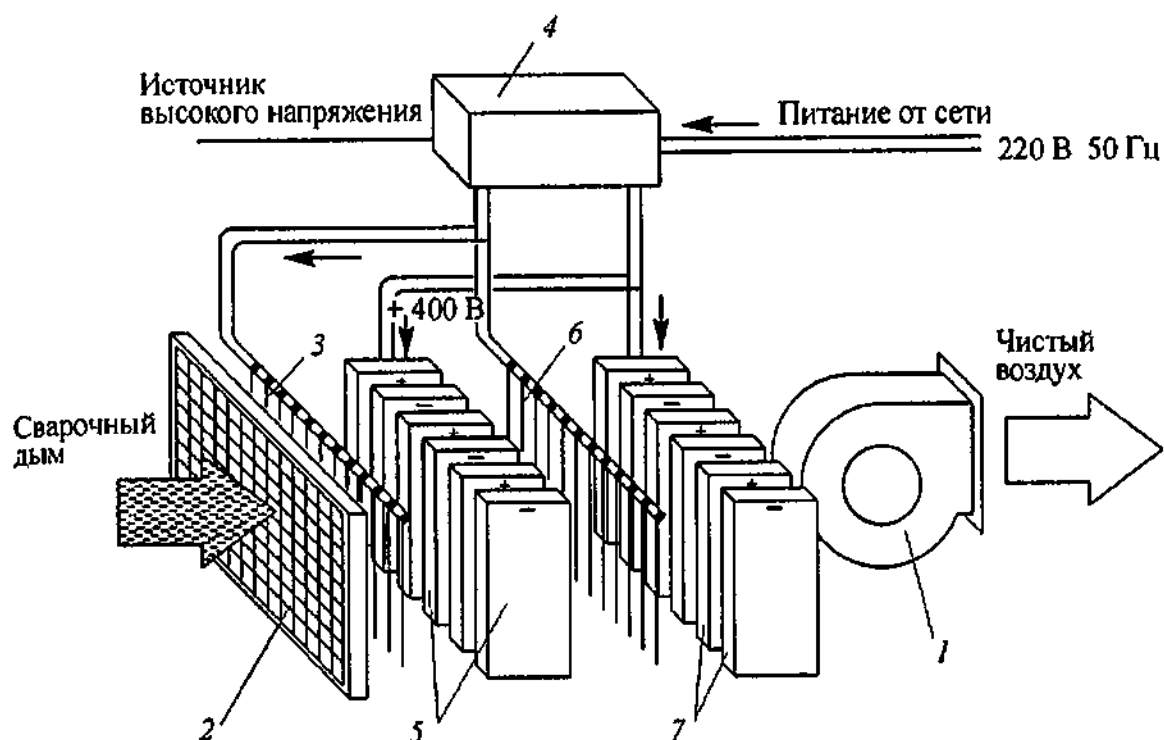


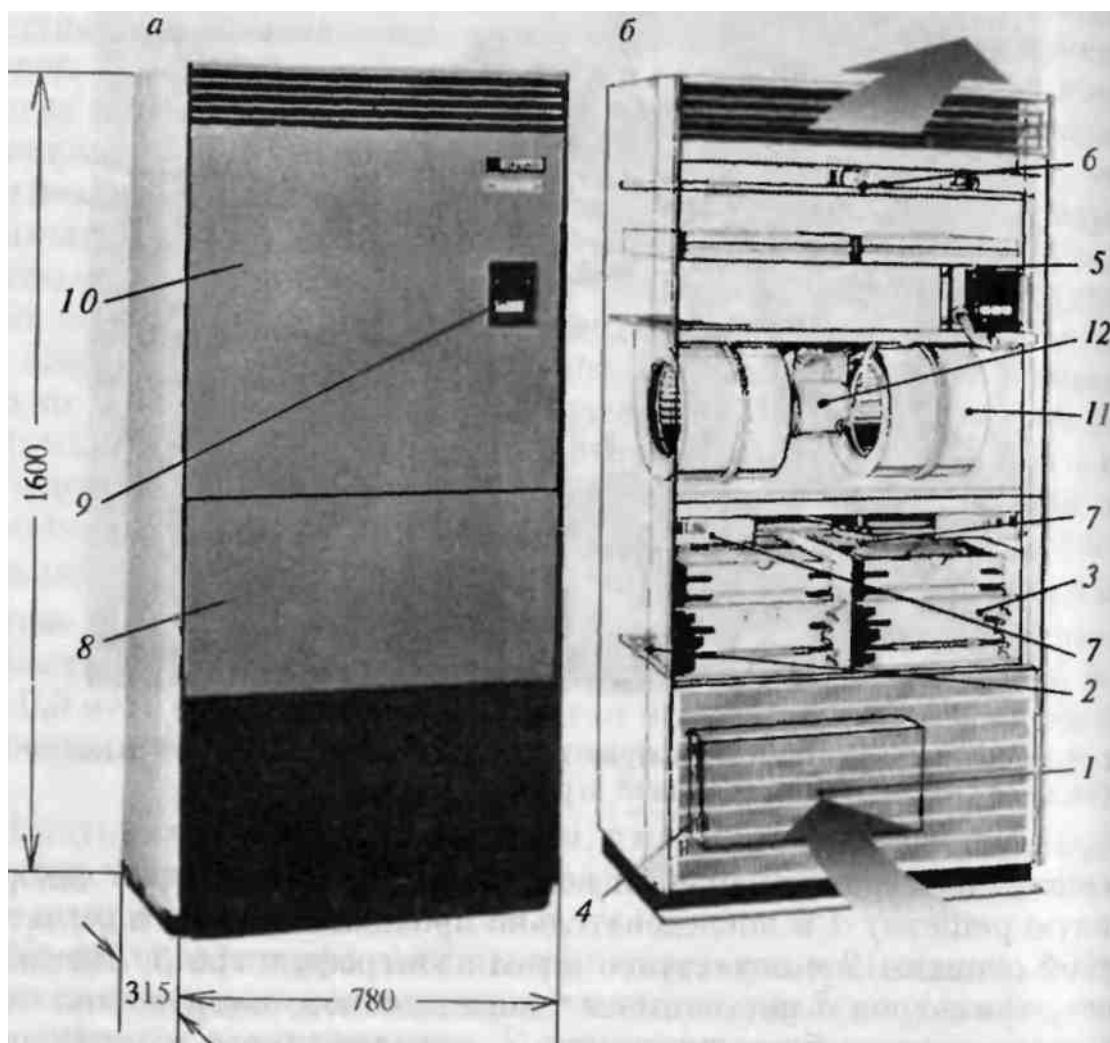
Рисунок 11.1 Принципиальная схема местного очистителя вытяжного воздуха от мест сварки

С напряжением постоянный электрический ток подается на вертикальные электроды 3 и 6, соответственно первой и второй ступеней тонкой очистки. Проходя через электрическое поле, создаваемое высоким напряжением на вертикальных электродах 3 и 6, частицы пыли получают положительный электрический заряд и далее с потоком воздуха поступают в осадительные камеры 5 и 7. Осадительные камеры первой 5 и второй 7 ступеней очистки состоят из пластин к которым от источника 4 подведено напряжение в 4 кВ с положительным зарядом. Пластины через одну имеют отрицательный заряд, что обуславливает притягивание к их поверхности положительно заряженных частиц, содержащихся в сварочном дыме. В первой осадительной камере 5 на пластинах с отрицательным зарядом оседают положительно заряженные частицы размером до 1-0 5мкм. На пластинах второй осадительной камеры 7 оседают положительно заряженные частицы размером до 0,3 мкм. Проведены испытания аппаратов очистки сварочного дыма, образованного от непрерывной часовой работы четырех сварщиков с разными по химическому составу электродами. Перед очистным агрегатом начальная запыленность сварочного дыма составляла  $30 \text{ мг/м}^3$ , а на выходе из агрегата воздух имел запыленность  $1,2 \text{ мг/м}^3$ . Средняя эффективность очистки фракции сварочного дыма размером более 0,3 мкм составила до 98%. Такая высокая очистка воздуха от сварочных аэрозолей позволяет очищенный воздух возвращать в цех.

Натурные наблюдения показали, что работа очистительных аппаратов позволяет поддерживать в рабочей зоне цеха концентрацию пыли ниже ПДК.

На рисунке 11.2 показан очистительный агрегат, устанавливаемый в помещениях административно-общественных зданиях, где разрешено курение. По санитарным нормам в помещениях, где разрешено курение, необходимо подавать повышенные нормы

приточного наружного воздуха на одного человека  $150\text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{чел})$ . Для избежания повышенной производительности приточных систем в помещении устанавливаются агрегаты по принципиальной схеме на рисунке 11.2 б.



а) внешний вид; б) конструктивная схема

Рисунок 11.2 Агрегат тонкой очистки воздуха в помещениях общественных зданий

Особенностью агрегата является наличие в очистительном агрегате по схеме на рисунке 11.2 четвертой заключительной степени гонкой очистки в фильтре 5, конструктивно выполненном в форме кассет, заполненными полотнами из ткани с угольными волокнами. Активированный уголь и угольные волокна являются высокоэффективными поглотителями различных вредных газов. Испытания показали, что к числу улавливаемых в фильтре 5 вредных газов относятся табачный дым, запах пота, окислы серы даже болезнетворные бактерии (например, бактерии гриппа) В сорбционном фильтре 5 улавливаются аэрозольные частицы размером  $0,01\text{ мкм}$ , что обеспечивает практически чистый воздух. Благодаря насыщению воздуха легкими отрицательными ионами обеспечивается придание воздуху свежести воздушной атмосферы горных курортов и морского побережья.

Перемещение воздуха через очистительный агрегат обеспечивается от работы двух радиальных вентиляторов двухстороннего всасывания 11, приводимых во вращение от

однофазного малошумного электродвигателя 12 мощностью 60 Вт. Для обеспечения безопасной работы в агрегате установлены блокирующие выключатели 7, контролирующие положение открывающейся нижней дверцы, обеспечивающей доступ для ревизии электрофильтров 3. при открывании дверцы 8 выключатели прекращают подачу тока высокого напряжения к электрофильтрам 3.

Контроль за работой очистительного агрегата осуществляется «г панели 9 через дверцу 10. На панели 9 предусмотрен ручной пускатель и две контрольные лампочки. При включении очистительного агрегата загорается лампочка зеленого цвета. При накоплении пыли на осадительных пластинах электрофильтров 3 загорается красная лампочка, сигнализирующая о необходимости остановки агрегата и промывки осадительных пластин электрофильтров 3. Фильтр грубой очистки 2 промывается по мере его запыления. что устанавливается опытом эксплуатации в конкретных условиях (обычно раз в месяц). Фильтр сорбционный очистки 5 по мере накопления в нем вредностей восстанавливается путем заполнения кассет новыми полотнами из угольной ткани (обычно через 3-4 месяца применения).

Показанный на рисунке 7.4 очистительный агрегат потребляет в час 180 Вт электроэнергии и обслуживает помещение площадью до 80 м<sup>2</sup>. Масса агрегата 90 кг. В настоящее время на рынке имеется большой выбор различного конструктивного и внешнего оформления очистительных аппаратов для различных помещений. Начиная от жилых комнат, для которых разработаны и выпускаются переносные массой 1-2 кг агрегатные фильтры круглой и прямоугольной формы. Для промышленных зданий выпускаются как стационарные (например, монтируемые на стене), так и передвижные с гибкими или телескопическими шлангами с заборными устройствами, располагаемыми над местами выделения вредностей. Рекомендуются расширять области применения очистительных агрегатов, позволяющих сократить вентиляционные выбросы в атмосферу и, тем самым, способствовать охране воздушной среды и снижению расхода топливно-энергетических ресурсов на функционирование систем вентиляции и кондиционирования воздуха

## 12.1 Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фанкойлами

### 12.1 Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фанкойлами

Системы с чиллерами и фанкойлами позволяют обеспечить независимое регулирование температуры воздуха одновременно в большом количестве помещений (многозонально) например, в гостиницах, офисах и т.д.

Применяются фанкойлы и при создании определенных параметров климата в помещениях с большим объемом, например торговых залах для равномерного распределения потоков охлажденного воздуха в ТП или нагретого в ХП. В г. Туле системой КВ с чиллерами и фанкойлами оснащены здания «Тулателекама», «Гостиного двора».

Фанкойл- (fan – вентилятор, coil – теплообменник, можно встретить и название фэнкойл) – агрегат, установленный в помещении, включающий: вентилятор, теплообменник (или два), фильтр для очистки воздуха и пульт управления (рисунок 12.1)



Рис. 12.1 Конструкция фанкойла

К теплообменнику подводится по трубопроводам холодная вода (с температурой выше 5°) от источника холодоснабжения. Воздух из помещения вентилятором подается к охлаждающей поверхности – таким образом, работает фанкойл в ТП. В холодный период года, если нет системы центрального отопления, он может работать как нагревательный прибор., для этого в фанкойл должен входить теплообменник, подключенный трубопроводами к источнику теплоснабжения (рисунок 12.2). Поэтому фанкойлы бывают двухтрубными или четырехтрубными. При охлаждении внутреннего рециркуляционного воздуха возникает конденсация водяных паров, поэтому фанкойл имеет третью (или пятую) трубу для дренажа конденсата. Фанкойлы устанавливаются в помещении под окном, на стене, под потолком – в зависимости от модификации типа.

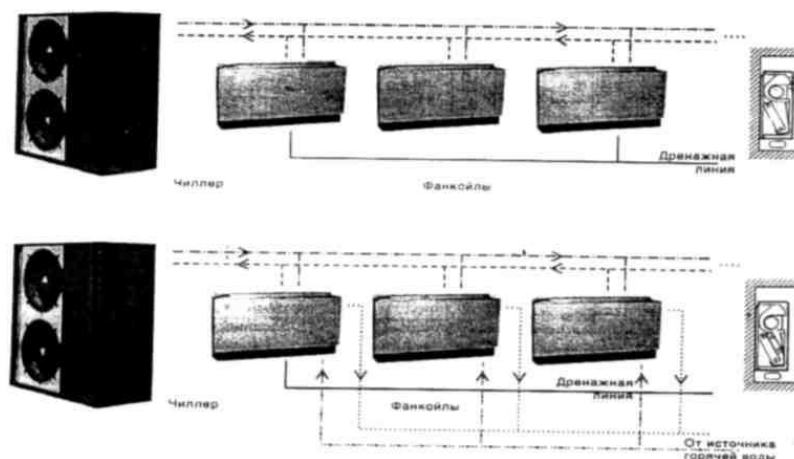


Рис. 12.2 Схема подключения фанкойлов

Чиллер (водоохлаждающая холодильная машина) – является источником холода. Он включает в себя: компрессор, конденсатор, испаритель и встроенную гидравлическую группу. Чиллеры чаще всего с воздушным охлаждением конденсатора, поэтому устанавливаются вне помещения, на крыше здания, на чердаке, во дворе. При водяном охлаждении конденсатора – внутри здания, или снаружи при условии использования в теплый период года.

Чиллеры серии WRAT предназначены для работы только в режиме охлаждения и имеют мощность до 1346 кВт. Чиллеры серии WRAN предназначены для работы как в режиме охлаждения, так и в режиме теплового насоса, и имеют мощность до 709 кВт. Работа в режиме теплового насоса чиллеров серии WRAN обеспечивается реверсированием холодильного цикла. Чиллеры серии WRAT-P и WRAN-P имеют встроенную насосную группу (циркуляционный насос, расширительный бак, предохранительный клапан, дифференциальное реле по давлению и пр.) Чиллеры серии WRAT-A и WRAN-A имеют встроенную насосную группу и аккумулялирующий бак. Внешний вид и основные характеристики чиллеров с осевыми вентиляторами серии WRAN и WRAT мощностью до 20 кВт.

Фанкойлы с чиллерами охлаждают воздух помещения, но не обеспечивают помещение свежим наружным воздухом для дыхания людей. Поэтому системы СКВ с чиллерами и фанкойлами включают в себя центральную установку кондиционирования воздуха, с минимальной производительностью по воздуху равной расходу наружного воздуха, принятого из расчета минимального по 1 человека в соответствии с СП.

Центральный кондиционер включает функциональные блоки: воздушный клапан, фильтр, воздухонагреватель (для ХП), поверхностный воздухоохладитель, в который от чиллера подается холодная вода, вентилятор и шумоглушитель. Кондиционер может быть во «внутреннем исполнении» и в «наружном». В последнем случае он устанавливается не на этаже, а на чердаке или на крыше.<sup>1</sup>

Система воздухопроводов и воздухораспределения устройства (решетки, диффузоры) могут быть использованы как в системе центрального КВ или системе со сплит-кондиционерами.

Число фанкойлов в помещении определяется из условия равномерности распределения холодных или нагретых потоков воздуха. Подбирается типоразмер



фанкойла по требуемой холодопроизводительности фанкойла (при известной общей суммарной холодопроизводительности).

В отличие от второго варианта КВ приточный воздух не вносит дополнительное тепло к имеющим место в помещении тепловыделениям, а напротив, охлажденный в кондиционере воздух, ассимилирует часть избытков тепла.

Известно, что в поверхностный ВО кондиционера холодная вода подается обычно с  $t_{wh}=7^{\circ}\text{C}$ , чтобы вода в процессе охлаждения воздуха не нагревалась слишком интенсивно, ее подают много так, чтобы  $t_{wk}=t_{wh}+6\dots 10^{\circ}\text{C}$ . Тогда средняя температура поверхности ВО в кондиционере или теплообменнике в фанкойле равная  $t_f=t_{wh}+3\dots 5^{\circ}\text{C}$ . Если на I-d диаграмме точку соответствующую этой температуре на  $\phi=100\%$  соединить с точкой Н', то получим процесс охлаждения воздуха в поверхностном ВО. Его конечное состояние, определяемое  $\phi_k$ , зависит от начального значения  $\phi_n$  наружного воздуха. Согласно рекомендациям [8] можно принимать  $\phi_k=88\%$  при  $\phi_n<45\%$ ,  $\phi_k=92\%$  при  $45\%<\phi_n<70\%$  и  $\phi_k=98\%$  при  $\phi_n>70\%$ .

На пересечении  $\phi_k$  и линии процесса охлаждения на I-d диаграмме отмечаем точку К, соответствующую фактическому конечному состоянию воздуха после охлаждения в поверхностном воздухоохладителе. Если из точки К при  $d_k=\text{const}$  подняться на  $1^{\circ}\text{C}$ , то получим точку П, соответствующую параметрам приточного от кондиционера воздуха ( $t_p, d_p, I_p$ ) в ТП.

Количество тепла, которое воспримет приточный воздух в помещении равно:

$$\text{по полному: } Q_{кт}^{\text{п}}=G_{\text{н мин}}\cdot(I_{\text{в}}-I_{\text{п}})/3,6 \text{ Вт} \quad (12.1)$$

$$\text{по явному: } Q_{кт}^{\text{я}}=G_{\text{н мин}}\cdot c\cdot(t_{\text{в}}-t_{\text{п}})/3,6, \text{ Вт} \quad (12.2)$$

тогда, если из значения избытков тепла в помещении ( $Q_1+Q_2+Q_3$ , определенное во втором варианте) вычесть  $Q_{кт}^{\text{я}}$  или  $Q_{кт}^{\text{п}}$ , получим суммарную требуемую холодопроизводительность фанкойлов в помещении. Холодопроизводительность одного фанкойла  $Q_{\text{ф}}(\text{Вт})$

$$Q_{\text{ф}}=[Q_1+Q_2+Q_3 - G_{\text{н мин}}\cdot(I_{\text{в}}-I_{\text{п}})/3,6]/n \quad (12.3)$$

Холодопроизводительность чиллера должна быть равна суммарным теплоизбыткам во всех кондиционируемых помещениях, увеличенную на  $Q_{\text{доп}}$  потребность в холоде для охлаждения приточного воздуха от состояния наружной точки Н ( $I_{\text{н}}, t_{\text{н}}$ ), до приточной точки П ( $I_{\text{п}}, t_{\text{п}}$ )

$$Q_4=\Sigma(Q_1+Q_2+Q_3) + \Sigma G_{\text{н мин}}(I_{\text{н}}-I_{\text{п}})/3,6, \text{ Вт} \quad (12.4)$$

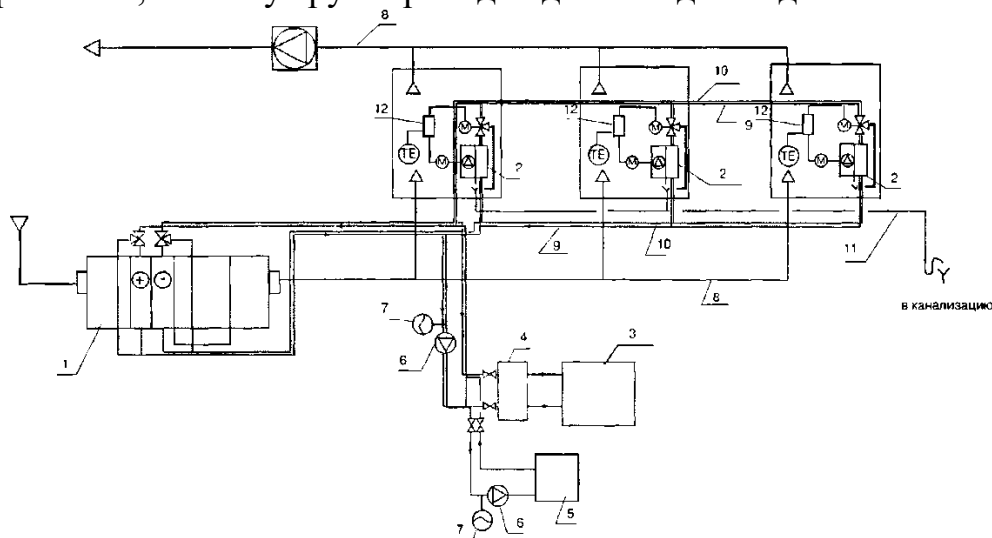
По этой холодопроизводительности подбирается чиллер.

В настоящее время в практике создания определенных микроклиматических параметров известны многочисленные варианты современных СКВ с использованием различных типов оборудования. Примеры таких систем даны в книге, посвященной теории и практике систем В и КВ [13]. Два из них в частности представляют интерес с позиций возможности применения их при разработке варианта СКВ с чиллером и фанкойлами в курсовом проекте по кондиционированию воздуха в жилых, общественных и административно-бытовых зданиях.

## 13.1 Состав и принцип работы и преимущества СКВ с чиллерами и фанкойлами.

### 13.1 Состав и принцип работы и преимущества СКВ с чиллерами и фанкойлами

Система кондиционирования воздуха с чиллерами и фанкойлами (рисунок 13.1) включает в себя центральную установку кондиционирования воздуха 1, обеспечивающую обработку первичного воздуха, местные агрегаты 2 — фанкойлы, устанавливаемые в помещениях, источник холода 3 — чиллер, охлаждающий воду, поступающую в теплообменники фанкойлов в теплый период года, насосную станцию 4, обеспечивающую циркуляцию холодоносителя в системе трубопроводов и необходимый гидравлический режим, источник теплоты 5 — котел, циркуляционные насосы 6 и мембранные расширительные баки 7 в соответствующих контурах циркуляции, систему воздухопроводов 8, по которым первичный воздух поступает в помещения, систему трубопроводов 9, 10, по которым циркулирует тепло-холодоноситель, регулирующие устройства 12, систему управления, систему трубопроводов для отвода конденсата 11.



- 1 — центральный кондиционер; 2 — фанкойлы; 3 — чиллер; 4 — насосная станция;  
 5 — котел; 6 — циркуляционный насос; 7 — мембранный расширительный бак,  
 8 — воздухопроводы; 9 — трубопроводы отопления; 10 — трубопроводы охлаждения;  
 11 — дренажные трубопроводы; 12 — блок управления фанкойлом

Рисунок 13.1. Принципиальная схема водовоздушной СКВ с чиллером и фанкойлами

Набор функциональных блоков центрального кондиционера, в которых последовательно обрабатывается воздух в центральном кондиционере, определяется на основе построения процессов изменения состояния воздуха на I-d диаграмме и зависит от климатических данных района строительства.

Первичный воздух по сети воздухопроводов может смешиваться с рециркуляционным воздухом в фанкойле, если его конструкция предусматривает смешение наружного и рециркуляционного воздуха. Возможность смешивания воздуха из помещения с первичным воздухом позволяет использовать первичный воздух, имеющий очень низкую температуру (7—10 °С), избегая при этом проблем с равномерным распределением по помещению малого количества охлажденного или нагретого воздуха.

Фанкойл — агрегат, включающий: вентилятор, теплообменник, фильтр для очистки воздуха и пульт управления. Фанкойлы устанавливаются в помещении под окном, на стене, под потолком, в потолке в зависимости от модификации и типа. В фанкойле вторичный воздух, или смесь первичного и рециркуляционного воздуха в зависимости от периода года охлаждается или нагревается в теплообменнике. К фанкойлам по системе трубопроводов подводится холодная вода в теплый период года или горячая вода в переходный или холодный период года. Если система кондиционирования воздуха устраивается в реконструируемом здании, где имеется система отопления, то фанкойлы работают в режиме охлаждения в теплый период и нагрева в переходный период.

Источником холода в теплый период года служит водоохлаждающая холодильная машина — чиллер. Холодильная машина с реверсированием холодильного цикла работает как тепловой насос и может быть источником теплоты в переходный период, а также при особых условиях эксплуатации в холодный период. Чиллер в зависимости от типа, определяемого способом охлаждения конденсатора, устанавливается вне здания: на крыше, во дворе, или внутри здания.

Циркуляцию холодоносителя, обеспечивает гидромодуль или насосная станция, включающая циркуляционные насосы, баки, запорную, регулирующую и предохранительную арматуру, устройства автоматического регулирования.

Источником теплоты в пиковом режиме служит котел или система централизованного теплоснабжения. Циркуляция тепло-холодоносителя в каждом замкнутом циркуляционном контуре трубопроводов осуществляется с помощью циркуляционных насосов.

Поддержание заданной температуры воздуха в каждом помещении, надежное функционирование системы обеспечивает единая система управления, включающая систему управления центральным кондиционером, чиллером и фанкойлами. Предусмотрено две ступени регулирования: централизованное поддержание на заданном уровне температуры приточного воздуха в центральном кондиционере, температуры воды в системе тепло-холодоснабжения (чиллер), местное поддержание заданной температуры воздуха в каждом конкретном помещении (фанкойл). В соответствии с заданной температурой воздуха в помещении изменяется скорость вращения вентилятора фанкойла (низкая, средняя, высокая) и расход теплоносителя через теплообменник с помощью регулирующих клапанов на трубопроводах холодо теплоносителя.

При охлаждении воздуха в теплообменнике фанкойла ниже температуры точки росы происходит выпадение конденсата на поверхности, который собирается в поддоне фанкойла. Через специальный патрубок конденсат следует отводить дренажными трубопроводами за пределы помещения. Целесообразно предусматривать централизованное удаление конденсата. В здании устраивается система дренажных трубопроводов с окончательным удалением конденсата в канализационную сеть.

*Преимущества СКВ с чиллерами и фанкойлами*

Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фанкойлами не только являются воплощением наиболее удачного технического решения многозональной системы кондиционирования воздуха, но и имеют целый ряд преимуществ перед остальными системами кондиционирования воздуха, отвечая в полной мере тем требованиям, которые предъявляются к этим системам (таблица 13.1).

Преимущество систем с чиллерами и фанкойлами могут быть наглядно проиллюстрированы на примерах их использования в зданиях различного назначения.

Таблица 13.1. Преимущества СКВ с чиллерами и фанкойлами

| Требования, предъявляемые к СКВ   | Преимущества СКВ с чиллерами и фанкойлами  |
|---|--|
| Санитарно-гигиенические   | Круглогодичное автоматическое поддержание заданных параметров воздуха в каждом помещении здания одновременно при изменении нагрузки на СКВ   |
| Экономические (эксплуатационные и инвестиционные расходы)   | Экономия электрической, тепловой энергии и топлива, экономия отдельных статей капитальных затрат на систему обеспечения микроклимата здания  |
| Производственно-монтажные (в том числе сроки строительства)                                       | Отсутствие ограничений по взаимному расположению чиллера и фанкойлов, количеству фанкойлов, объединенных в одну общую систему, длине трубопроводов, возможность поэтапного ввода системы в эксплуатацию и наращивания мощности |
| Эксплуатационные (гибкость работы, техническое обслуживание)                                      | Гибкое местное регулирование тепловой и холодильной мощности фанкойлов, централизованное управление чиллером, центральным кондиционером, аккумулирование холода  |
| Экологические   | Безвредный холодоноситель, снижение общего и теплового загрязнения окружающей среды  |
| Строительные (площадь, занимаемая оборудованием, высота помещений, гибкость планировки помещений) | Чиллер может быть установлен за пределами здания: на крыше, во дворе, максимальное использование полезной площади помещений (фанкойлы - в подшивном потолке)   |
| Акустические  | Специальное малошумное исполнение чиллера, снижение уровня звуковой мощности вентилятора фанкойла при регулировании его скорости вращения  |

### *Практическое занятие №14*

14.1 Круглогодичное автоматическое поддержание заданных параметров воздуха в каждом помещении здания при изменении нагрузки на СКВ.

#### **14.1 Круглогодичное автоматическое поддержание заданных параметров воздуха в каждом помещении здания при изменении нагрузки на СКВ**

В режиме охлаждения заданные параметры воздуха в помещении поддерживаются автоматически системой управления фанкойлов в каждом помещении изменением скорости вращения вентилятора фанкойла и расхода холодоносителя через фанкойл.

Наличие водяного контура в СКВ и местных агрегатов-фанкойлов в каждом помещении дает возможность использовать систему также и для отопления помещений.

В странах Европы системы с вентиляторными, доводчиками, работающими также и в режиме отопления, получили широкое распространение. Нельзя согласиться с утверждением, что вентиляторные доводчики могут успешно заменить отопительные приборы только в условиях мягких зим, которые характерны для стран Европы из-за того, что при поломке вентилятора фанкойла или неисправности электродвигателя теплопроизводительность фанкойла снижается, и ее может быть недостаточно для суровых зим в России. Для повышения надежности работы СКВ с чиллерами и фанкойлами в условиях России следует предусматривать установку в помещении как минимум двух фанкойлов вместо одного той же мощности с целью резервирования, размещая их равномерно под окнами у наружных ограждений. В переходный период источником теплоты в такой системе может быть чиллер, работающий в режиме теплового насоса, в зимнее время — котел или тепловая сеть.

В зависимости от назначения помещений здания требуемые режимы охлаждения или отопления могут не совпадать во времени. Вид режима определяется периодом года, расположением помещения в здании, особенностями технологического процесса. Обычно в гражданских зданиях помещения незначительно отличаются по своему функциональному назначению и возникает необходимость одновременного охлаждения всех помещений в здании в теплый период и отопления в холодный период, только в переходный период в короткие промежутки времени может понадобиться одновременное охлаждение одних помещений и отопление других. Для таких зданий применяется двухтрубная система, как более дешевая и фанкойлы с одноконтурным теплообменником. Переключение режима работы системы осуществляется вручную или автоматически с помощью клапанов на магистральных трубопроводах от источника теплоты и чиллера. Поддержание заданной температуры в помещении в режиме обогрева осуществляется также как и в режиме охлаждения.

Преимущества отопления фанкойлами перед традиционной системой отопления в возможности быстрого прогрева помещения при работе вентилятора с максимальной скоростью вращения двигателя, быстрое перемешивание воздуха в помещении, что создает равномерное поле температур в помещении и способствует тепловому комфорту, быстрое охлаждение помещения при отключении системы в случае необходимости, таким образом достигается высокая гибкость регулирования по сравнению с

традиционными системами отопления. Отопление помещений в нерабочие часы может осуществляться в режиме естественной конвекции. Недостаток — шум, создаваемый при работе вентилятора фанкойла и потребление электроэнергии вентилятором. Незначительные затраты электроэнергии окупаются за счет более гибкого регулирования тепловой мощности, отсутствия перегрева в переходный период и перерасхода теплоты на отопление помещений.

Системой с чиллерами и фанкойлами могут быть оборудованы многоквартирные жилые дома (коттеджи), многокомнатные офисные здания, здания банков, учебных и лечебных учреждений. В России уже есть опыт оборудования зданий системами с чиллерами и фанкойлами, работающими так же и в режиме отопления.

На рисунке 14.1. приведен пример СКВ с чиллером и фанкойлами для банка, которая может работать в режиме одновременного охлаждения всех помещений здания или в режиме отопления.

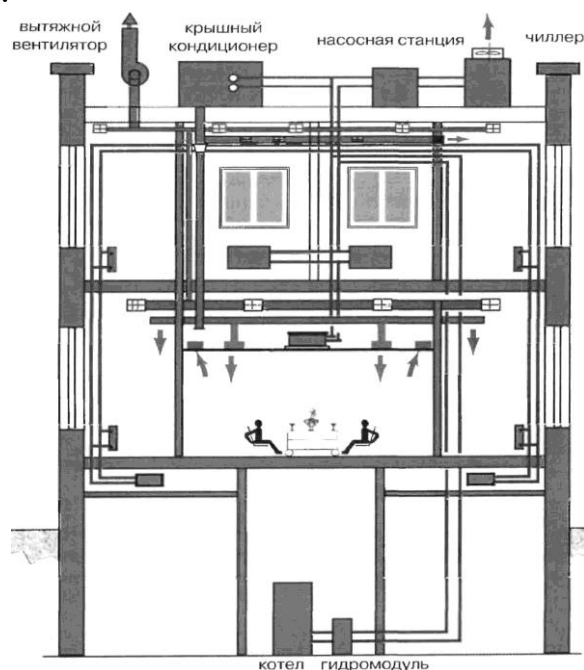


Рисунок 14.1. Система кондиционирования воздуха с чиллером и фанкойлами банка (двухтрубная система с переключением режимов отопления/охлаждение)

В здании предусмотрена центральная система кондиционирования воздуха, производительность которой определена из условия подачи минимального количества наружного воздуха на одного человека в зависимости от продолжительности пребывания людей в помещении. Функциональная схема обработки воздуха в центральном кондиционере предполагает его очистку в фильтрах, нагревание и увлажнение зимой, охлаждение и осушку летом. Возможно и необходимо включение в схему теплообменника рекуператора для нагревания наружного воздуха за счет теплоты воздуха, удаляемого из помещений. Кондиционер устанавливается на крыше здания, подает обработанный воздух в помещения первого и второго этажа через систему воздуховодов и воздухораспределители в помещения. Удаление воздуха предусмотрено системой вытяжной вентиляции.

Подача и удаление воздуха в помещения подвала (хранилища ценностей) осуществляется самостоятельными приточно-вытяжными системами.

В помещениях банка устанавливаются фанкойлы:

- в подвальных помещениях — горизонтальные без корпуса в подшивном потолке;
- в помещениях первого и второго этажа — под окнами напольные конвекторы в корпусе;
- в VIP зоне операционного зала — под потолком кассетные. Фанкойлы охлаждают или нагревают рециркуляционный воздух в помещениях. Одноконтурные теплообменники фанкойлов подключаются к системе трубопроводов по двухтрубной схеме. На подводках устанавливаются трехходовые регулирующие клапаны с двухпозиционным регулированием (открыто/закрыто), которые перекрывают проход теплоносителя через теплообменник фанкойла при достижении заданной температуры в помещении и невозможности дальнейшего ее изменения регулированием скорости вращения вентилятора. В рабочем положении при необходимости нагрева или охлаждения помещения клапаны открыты.

Источник холода для воздухоохладителей центрального кондиционера и фанкойлов — чиллер, работающий только на охлаждение. Параметры воды в системе холодоснабжения 7-12°C, они определяются температурными условиями работы чиллера, и диктуют определенный расход воды в гидравлической сети трубопроводов. Циркуляцию обеспечивает насосная станция (гидравлический модуль), которая устанавливается в подвале.

В банке есть отдельные помещения, где требуется постоянное охлаждение воздуха даже в зимнее время, например серверные. Если таких помещений мало (одно-два), то более экономичным будет установка шкафных кондиционеров или простых бытовых сплит-кондиционеров, работающих круглогодично, непосредственно в этих помещениях.

Источник теплоты — собственный котел, который может быть установлен на крыше, в специально отведенном помещении подвала или первого этажа. Параметры теплоносителя в режиме отопления СКВ с чиллерами и фанкойлами отличаются от параметров теплоносителя в традиционных среднетемпературных системах отопления. Значения и перепад температур обычно ниже, они определяются гидравлическим режимом работы контура трубопроводов, общим для отопления и охлаждения, тепловой нагрузкой на фанкойл с площадью поверхности теплообменника, подобранной по нагрузке охлаждения, условиями надежной эксплуатации котла. В связи со сложностью увязки теплового и гидравлического режима для отопления и охлаждения целесообразно подключать источник теплоты: котел или тепловую сеть через промежуточный теплообменник, разделяя гидравлические контуры.

В переходный период может потребоваться в одних помещениях охлаждение, в других — отопление, обычно для помещений, выходящих на разные фасады здания. Для раздельного снабжения фасадов теплой и холодной водой предусматривают пофасадное зонирование трубопроводов в зданиях с четко разграниченными фасадами при отсутствии резких различий в тепловых нагрузках на одном фасаде. Пофасадное зонирование двухтрубной системы тепло-холодоснабжения дает возможность в переходный период работать системе одновременно в двух режимах: охлаждения и отопления, обеспечивая комфортные условия во всех помещениях здания. В этом случае потребуются

насосы с регулируемым расходом воды в каждом контуре циркуляции, система автоматического пофасадного регулирования. Преимуществом двухтрубной системы является снижение капитальных затрат на трубопроводы, запорно-регулирующую арматуру, затрат на монтаж системы по сравнению с четырехтрубной системой, применение таких систем особенно удобно при реконструкции здания, когда существует сложность прокладки трубопроводов, размещения арматуры в существующем здании. К недостаткам системы следует отнести необходимость переключения режимов работы системы, потребность в дополнительном оборудовании (промежуточный теплообменник, насосы с регулируемым расходом и т.д.), более сложная система автоматического регулирования.

При технологическом кондиционировании воздуха, когда нагрузка на систему кондиционирования воздуха в отдельных помещениях значительно отличается по величине и по знаку, в особых случаях при комфортном кондиционировании, следует применять четырехтрубную систему теплохолодоснабжения. Наличие двух контуров отопления и охлаждения дает возможность поддерживать одновременно в каждом помещении здания независимо от времени года заданные параметры микроклимата.

Примером таких зданий могут быть здания многофункционального назначения телекоммуникационных служб, когда в одном здании размещаются административные помещения, сервисные службы по работе с клиентами, а также технологические помещения: автовокзалы, серверные, кросс и т.д., требующие круглогодичного охлаждения помещений; производственные многозональные здания с большим количеством помещений, отличающихся по нагрузке на систему кондиционирования воздуха, например цеха готовых лекарственных средств в фармацевтическом производстве, гостиницы с очень высоким уровнем требований к комфорту.

В четырехтрубных системах фанкойлы могут быть с одноконтурным теплообменником или двухконтурным. При одноконтурном теплообменнике устанавливаются два трехходовых или четырехходовых регулирующих клапана на трубопроводах холодной и горячей воды, управляемые от датчика температуры воздуха в помещении, подключаемые к соответствующим контурам циркуляции. При двухконтурном теплообменнике один контур теплообменника, обычно с большей поверхностью нагрева, подключается к двухтрубному контуру холодной воды с установкой трехходового клапана, второй — к двухтрубному контуру горячей воды, также с установкой клапана.

На рисунке 14.2. дан пример четырехтрубной системы для трехэтажного здания, где размещаются несколько изолированных помещений цеха готовых лекарственных средств.

Чистые помещения создаются в объеме производственной площади здания путем выгораживания специальными модульными перегородками внутренних помещений, в которых обеспечивается и поддерживается требуемый класс чистоты, с целью сокращения производительности центральной системы кондиционирования воздуха.



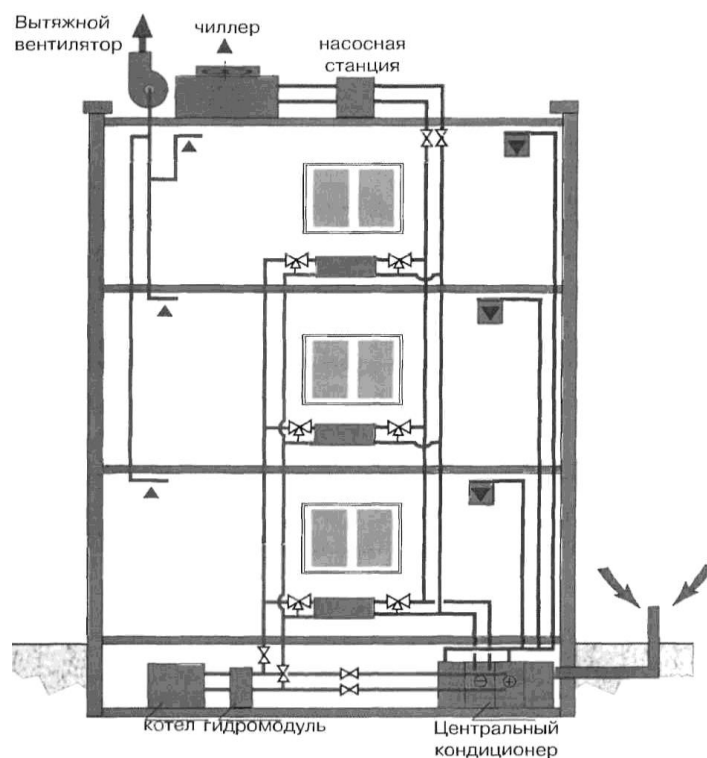


Рисунок 14.2. Система кондиционирования воздуха с чиллером и фанкойлами цеха готовых лекарственных средств (четырёхтрубная)

Центральный кондиционер подает в помещения обработанный наружный воздух (3 степени очистки, нагревание, увлажнение, охлаждение, осушка) в размере минимального воздухообмена, определяемого технологическими вытяжками. Целесообразно не предусматривать централизованной очистки смеси рециркуляционного и обработанного наружного воздуха, а осуществлять местную очистку рециркуляционного воздуха, который затем подавать в камеры перед фильтрами тонкой очистки вместе с обработанным наружным воздухом. В периметральной зоне здания установлены фанкойлы под окнами с двухконтурными теплообменниками. Источником холода в контуре циркуляции незамерзающего раствора (пропиленгликоль) с параметрами 7–12°C является чиллер с воздушным охлаждением конденсатора и осевым вентилятором. Чиллер с гидромодулем установлен на крыше здания, что дает возможность экономить производственную площадь. Источником теплоты в контуре циркуляции горячей воды — собственная миникотельная. Необходимость в промежуточном теплообменнике контура нагревания отсутствует, так как контуры отопления и охлаждения независимы друг от друга. Все оборудование: центральный кондиционер, котлы, насосы устанавливаются в подвальном помещении.

При отсутствии в здании собственной котельной независимо от выбранной схемы трубопроводов тепло-холодоснабжения, когда источником теплоты является тепловая сеть, в переходный период может наблюдаться дефицит теплоты в помещениях и дискомфорт. В этом случае в качестве источника теплоты и холода целесообразно применить чиллер, работающий в режиме теплового насоса с реверсированием холодильного цикла. Параметры воды в этом режиме должны быть как можно ниже (45–35 °C). В этом случае в контуре горячей воды необходим промежуточный теплообменник.

## ***Практическое занятие №15***

### **15.1 Экономия электрической энергии при эксплуатации СКВ**

#### **15.1 Экономия электрической энергии при эксплуатации СКВ**

Применение СКВ с чиллерами и фанкойлами дает возможность снизить общее потребление электроэнергии системой обеспечения микроклимата. Одной из принципиальных особенностей таких систем является подача в помещение минимально необходимого расхода наружного воздуха и ассимилирование избытков теплоты местными агрегатами-фанкойлами. Мощность и энергопотребление вентиляторов оказывает значительное влияние на энергоэффективность системы в целом. Потребление электроэнергии складывается из мощностей, потребляемой вентилятором центральной СКВ и вентиляторами фанкойлов. В прямоточных системах кондиционирования воздуха расчетный расход воздуха (максимальная производительность) определяется по избыткам теплоты в помещении, что значительно превышает минимально необходимый расход наружного воздуха. Применение централизованной рециркуляции дает возможность уменьшить расходы холода и теплоты, но не влияет на потребление электроэнергии системой. В центральных системах с переменным расходом воздуха, в двухканальных системах не удастся довести расход приточного воздуха до его минимально необходимых значений.

Теоретически снижение потребляемой мощности вентилятором при изменении расхода пропорционально отношению фактического расхода воздуха к максимальному расходу при полной нагрузке в кубе. Практически в системах с переменным расходом воздуха в процессе регулирования изменяется характеристика сети при дросселировании, к.п.д вентилятора и привода, за счет чего сокращение энергопотребления будет меньше, чем теоретическое. Сокращение расхода в два раза доведет энергопотребление до 12,5% от максимального значения. Steve Kavanaugh провел сравнение трех вариантов систем кондиционирования воздуха одинаковой охлаждающей мощности 1760 кВт:

- центральная система с переменным расходом, рециркуляционными вентиляторами, концевыми устройствами с переменным расходом воздуха и вентиляторами (снижение энергопотребления до 57% от максимального значения при уменьшении расхода воздуха до 30% от его полной нагрузки);
- центральная система с переменным расходом меньшей потребляемой мощности за счет уменьшения напора, рециркуляционными вентиляторами, без вентиляторов в концевых устройствах (снижение энергопотребления до 22% от максимального значения при уменьшении расхода воздуха до 30% от его полной нагрузки);
- система с местными вентиляторными доводчиками без централизованного притока (расход воздуха минимально необходимый).

Сравнение показало, что первая система потребляет наибольшее количество энергии, повышение эффективности системы возможно путем уменьшения мощности вентилятора центральной системы и отказа от вентиляторов концевых устройств (вторая система), наилучшие показатели энергопотребления у третьей системы. Это дости-

гается благодаря отсутствию энергопотребления центральной системой, рециркуляционными вентиляторами, несмотря на низкий к.п.д. небольших вентиляторов фанкойлов.

В системе кондиционирования воздуха с эжекционными доводчиками, производительность которой обычно близка к минимально необходимому расходу наружного воздуха, необходимо создать повышенное давление воздуха перед соплами, вентилятор имеет больший напор, и энергопотребление системой больше, чем в системе с вентиляторными доводчиками.

В реконструируемых зданиях, когда нет возможности устроить центральную систему кондиционирования воздуха (ограниченная высота помещений, невозможность прокладки воздухопроводов, отсутствие помещений для центрального кондиционера), имеется существующая система водяного отопления могут применяться поэтажные приточно-вытяжные установки в комбинации с фанкойлами горизонтального исполнения для охлаждения помещений в теплое время года. На рисунке 15.1. представлен пример применения СКВ с чиллером и фанкойлами для реконструируемого офисного здания. В здании имеется действующая система отопления.

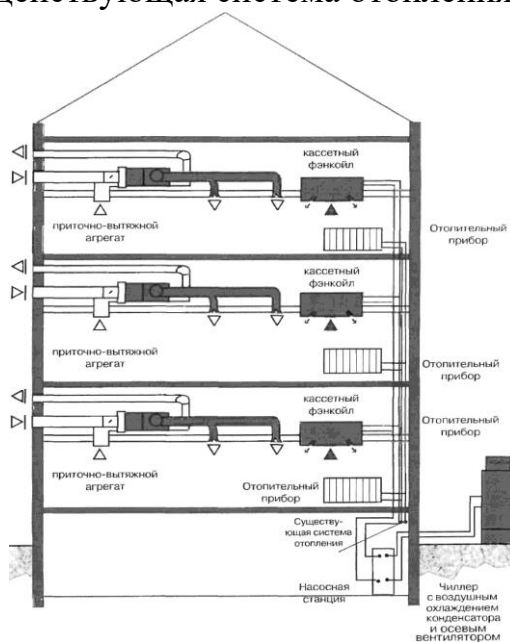


Рисунок 15.1. Система кондиционирования воздуха с чиллером и фанкойлами реконструируемого офисного здания (двухтрубная система, режим охлаждения)

Обработка и подача первичного воздуха в помещения в размере минимального воздухообмена предусмотрена поэтажными компактными приточно-вытяжными агрегатами со встроенным рекуператором через сеть приточных воздухопроводов и воздухо-распределителей. Минимальное количество наружного воздуха очищается от пыли, нагревается за счет теплоты вытяжного воздуха во встроенном пластинчатом теплообменнике-рекуператоре, при очень низких температурах наружного воздуха ( $t_n < -15^\circ\text{C}$ ) предварительно нагревается в электронагревателе. Летом наружный воздух охлаждается, отдавая теплоту вытяжному воздуху, если текущая температура наружного воздуха  $t_n$  выше, чем температура внутреннего воздуха  $t_v$ . Приточно-вытяжные агрегаты установлены в конструкции подшивного потолка коридора или под потолком вспомогательных помещений. Фанкойлы можно разместить в подшивном потолке (кассетный

тип, горизонтальный без корпуса), на потолке или на верхней части стены (горизонтальные в корпусе, настенные). Система холодоснабжения — двухтрубная. Вода охлаждается в чиллере с воздушным охлаждением конденсатора с осевым вентилятором, который установлен во дворе здания на специальной площадке. Гидро модуль размещается в подвале в тепловом пункте.

В тех зданиях, когда нецелесообразен централизованный приток наружного воздуха, например в гостиницах, для которых характерна неравномерность заполнения гостиничных номеров, жилых зданиях, реконструируемых зданиях при дефиците строительных площадей возможно применение фанкойлов со смешением наружного и рециркуляционного воздуха. Фанкойлы устанавливаются у наружной стены, где устраивается отверстие с защитной решеткой для забора наружного воздуха. В этом случае следует применить фанкойлы со смесительной камерой и клапанами на наружном и рециркуляционном воздухе, с автоматикой защиты теплообменника фанкойла от замерзания.

Экономия электрической энергии в СКВ с чиллерами и фанкойлами достигается так же за счет гибкого индивидуального регулирования тепловой и холодильной мощности фанкойлов в каждом помещении и мощности чиллера при уменьшении нагрузки на систему кондиционирования воздуха. Регулирование холодильной мощности чиллера осуществляется ступенчато при установке чиллера с несколькими герметичными поршневыми или спиральными компрессорами, пропорционально изменению нагрузки в чиллерах с винтовыми и полугерметичными компрессорами. Чтобы сгладить неравномерность холодоснабжения системы при ступенчатом регулировании мощности и неравномерность потребления холода, в системе устанавливается бак-аккумулятор. Затраты на электроэнергию, потребляемую чиллерами, можно значительно снизить при работе в ночное время с пониженными тарифами на электроэнергию при наличии аккумулирующей емкости.

Применение чиллера, работающего в режиме теплового насоса, особенно по сравнению с электрическим источником теплоты, дает существенную экономию энергии на отопление здания в переходный период и даже в особых случаях в холодный. В настоящее время тепловые насосы всерьез рассматривают как альтернативу традиционным отопительным котлам, ориентируясь на требования защиты окружающей среды. Низкопотенциальная теплота, подводимая к теплообменнику (испарителю) чиллера-теплового насоса может отбираться у наружного воздуха при установке чиллера снаружи здания, у воздуха, удаляемого системами вентиляции, или их смеси при установке чиллера внутри здания. Параметры источника низкопотенциальной теплоты в значительной степени определяют эффективность работы теплового насоса: с падением температуры наружного воздуха и при относительно большой разности температур конденсации и испарения происходит быстрое снижение его теплопроизводительности. В условиях влажного климата на поверхности испарителя в диапазоне от 0°C до 6°C образуется иней, который уменьшает площадь свободного сечения для прохода воздуха, при этом температура испарения понижается, что также способствует нарастанию инея и дальнейшему снижению производительности вплоть до полной остановки агрегата. Размораживание теплообменника осуществляется путем реверсирования холодильного цикла. С увеличением частоты разморозки энергопотребление растет,

производительность падает. Расширить временной диапазон использования чиллера в режиме теплового насоса в сторону низких температур наружного воздуха, повысить эффективность его использования можно при работе чиллера на смеси удаляемого и наружного воздуха.

На рисунке 15.2 представлен пример системы кондиционирования воздуха с чиллером и фанкойлами для реконструируемого административного здания.

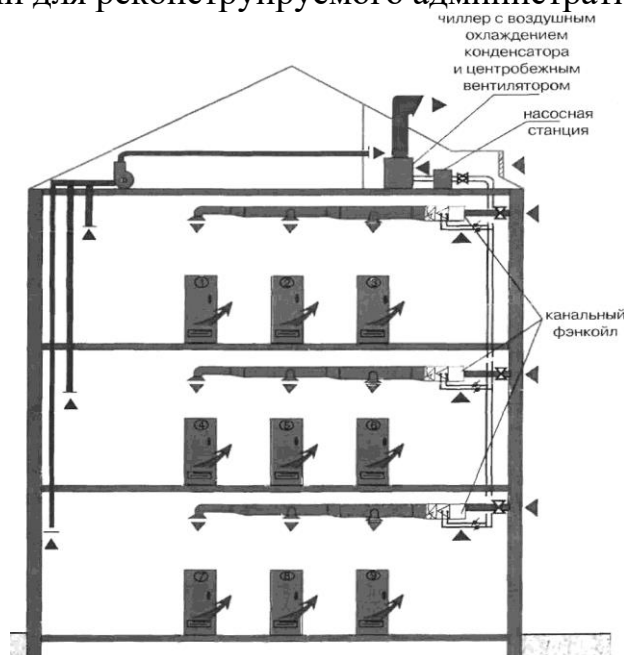


Рисунок 15.2. Система кондиционирования воздуха с чиллером и фанкойлами для реконструируемого административного здания (канальные фанкойлы, нагревание приточного воздуха в режиме теплового насоса)

Чиллер с воздушным охлаждением конденсатора и центробежным вентилятором, а также насосная станция расположены на техническом этаже здания в отдельном помещении. Воздух на охлаждение конденсатора чиллера забирается непосредственно из технического помещения, где он установлен. В техническое помещение подается наружный воздух и теплый воздух, удаляемый вытяжными системами вентиляции. Предусмотрено изменение соотношения количества наружного воздуха и вытяжного так, чтобы поддерживать температуру смеси в определенном диапазоне ее изменения с целью обеспечения высокой эффективности работы теплового насоса. В здании отсутствует система централизованного притока наружного воздуха. В подшивном потолке устанавливаются фанкойлы канального типа, которые могут обслуживать одно или несколько помещений одновременно. Фанкойлы работают на смеси наружного и рециркуляционного воздуха. Количество наружного воздуха определено как минимально необходимое. Наружный воздух поступает через отверстия в наружных стенах в смесительную камеру фанкойлов. Для защиты теплообменника фанкойла от замерзания предусмотрена специальная автоматика: закрывается клапан на наружном воздухе при отключении вентилятора. В отдельных районах с мягким климатом при значительных объемах удаляемого воздуха такое использование теплового насоса может позволить полностью отказаться от традиционной системы отопления. В таком случае фанкойлы, работающие на смеси наружного и рециркуляционного воздуха, следует разместить под окнами. Это возможно при отсутствии таких источников теплоты как

ТЭЦ, центральная котельная, а также при отсутствии централизованного газоснабжения для индивидуальных котлов, с которыми при низких ценах на топливо пока не могут конкурировать тепловые насосы. Выбор теплового насоса в качестве самостоятельного источника теплоты для отопления необходимо проводить на основе технико-экономического обоснования.

Новые технологии в строительстве позволяют модернизировать жилые здания в типовых районах и прекрасные старинные особняки в центральной части городов. При проектировании мансардных этажей над существующими жилыми этажами возникает проблема обеспечения новых помещений теплом. Мощность источника теплоснабжения старой постройки, как правило, недостаточна. В этом случае приходится искать автономный источник теплоты. Альтернативой газовым крышным котельным может стать чиллер, работающий в режиме теплового насоса. Использование низкопотенциальных источников теплоты, например, теплоты вытяжного воздуха существующей части здания, позволяет применить тепловые насосы для отопления в условиях холодного климата.

Принципиальная схема теплохолодоснабжения мансардных этажей, от чиллера — теплового насоса представлена на рисунке 15.3.

Для отопления и охлаждения помещений под окнами устанавливаются фанкойлы, обеспечивающие заданную комфортную температуру в любое время года. Теплота и холод вырабатывается в чиллере с водяным охлаждением конденсатора (водяной тепловой насос), устанавливаемом в одном из подсобных помещений.

Приемники тепловой энергии, в виде «сухой» градирни, устанавливаются в технических помещениях верхнего мансардного этажа, куда выводятся потоки вытяжного воздуха из всех этажей дома и куда подается наружный воздух. В летнее время приемники тепловой энергии будут отводить теплоту конденсации, нагревая вытяжной воздух. При этом возникнет дополнительное естественное давление в гравитационной системе вытяжной вентиляции существующей части здания, что несколько улучшит гигиенические условия старых квартир, организованная вентиляция которых в летний период практически отсутствует.

Над существующим 60-квартирным жилым домом надстраиваются два мансардных этажа, включающие в себя восемь новых квартир, отопительная тепловая мощность которых составляет  $Q_k = 92,8$  кВт.

Объем воздуха, удаляемого системой вытяжной вентиляции существующей части дома при нормативном воздухообмене из кухни  $90 \text{ м}^3/\text{ч}$  и из санузла  $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ , составит  $(90+50)-60=8400 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Система естественной вентиляции рассчитана на обеспечение нормативного воздухообмена при температуре наружного воздуха  $+5^\circ\text{C}$ , при более низких температурах наружного воздуха, когда требуется максимальная тепловая мощность отопления, фактический неорганизованный воздухообмен превышает расчетное значение. Объем вытяжной вентиляции восьми мансардных квартир, жилой площадью около  $90 \text{ м}^2$  каждая, при нормативном однократном воздухообмене составит  $90 \cdot 2,8 \cdot 8 = 2016 \text{ м}^3/\text{ч}$ , а общий минимальный расход удаляемого воздуха  $L_{y\partial} = 10400 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

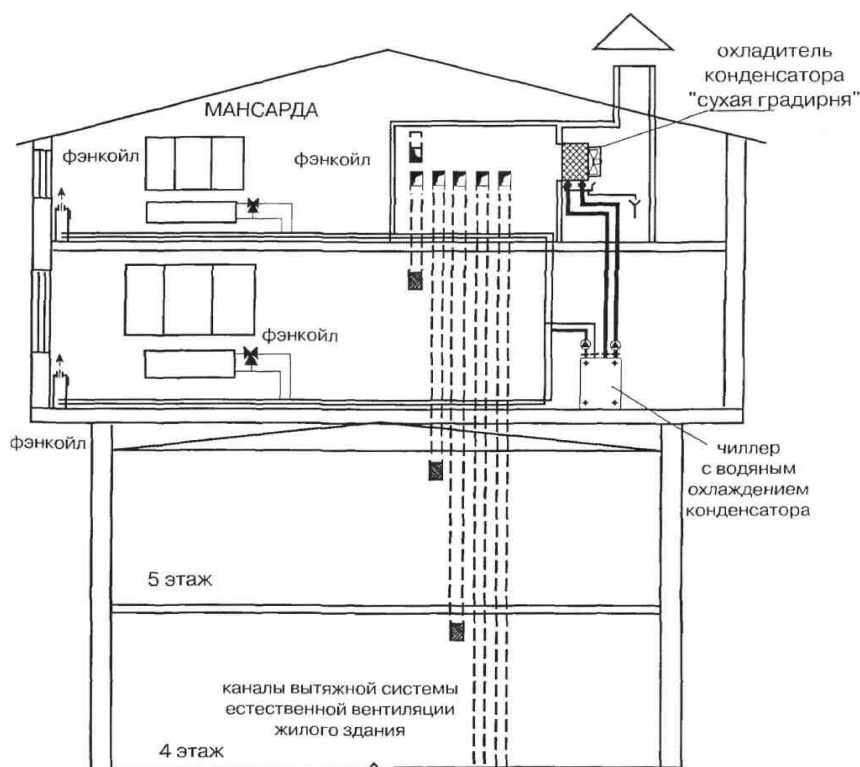


Рисунок 15.3. Система кондиционирования воздуха с чиллером и фанкойлами мансарды здания (двухтрубная система, отопление в режиме теплового насоса)

Количество теплоты, кВт, которое необходимо подвести в испаритель теплового насоса, может быть определено ориентировочно из уравнения теплового баланса агрегата с учетом среднего значения коэффициента преобразования:

$$Q_u \approx Q_k/4, \quad (15.1)$$

где  $Q_u$  — количество теплоты, подводимое в испарителе теплового насоса, кВт,  
 $Q_k$  — количество теплоты, отводимое в конденсаторе теплового насоса (отопительная мощность), кВт

С другой стороны количество теплоты, подводимое в испаритель, может быть определено через массовый расход смеси наружного и удаляемого воздуха:

$$Q_u = 0,278 c_v (G_n + G_{y\partial}) (t_{cm} - t_{vik}), \quad (15.2)$$

где  $c_v$  — теплоемкость воздуха, равная 1,005 кДж/кг град,

$t_{cm}, t_{vik}$  — соответственно расчетная температура смеси удаляемого и наружного воздуха, конечная температура воздуха после испарителя,

$G_n, G_{y\partial}$  — расходы воздуха соответственно наружного и удаляемого, кг/час.

При среднем перепаде температур воздуха в испарителе 5°C массовый расход смеси удаляемого и наружного воздуха составит 16376 кг/час, из него 3896 кг/час наружного воздуха, 12480 кг/час удаляемого.

Общая стоимость оборудования для отопления и кондиционирования воздуха одной квартиры общей площадью 150 м<sup>2</sup> составит около 9 тыс. долларов. Расход электроэнергии за отопительный период составит около 4000 кВт/ч. Это примерно в два раза дешевле, чем пришлось бы платить по существующим тарифам за централизованное теплоснабжение.

## ***Практическое занятие №16***

### **16.1 Экономия тепловой энергии и топлива при комбинированной выработке тепла и холода**

#### **16.1 Экономия тепловой энергии и топлива при комбинированной выработке тепла и холода**

Для многих зданий в теплое время года одновременно необходимо охлаждение воздуха с использованием искусственного холода и подогрев воды на нужды горячего водоснабжения, особенно актуально это в тот период, когда основной источник теплоты на нужды горячего водоснабжения отключается на профилактику и ремонт. Соотношение количества теплоты, отбираемой от конденсатора чиллера, которое зависит от его холодильной мощности, и расхода теплоты на нужды горячего водоснабжения зависит от назначения здания. Самые большие нагрузки на нужды горячего водоснабжения в жилых зданиях, гостиницах, санаториях, базах отдыха, спортивно-оздоровительных комплексах, бассейнах, ресторанах. Обычно в этих зданиях для создания и поддержания требуемого микроклимата устраиваются системы кондиционирования воздуха. В этом случае преимущества системы кондиционирования воздуха «чиллер-фанкойлы» неоспоримы по сравнению с другими системами. С энергоекономичной точки зрения совместное использование теплоты и холода, вырабатываемое чиллером, повышает эффективность инженерных систем здания, уменьшает срок окупаемости капитальных вложений.

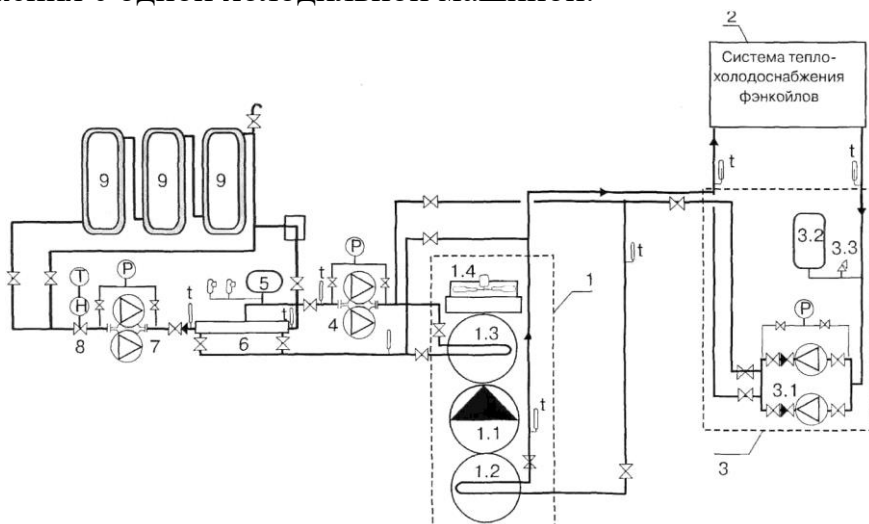
При работе водоохлаждающей холодильной машины (чиллера) необходимо отводить теплоту конденсации хладагента. Для этого конденсатор охлаждают. Охлаждение конденсатора может быть воздушным с помощью осевых или центробежных вентиляторов, а так же водяным. Теплота конденсации может безвозвратно выбрасываться в атмосферу, способствуя «тепловому» загрязнению окружающей среды, или полезно использоваться. Чиллеры с винтовыми, спиральными и полугерметичными поршневыми компрессорами могут выпускаться как вариант с полной регенерацией теплоты в кожухотрубных теплообменниках, способных регенерировать 100% теплоты, выделяющейся при конденсации, в целях нагревания воды; как вариант с частичной регенерацией теплоты в трубчатых теплообменниках, способных регенерировать не более 10% теплоты, выделяющейся при конденсации. Чиллеры имеют два конденсатора — воздушный основной и водяной — вспомогательный. Вариант исполнения чиллера выбирается в зависимости от соотношения необходимой производительности по холоду чиллера и нагрузки на горячее водоснабжение. Редко удается полностью компенсировать всю нагрузку на горячее водоснабжение за счет теплоты регенерации, однако в результате использования теплоты конденсации фреона возможно значительно уменьшить годовое потребление теплоты зданием.

Проект использования для горячего водоснабжения теплоты конденсации фреона холодильных машин разработан для одной из гостиниц. Проектом предусмотрено круглогодичное обеспечение гостиницы горячей водой с использованием теплоты конденсации двух холодильных машин для теплого и переходного периода. Тепловая сеть служит дополнительным источником теплоты, когда теплоты конденсации



недостаточно для покрытия нагрузки горячего водоснабжения, и основным источником в зимнее время. Предусмотрено аккумулирование теплоты для сглаживания неравномерности потребления и выработки теплоты. При общей холодильной мощности чиллеров 425 кВт дана цифра экономии условного топлива 60 тонн в год.

На рисунке 16.1 приведена схема системы кондиционирования воздуха с чиллером и фанкойлами гостиницы с использованием теплоты конденсации на нужды горячего водоснабжения с одной холодильной машиной.



- 1- чиллер (1.1- компрессор, 1.2 - испаритель, 1.3- водяной конденсатор, 1.4- воздушный конденсатор),  
 2 — система теплохолодоснабжения, 3 - насосная станция (3.1- насосы, 3.2.- расширительный бак, 3.3- предохранительный клапан), 4- циркуляционные насосы контура греющей воды, 5- расширительный бак, 6- теплообменник, 7- циркуляционные насосы контура нагреваемой воды, 8- регулятор расхода, 9- аккумуляторы теплоты

Рисунок 16.1 Схема системы кондиционирования воздуха с тендерами и фанкойлами гостиницы с использованием теплоты регенерации:

Основное оборудование расположено в тепловом пункте в подвале, а холодильная машина — на специальной площадке во дворе здания. Приток и вытяжка воздуха предусмотрена в каждый номер с помощью местных приточно-вытяжных аппаратов. В жаркой время, когда нагрузка на чиллер по холоду максимальная, он охлаждает воду, подаваемую к фанкойлам. Одновременно вода, охлаждающая конденсатор 1.3, подогревает воду из водопровода для системы горячего водоснабжения в пластинчатом теплообменнике 6. Горячая вода накапливается в баках аккумуляторах 9 при отсутствии водоразбора или подается на водоразбор. Насос 7 обеспечивает постоянный расход воды в циркуляционном контуре «баки-аккумуляторы — теплообменник» независимо от водопотребления. При небольшом водоразборе весь поток холодной воды направляется через теплообменник, и в баках происходит накопление горячей воды. При пиковом водоразборе часть потока холодной воды поступает в нижнюю часть первого бака. При этом накопившаяся ранее горячая вода выдавливается из верхней части правого бака. Аккумулятор компенсирует дефицит потребления теплоты. Если нагрузка на горячее водоснабжение отсутствует и аккумулятор «заряжен», автоматически включается в работу воздушный конденсатор 1.4.

## 17.1 Экономия отдельных статей капитальных затрат на систему обеспечения микроклимата здания

### 17.1 Экономия отдельных статей капитальных затрат на систему обеспечения микроклимата здания

В отечественной практике из-за целого ряда объективных и субъективных причин системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фанкойлами обычно выполняют функцию охлаждения внутреннего воздуха помещений, а для целей отопления применяются традиционные отопительные приборы, устанавливаемые под окнами. Если для реконструируемых зданий с существующей надежно функционирующей системой отопления с этим решением можно согласиться, то для вновь строящихся зданий и при реконструкции зданий, когда требуется замена старой системы отопления, это решение приводит к необоснованному росту капитальных затрат на систему обеспечения микроклимата, а в последствии и эксплуатационных затрат на поддержание требуемого микроклимата.

Единая сеть трубопроводов с общей запорной и регулирующей арматурой, единая система автоматического регулирования параметров микроклимата в помещении в режиме отопления и охлаждения дает заказчику ощутимую экономию инвестиционных вложений, уменьшает продолжительность и стоимость монтажных работ, сроки строительства, экономит строительную площадь. В переходный период в помещениях с традиционной системой отопления при отсутствии индивидуальных регуляторов у отопительных приборов обычно наблюдается перегрев, что связано со срезкой температурного графика при центральном качественном регулировании в тепловой сети, в случае с индивидуальным источником теплоты — с недопустимостью конденсации водяных паров на хвостовых поверхностях нагрева обычных котлов при упрощенном регулировании. В это время для поддержания комфортных условий в помещениях включается и работает система кондиционирования воздуха, в которой на охлаждение воздуха затрачивается искусственный холод. Получаются двойные эксплуатационные затраты: перерасход теплоты на отопление и расход холода на поддержание комфортных внутренних условий в помещении.

Для отдельной категории зданий, в частности жилых зданий, гостиниц, применение единой для всего здания центральной системы кондиционирования воздуха, обеспечивающей подачу в помещения обработанного наружного воздуха, нецелесообразно. Работа такой СКВ потребует постоянных затрат электрической, тепловой энергии, холода независимо от изменяющейся нагрузки в помещениях, связанной с неравномерным заполнением людьми отдельных номеров или квартир. До недавнего времени в жилых зданиях приток наружного воздуха осуществлялся неорганизованным путем за счет инфильтрации или открывания окон. С появлением герметичных окон стали применяться специальные местные устройства в окнах или в наружных стенах для притока подогретого или холодного воздуха в помещения с рекуперацией теплоты удаляемого воздуха или без нее. В зданиях, оборудованных СКВ с чиллерами и фанкойлами, есть возможность подавать наружный воздух в помещение в размере минимально необходимого воздухообмена децентрализованным путем. Конструкция целого ряда фанкойлов

разных фирм предусматривает непосредственный забор наружного воздуха через отверстие в стене, смешение его с рециркуляционным воздухом в смесительной камере, фильтрацию, нагревание и охлаждение. Установка таких фанкойлов позволяет отказаться от централизованного притока обработанного наружного воздуха для определенного типа зданий, также при реконструкции существующих зданий, когда невозможно устроить центральную систему. Таким образом капитальные и эксплуатационные затраты уменьшаются, также экономится строительная площадь здания. Недостатком таких систем является наличие большого количества отверстий с решетками на фасадах здания, необходимость точного выполнения отверстия под решетку в стене для забора наружного воздуха, опасность замерзания воды в теплообменнике при отсутствии специальной защиты.

В помещениях большого объема (торговые залы крупных магазинов, крытые спортивные сооружения и т.д.) возможно применение канальных высоконапорных фанкойлов, в том числе с забором наружного воздуха, которые могут работать на наибольшую сеть воздуховодов.

Чаще всего в качестве альтернативного варианта СКВ с чиллерами и фанкойлами предлагаются мультизональные системы типа VRF различных фирм: DAIKIN-VRV, MITSUBISHI HEAVY- KX, MITSUBISHI ELECTRIC-CYTY MULTY и т.д. Работа таких систем основана на принципе непосредственного охлаждения внутреннего воздуха помещений в испарителях парокомпрессионной холодильной машины. В помещениях устанавливаются внутренние блоки с фреоновым теплообменником и вентилятором. Внутренние блоки соединяются между собой системой медных трубопроводов и подключаются к одному наружному блоку, в котором находится компрессор и конденсатор парокомпрессионной холодильной машины. Количество внутренних блоков, подключаемых к одному наружному блоку ограничено, зависит от холодопроизводительности каждого внутреннего блока, имеет разное значение в зависимости от фирмы производителя, по мере совершенствования таких систем оно неуклонно растет (до 32 штук у DAIKIN). В трубопроводах циркулирует рабочее вещество — фреон в двух фазовых состояниях: жидком и газообразном. Подобные системы могут работать в режиме охлаждения, в режиме отопления (тепловой насос до температуры наружного воздуха — 15°C) для всех помещений, с регенерацией теплоты, когда часть помещений охлаждается, другая часть отапливается. По своему функциональному назначению, возможностям создания и обеспечения требуемого микроклимата системы имеют много общего с СКВ с чиллерами и фанкойлами, за исключением режима отопления при низких температурах наружного воздуха, возможности децентрализованного притока наружного воздуха. Преимущество систем VRF в компактности, в отсутствии побудителей циркуляции (насосных станций), что повышает надежность работы системы и уменьшает эксплуатационные затраты, в совершенной системе микропроцессорного управления. Но по целому ряду показателей эти системы проигрывают СКВ с чиллерами и фанкойлами. Это и выполнение противопожарных требований, соблюдение экологической безопасности. В системах VRF существуют ограничения по протяженности фреоновых проводов как по длине, так и по высоте, по количеству внутренних блоков, присоединяемых к одному наружному. В многоэтажных зданиях с большим количеством поме-

щений приходится устанавливать несколько систем, что приводит к возрастанию капитальных затрат. Капитальные затраты на системы типа VRF обычно выше, чем на СКВ с чиллерами и фанкойлами для определенного здания, причем с ростом общей холодопроизводительности системы кондиционирования воздуха здания разность в затратах увеличивается.

Очень важным преимуществом систем кондиционирования воздуха с чиллерами и фанкойлами является отсутствие ограничений по взаимному расположению чиллера и фанкойлов, количеству фанкойлов, объединенных в одну систему, протяженности трубопроводов, возможность наращивания мощности системы, поэтапного ввода ее в эксплуатацию.

### ***Практическое занятие №18***

#### **18.1 Экологические аспекты использования СКВ с чиллерами и фанкойлами**

#### **18.1 Экологические аспекты использования СКВ с чиллерами и фанкойлами**

Прогресс техники неизбежно связан с усилением вредного влияния на окружающую среду. Не исключение и холодильная техника. Влияние на окружающую среду двоякое: глобальное на атмосферу и местное непосредственно на человека.

Глобальное влияние на окружающую среду связано с разрушением озонового слоя и «парниковым» эффектом и «тепловым» загрязнением окружающей среды.

Основными разрушителями озона являются атомы хлора и брома, отделившиеся под действием солнечной радиации от молекул синтезированных человеком химических веществ, относящихся к классу галогенизированных углеводородов. К числу основных озоноразрушающих веществ относятся хлорфторуглероды (ХФУ — российское обозначение, CFC — международное обозначение), используемые в течение многих лет в качестве хладагентов в холодильной технике благодаря удачному сочетанию их свойств: эффективности, производительности и рабочих характеристик. Эта проблема имеет глобальный характер, и поэтому ее решение является глобальным: был принят первый Международный договор по защите окружающей среды, названный Монреальским протоколом, запретившим производство этих веществ во всем мире. Этот договор был подписан в 1987 г., а запрет на ХФУ в большинстве промышленно развитых стран вступил в силу 1 января 1996 г., в Европе на год раньше. Для замены ХФУ(R11) разработаны альтернативные хладагенты: гидрохлорфторуглероды (ГХФУ) и гидрофторуглероды (ГФУ). В отличие от ХФУ, ГФУ не содержат хлора, а потому обладают нулевым потенциалом разрушения озонового слоя (ПРОС). ГХФУ, правда, содержат хлор, но присутствие одного или нескольких атомов водорода в молекулах ГХФУ приводит к их более быстрому расщеплению в нижних слоях атмосферы, в результате чего озонового слоя достигает меньшее количество хлора, их ПРОС примерно на 95% ниже, чем у ХФУ. Альтернативные хладагенты обладают примерно теми же эксплуатационными характеристиками, что и ХФУ, однако их воздействие на окружающую среду значительно снижено.

Изменения климата, которые нередко называют глобальным потеплением, аналогичны истощению озонового слоя в стратосфере тем, что они вызываются растущими концентрациями газов в атмосфере, а также тем, что они носят глобальный характер, а не ограничиваются районом выброса загрязняющих веществ. Соединением, вызывающим наибольший эффект глобального потепления, является диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ), выбрасываемый в атмосферу всеми агрегатами, в которых сжигается топливо, в том числе электростанциями. Фторированные хладагенты также являются чрезвычайно активными глобальными утеплителями; однако объем их выбросов небольшой по сравнению с основными утеплителями —  $\text{CO}_2$ , метаном и закисью азота. Проблему изменения климата невозможно решить, наложив запрет на производство веществ, вызывающих глобальное потепление (аналогично Монреальскому протоколу), поскольку такой запрет просто неосуществим. Основные холодильные системы спо-

способствуют изменению климата двумя путями: выбросом хладагентов ( из числа глобальных утеплителей); косвенным выбросом  $\text{CO}_2$ , вырабатываемым и попадающим в атмосферу в результате потребления энергии холодильной системой ( для очень многих систем преобладающим является именно этот эффект). Воздействие на степень глобального потепления предложено учитывать показателем TEWI (Total Equivalent Global Warming Impact) — полный эквивалент глобального потепления. Показатель учитывает не только прямой вклад хладагента, зависящий от величины утечки, но и косвенный вклад, определяемый энергопотреблением холодильной системы. Последняя методика TEWI — анализа предлагает учитывать также дополнительные энергетические затраты на создание оборудования и обеспечение мер безопасности, в ней используются относительные показатели. С учетом методики TEWI-анализа была выполнена эколого-энергетическая оценка целесообразности применения наиболее перспективных альтернативных хладагентов, предложенных фирмами Du Pont, ICI, Chemical, Allied Signal. Наиболее перспективным (по коэффициенту TEWI) претендентом на роль альтернативы R22 в выпускаемом холодильном оборудовании следует считать R407.

В области кондиционирования воздуха в течение нескольких десятилетий вне конкуренции был R22 (ГХФУ), до сих пор он применяется почти всеми изготовителями, поскольку в большинстве стран его использование в новых установках пока разрешено (до 2020 и даже 2040 годов для стран, оговоренных в Статье Монреальского протокола). Многие изготовители, включая нескольких ведущих, уже предлагают ряд чиллеров, работающих на R407C.

Альтернативный хладагент R407C представляет собой тройную смесь ГФУ-32, ГФУ-125 и ГФУ-134а (23% - ГФУ-32, 25% - ГФУ-125 и 52% - ГФУ-134а). По своей рецептуре она служит заменой ГХФУ-22 в системах кондиционирования воздуха при аналогичном давлении. Особенностью R407C является то, что он является смесью хладагентов и испаряется в некотором температурном диапазоне, а не при постоянной температуре (как происходит с другими хладагентами, не являющимися смесью). Это явление называется температурной текучестью: R407C испаряется в температурном диапазоне 4,4°C, например, испарение начинается при температуре 3°C, а заканчивается при температуре выше 7°C. Явление температурной текучести при некотором усовершенствовании конструкции холодильного агрегата может быть использовано для снижения его энергопотребления. Усовершенствование связано с применением противоточного испарителя, генерирующего насыщенный пар с температурой выше конечной температуры охлаждаемой воды, и регенеративного теплообменника, в котором жидкий хладагент переохлаждается, отдавая теплоту газообразному хладагенту на пути от испарителя к компрессору. Более высокая температура на входе в компрессор уменьшает работу сжатия компрессора и снижает энергопотребление, сокращая эксплуатационные расходы.

Таким образом, применение R407C повышает эффективность работы холодильной машины (чиллера) и уменьшает воздействие на окружающую среду, что связано с сокращением потребления электроэнергии, производимой электростанциями, которые работают на ископаемом топливе и являются основным источником выбросов  $\text{CO}_2$ .

«Тепловое» и общее загрязнение окружающей среды можно снизить, полезно используя теплоту конденсации фреона в чиллере для нагревания воды в теплый период года, используя чиллер в режиме теплового насоса для отопления зданий в переходный период и при особых условиях эксплуатации в холодный период, при этом не только экономится топливо, но и уменьшается суммарное вредное воздействие на окружающую среду. Тепловые насосы более «чистые» в экологическом плане, чем самые современные высокоэффективные газовые котлы, так как тепловой насос со средним значением коэффициента преобразования 3,0 по сравнению с котлом, имеющим коэффициент годовой производительности на уровне 90% (уровень чрезвычайно высокий и труднодостижимый), выбрасывает в атмосферу  $\text{CO}_2$  на 40% меньше, чем котел той же мощности за тот же период времени (при сгорании газа образуется 22 г на 1 кВт час произведенной теплоты, при производстве электроэнергии, затрачиваемой на работу теплового насоса, - 460 г на 1 кВт час электроэнергии).

Местное негативное влияние СКВ с системой охлаждения на человека может быть связано с аварийными ситуациями, возникающими при работе системы. Речь идет об утечках хладагента непосредственно в помещение, где установлен кондиционер, возможных при работе сплит систем, систем VRF. Опасность возникает при пожаре, так как хладагенты разлагаются под действием высоких температур, развиваемых пламенем, либо при использовании электрических нагревателей. При разложении могут выделяться токсичные и раздражающие соединения, в частности, хлористый водород и фтористый водород. Сами по себе хладагенты не огнеопасны и не взрывоопасны, однако многие хладагенты ГХФУ и ГФУ могут стать горючими при смешении их с большим количеством воздуха при давлении, превышающем атмосферное. В случае СКВ с чиллерами и фэнкойлами контур циркуляции фреона вынесен за пределы помещений, где находятся люди, а контур циркуляции хладоносителя заполнен безвредным и безопасным для человека веществом — водой или раствором пропиленгликоля, использование которого обязательно для «чистых» производств: фармацевтических фабрик, пищевых производств, помещений здравоохранения.

На рисунке 18.1 представлен пример применения СКВ с чиллером и фанкойлами канального типа на складах кондитерских фабрик, где требуется охлаждение готового продукта и поддержание температуры хранения на заданном уровне и отсутствует необходимость в организованном притоке наружного воздуха.

Одним из примеров снижения вредного воздействия на окружающую среду является использование чиллера в режиме теплового насоса для сушки различных технологических продуктов: древесины, особенно пищевых продуктов: риса, зерна, колбас и т.д. Традиционные сушилки, использующие для подогрева воздуха теплоту сжигания топлива, загрязняют окружающую среду продуктами сгорания топлива, энергозатратны, процесс сушки в них трудно управляемый, не всегда выдерживается необходимый температурный режим, что приводит к низкому качеству продукции.

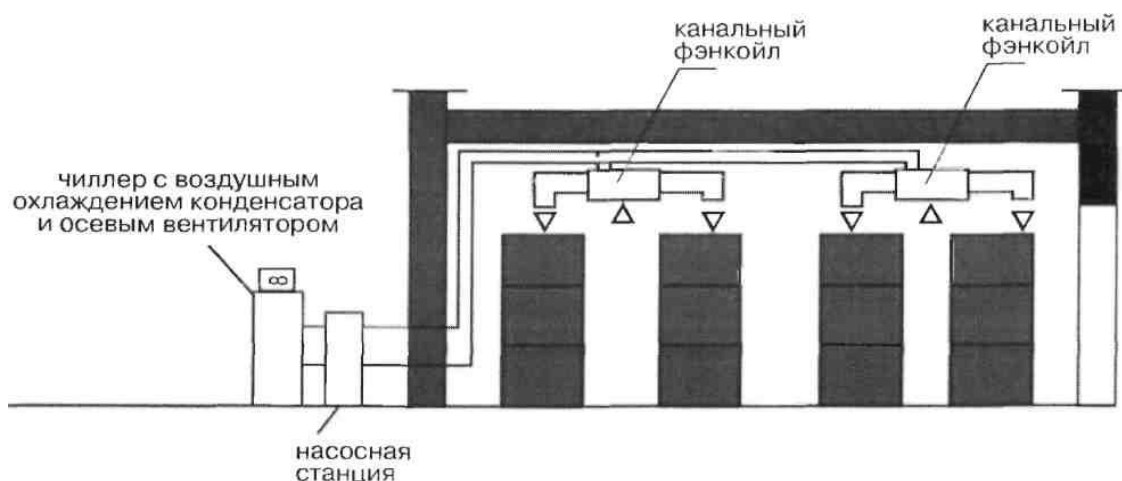
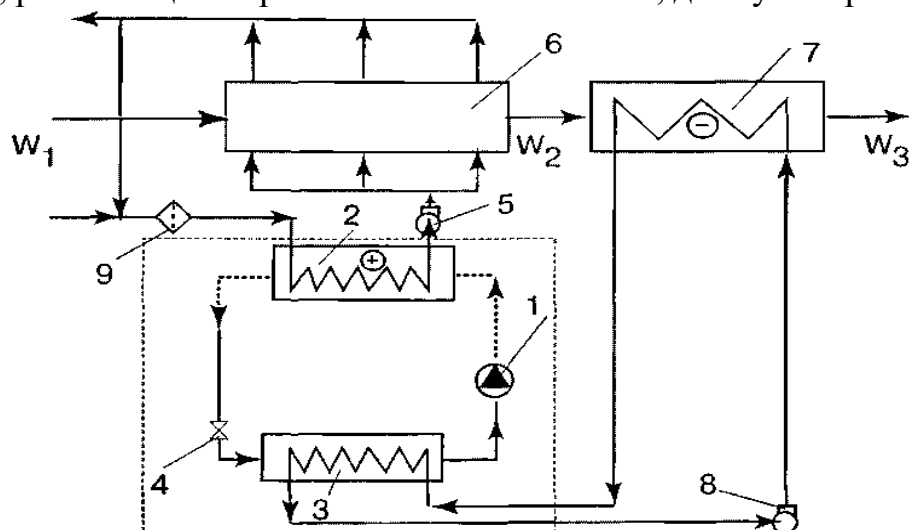


Рисунок 18.1 Охлаждение воздуха в помещении склада готовой продукции на кондитерской фабрики

На рисунке 18.2 представлена схема использования чиллера с центробежным вентилятором, работающего в режиме теплового насоса, для сушки рисовой крупы.



1 — компрессор; 2 — конденсатор; 3 — испаритель; 4 — дросселирующее устройство;  
5 — центробежный вентилятор охлаждения конденсатора, 6 — камера сушки;  
7 — охладитель; 8 — насос; 9 — фильтр

Рисунок 18.2 Схема использования чиллера с воздушным охлаждением конденсатора и центробежным вентилятором для сушки рисовой крупы:

Для получения рисовой крупы высшего сорта большое значение имеет технология послеуборочной обработки риса-зерна. Рисовую крупу необходимо подсушивать до 15% влажности и охлаждать до температуры 20°C при исходных параметрах: 16,5% влажности и температура 30-35°C. Теплонасосная установка позволяет подготовить воздух, подаваемый в сушильную камеру: осушить, понизив влагосодержание, в поверхностном воздухоохладителе, снабжаемом холодной водой от чиллера, и нагреть в конденсаторе чиллера. Представленный принцип работы теплового насоса для осушения воздуха с последующим его подогревом может быть реализован с использованием чиллеров для самых разных процессов низкотемпературной сушки в различных отраслях промышленности.

Метод осушки с использованием теплового насоса хорошо зарекомендовал себя при осушении воздуха в помещениях с большими влаговыведениями: бассейнах,



помещениях водопроводных станций для предотвращения конденсации влаги на поверхностях трубопроводов, для осушения воздуха в подвальных и складских помещениях. Известна реализация этого принципа с помощью малых компактных агрегатов для небольших помещений, а для больших помещений со значительными влаговыделениями для решения этой же задачи может быть использован чиллер, работающий в режиме теплового насоса.

На рис. 18.3 представлена схема использования чиллера с водяным охлаждением конденсатора или чиллера с воздушным охлаждением и осевым вентилятором и дополнительным водяным кожухотрубным конденсатором для осушки воздуха в помещении плавательного бассейна. Часть теплоты конденсации фреона может быть использована для нагревания воды в бассейне. Применение осушки приточного воздуха в комбинации с регенерацией скрытой теплоты конденсации влаги в удаляемом из бассейна воздухе позволяет значительно уменьшить воздухообмен в помещении бассейна, а также расходы теплоты на его нагревание в зимнее время, тем самым снизить энергопотребление, сэкономить топливо, уменьшить вредное влияние на окружающую среду.

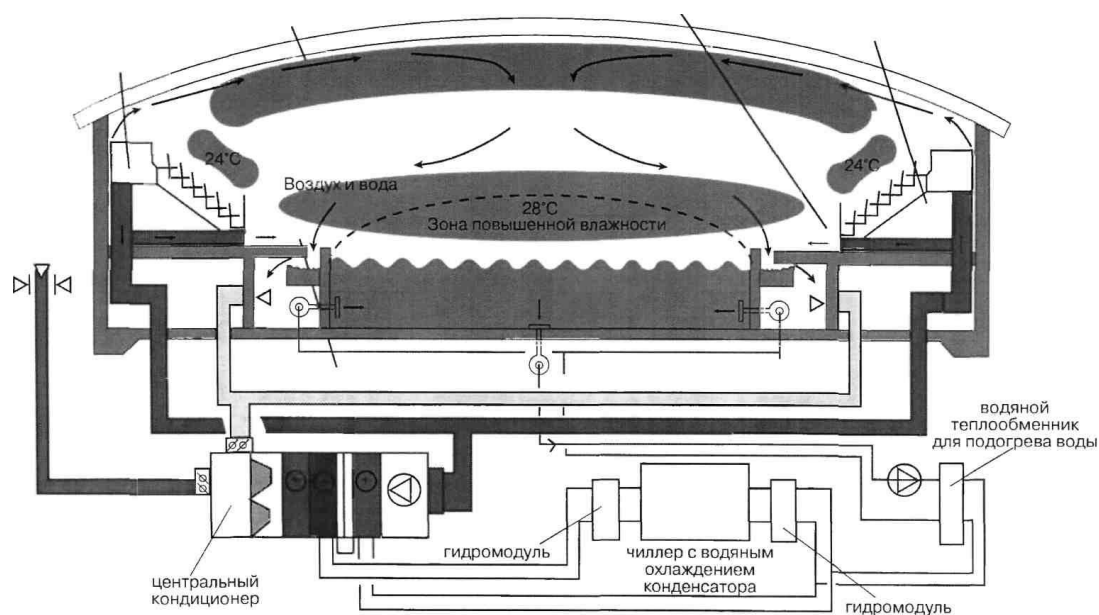


Рисунок 18.3 Схема использования чиллера с водяным охлаждением конденсатора для осушки воздуха в помещении плавательного бассейна

## Литература

### Основная

1. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха: учебник для вузов / В.Н.Богословский. — 3-е изд. — СПб. : Авок Северо-Запад, 2006. — 400с. — (Инженерные системы зданий). — Библиогр. В конце кн. — ISBN 5-902146-10-0/в пер./: 180.00.

2. Ананьев В.А. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика / В. А. Ананьев, Л. Н. Балужева, В. П. Мурашко .— Новая ред. — М. : Евроклимат, 2008 .— 504 с. : ил. — (Библиотека климатехника) .— Авт. указ. на обороте тит. л. — Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-94836-171-0 (впер.) : 1275.00.

3. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности : учеб. пособие для вузов / Е.А. Штокман [и др.]; под ред. Е.А. Штокмана. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: АСВ, 2007.- 632с.:ил.— Библиогр. в начале кн.— ISBN 978-5-93093-522-6.

### Дополнительная

1. Полушкин В.И. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: Учеб. Пособие. Ч.1. Теоретические основы создания микроклимата в помещении / В.И. Полушкин, О.Н. Русак, С.И. Бурцев и др. — СПб.: Профессия, 2002. — 176с.: ил. — (Специалист). — Библиогр. В конце кн. — ISBN 5-93913-031-3 /в пер./ : 145.48.

2. Аверкин А.Г. Примеры и задачи по курсу "Кондиционирование воздуха и холодоснабжение" : учеб.пособие для вузов / А.Г.Аверкин .— 2-е изд.,испр.и доп. — М.;Пенза : АСВ, 2007 .— 126с. : ил. — Библиогр.в конце кн. — ISBN 978-5-93093-199-0 : 113.00.

3. СП 60.13330.2020 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 утв. Минрегион России 30.06.2012: ввод. в действие с 1.01.2020 – М. : ФАУ «ФЦС».

4. Богословский В.Н., Кокорин О.Я., Петров Л.В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение. М.: Стройиздат, 1981, 367 с.

5. Белова Б.М. Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фанкойлами. М.: Евроклимат, Техносфера, 2006, 400 с.