ПРИДНЕСТРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Т.Г. ШЕВЧЕНКО
БЕНДЕРСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ФИЛИАЛ
Кафедра теплогазоснабжения и вентиляции

СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА И ХОЛОДОСНАБЖЕНИЕ

Курс лекций

Бендеры, 2019

УДК 697. 94 (075.8)
ББК 38.762.3
С 40

СОСТАВИТЕЛЬ
Т.И. Лохвинская, доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»,

РЕЦЕНЗЕНТЫ:
С.С. Иванова, зам. директора по УМР ВПО БПФ ГОУ «ПГУ им. Т.Г. Шевченко»
Д.В. Кожушкин, гл. инженер ООО «Вентком» г. Тирасполь

С 40 Системы кондиционирования воздуха и холодоснабжение: Курс лекций/ Сост. ***Т.И. Лохвинская*** / – Бендеры, 2019. – 59 с.

Курс лекций содержит систематизированные материалы по разделам дисциплины «Системы кондиционирование воздуха и холодоснабжение», материалы по методике самостоятельного изучения и практического освоения принципа работы систем кондиционирования воздуха зданий и сооружений, особенности устройства и работы оборудования систем кондиционирования. Рассмотрены принципиальные схемы систем кондиционирования в зданиях различного назначения. Приведены организационные мероприятия, направленные на энергосбережение.

Курс лекций предназначен для бакалавров по направлению «Строительство» профиля подготовки «Теплогазоснабжение и вентиляция» дневной и заочной формы обучения.

Рекомендовано
НМС ПГУ им. Т.Г. Шевченко

© Лохвинская Т.И., составление, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕАМБУЛА 4

ВВЕДЕНИЕ 5

1 ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЬЯВЛЯЕМЫЕ К СИСТЕМАМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА 9

2 КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА 12

3 ПРИМЕНЕНИЕ ЦЕНТРАЛЬНЫХ СИСТЕМЫ 14

4. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ (ТЕРМОТРАНСФОРМАТОРОВ) В АВТОНОМНЫХ СИСТЕМАХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ 15

5. ЦЕНТРАЛЬНЫЕ ОДНОЗОНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ 16

5.1. ЦЕНТРАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА С ПОСТОЯННЫМ РАСХОДОМ ВОЗДУХА 16

5.2 ЦЕНТРАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ ВОЗДУХА 18

6. ЦЕНТРАЛЬНЫЕ МНОГОЗОНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ 20

6.1 ЦЕНТРАЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА С ТЕМПЕРАТУРНЫМИ ДОВОДЧИКАМИ 20

6.2 МНОГОЗОНАЛЬНАЯ СКВ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ ВОЗДУХА 22

7. ДВУХКАНАЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА 24

7.1 СИСТЕМА КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА С ВЕНТИЛЯТОРНЫМИ ДОВОДЧИКАМИ 26

8. СИСТЕМА МНОГОЗОНАЛЬНОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ С ФАНКОЙЛАМИ. 27

9. СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА 28

9.1. ЦЕНТРАЛЬНЫЕ СКВ ДЛЯ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЙ 28

9.1.1 МЕСТНОЦЕНТРАЛЬНЫЕ СКВ В АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЯХ 29

9.2. СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА В ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ 30

9.2.1. *СКВ* В КЛАССНЫХ КОМНАТАХ ШКОЛ 30

9.3. СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЙ ИСКУССТВЕННЫХ КАТКОВ 31

9.4. *СКВ* ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЙ ОПЕРАЦИОННЫХ И РЕАНИМАЦИИ В БОЛЬНИЦАХ 33

9.5. СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ДЛЯ «ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ» .36

9.6. СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА В ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЯХ 41

9.7. СКВ В ЦЕХАХ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 47

10. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА 50

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 59

ПРЕАМБУЛА

Целью освоения дисциплины «Системы кондиционирования и холодоснабжения» является формирование у будущего специалиста мышления, позволяющее оценивать современные проблемы по оптимизации конструкций систем кондиционирования воздуха при проектировании, строительстве и эксплуатации жилых, общественных и промышленных зданий, привития решений по обеспечению оптимальных параметров микроклимата.

Задачи освоения дисциплины: приобретение понимания проблем выбора принципиальных решений систем кондиционирования воздуха для зданий различного назначения; овладение приемами анализа социально значимых проблем при создании систем микроклимата; формирование культуры безопасности, экологического сознания и мышления, при котором вопросы обеспечения микроклимата в зданиях и сооружениях рассматриваются в качестве важнейших приоритетов жизнедеятельности человека;готовность применения профессиональных знаний для повышения комфортных условий микроклимата в заданиях и сооружениях, улучшение условий труда и выполнение требований технологических процессов в промышленности; способностей к оценке вклада своей предметной области в решении проблем энергосбережения систем климатизации зданий и сооружений.

В результате освоения материала учебно-методического пособия бакалавр должен ***знать*** схемы, конструкцию, оборудование систем кондиционирования зданий и сооружений; организационные мероприятия, направленные на энергосбережение; ***уметь*** выбирать эффективную технологию кондиционирования воздуха в зданиях и сооружениях; применять полученные теоретические знания и практические навыки при проектировании систем кондиционирования воздуха и холодоснабжения; ***владеть*** методами проектирования систем кондиционирования воздуха.

ВВЕДЕНИЕ

Кондиционирование воздуха в производственных, общественных и жилых помещениях должно обеспечивать микроклиматические условия, которые способствуют сохранению здоровья людей, повышению производительности их труда, улучшению качества продукции, интенсификации производственного процесса.

Комплекс технических средств, с помощью которых осуществляется кондиционирование воздуха, называется ***системой кондиционирования воздуха*** *(СКВ*). В состав *СКВ* входят технические средства для забора воздуха, очистки в фильтрах, его перемещения по воздуховодам вентиляторами, обработки в теплообменниках, увлажнителях или осушителях воздуха, распределения в помещениях, а также средства тепло- и холодоснабжения, автоматического регулирования, дистанционного управления и контроля, насосы и трубопроводы, вспомогательное электрооборудование.

СКВ предназначены для следующих целей:

1. Создание допустимых и оптимальных (по выбору заказчика и СНиП) условий микроклимата в помещениях, предназначенных для пребывания работающих или отдыхающих людей;
2. Создание требуемых условий микроклимата для проведения технологических процессов с минимальным количеством брака.

Центральные кондиционеры (*ЦКД*) представляют собой неавтономные кондиционеры которые снабжаются энергоносителями реализации процессов обработки воздуха и осуществления привода вентиляторов, насосов, запорно-регулирующих устройств и механизмов (Рис.1.)

ЦКД нашли широкое применение в комфортном и технологическом кондиционировании. Центральные кондиционеры компонуются из отдельных конструктивных и функциональных блоков. Функциональные блоки предназначены для реализации процессов обработки, смешения потоков, изменения расхода, перемещения воздуха. Наружный воздух обрабатывается в кондиционере до состояния приточного воздуха в зависимости от периода года: очищается от пыли, нагревается или охлаждается, увлажняется или осушается, при необходимости

смешиваеся с рециркуляционным воздухом, распределяется несколькими потоками, перемещается по сети воздуховодов.

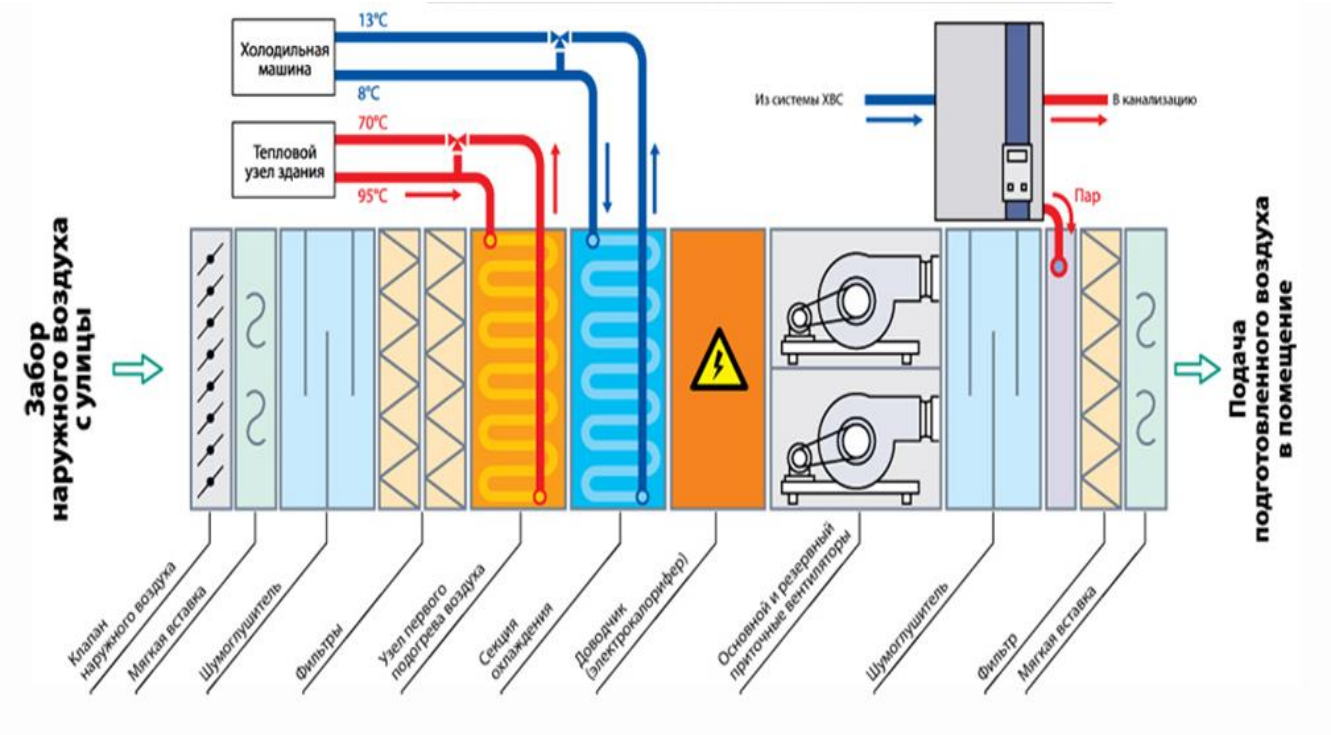

Рис.1. Принципиальная схема центрального кондиционера

Согласно технологической схеме обработки воздуха центральный кондиционер комплектуется технологическими функциональными блоками и конструктивными блоками в определенной последовательности их установки. Технологические функциональные блоки представляют собой воздушные клапаны, фильтры, воздухонагреватели, воздухоохладители, теплообменники для регенерации теплоты удаляемого воздуха, блоки увлажнения, блоки тепломассообмена, вентиляционные агрегаты, шумоглушители. 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, занимаемой оборудованием строительной площади.

Центральные кондиционеры выполнены в корпусе с несущим каркасом и панелями (Рис.2). Корпус изготовлен из пятигранных штампованных алюми-ниевых профилей, соединяемых с помощью угловых соединительных элементов, отлитых их алюминия, что определяет коррозионную стойкость конструкции. Панели типа

сэндвич имеют толщину 25...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; оцинкованной

Рис. 2. Блочный центральный кондиционер с пластинчатым теплообменником, воздухоохладителем, блоком сотового увлажнения, воздухонагревателем, приточным и вытяжным вентилятором.

стали с полимерным покрытием; алюминиевого сплава; нержавеющий стали.

Теплоизоляционный слой панелей одновременно является звукоизоляционным слоем. Для обеспечения герметичности соединений применяется прокладка из резины между панелью и каркасом. Центральный кондиционер может быть составлен из отдельных функциональных секций или представлять собой моноблок. Конструкция кондиционера из моноблоков удешевляет установку, уменьшает ее вес, габариты, упрощает монтаж. Центральные кондиционеры изготавливаются в следующих вариантах исполнения: 1. для установки внутри здания; 2. для установки снаружи здания; 3. гигиеническом исполнении для лечебных учреждений и «чистых» помещений.

Конструктивными особенностями современного оборудования центральных систем кондиционирования воздуха являются:

- разнообразие схем компоновки (двухъярусная компоновка с вытяжными вентиляторами, с теплоутилизаторами);

• минимальное количество камер обслуживания, объединение приемного блока и блока фильтров, функциональные блоки изготавливаются с дверцами для удобства обслуживания;

• вентиляторная секция, выполняющая функции присоединительного блока;

• разнообразие блоков увлажнения воздуха, использование новых способов увлажнения воздуха: при помощи ультразвуковых увлажнителей, современных форсуночных камер орошения);

• использование воздухоохладителей прямого испарения (испаритель холодильной машины);

• моноблочное исполнение типовых схем компоновки с единым корпусом и панелями снижающие вес агрегата, упрощающее монтаж, уменьшающее потери теплоты, холода, повышающее герметичность установки.

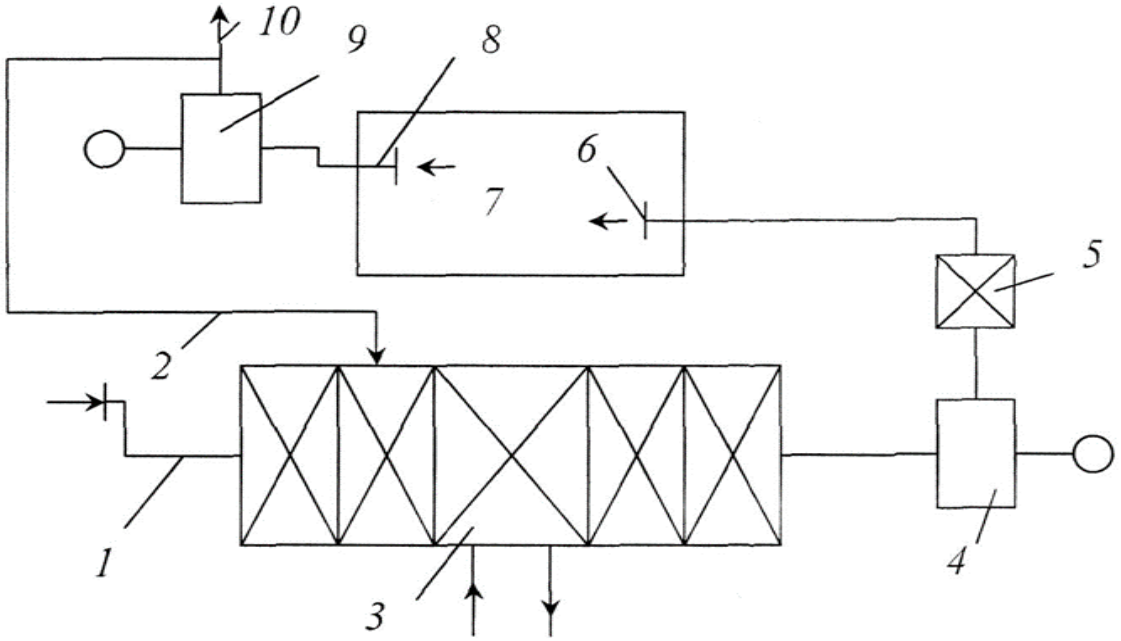

Рис. 3. Принципиальная схема центральной системы кондиционирования воздуха

1 – воздухозаборное устройство; 2 – рециркуляционный воздуховод; 3 – установка кондиционирования воздуха; 4 – приточный вентилятор; 5 – доводчик; 6 – система распределения воздуха; 7 – помещение; 8 – система удаления воздуха; 9 –вытяжной вентилятор; 10 – канал для удаления воздуха.

Наружный воздух через воздухозаборное устройство 1 (рис. 3.) подается в кондиционер (рис. 3. поз.3), где очищается в фильтре, при целесообразности смешивается с рециркуляционным воздухом, проходит регулируемую тепло-

влажностную обработку в специальных устройствах. В дальнейшем он может проходить дополнительную обработку в доводчиках (рис. 3.поз.5). Воздух поступает в помещение через воздухораспределительное устройство (рис. 3.поз.6) , которое обеспечивает требуемую скорость в обслуживаемой или рабочей зоне помещения. Приточный кондиционированный воздух выполняет в помещении свои регулирующие функции и замещает отработанный воздух. Воздух через вытяжные устройства может удаляться из помещения или частично направляться на рециркуляцию в кондиционер. Общественные, административные и производственные здания обслуживаются *СКВ* снабженными комплексными автоматизированными системами управления. Автоматизированная система кондиционирования поддерживает заданное состояние воздуха в помещении независимо от колебаний параметров окружающей среды.

1 ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЬЯВЛЯЕМЫЕ К СИСТЕМАМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

На начальном этапе проектирования системы обеспечения микроклимата перед проектировщиком стоит проблема выбора принципиального решения системы кондиционирования воздуха, основное назначение которой – создавать и поддерживать заданные параметры микроклимата в объеме помещений здания. При этом система кондиционирования воздуха должна отвечать следующим требованиям: комфортным, технологическим, техническим, конструктивным, экономическим, эксплуатационным, производственно – монтажным.

Комфортные требования микроклимата предполагают постоянное поддержание в зоне пребывания людей определенных сочетаний температуры и относительной влажности воздуха, отсутствие сквозняков, холодных токов воздуха; низкий уровень шума; подачу свежего обработанного воздуха в размере, необходимом для обеспечения в помещении качественной воздушной среды, свободной от пыли, запахов.

Технологические требования. Технология производства продукции выдвигает определенные требования к параметрам микроклимата, от которых в значительной

степени зависит качество продукции, ее выход, уменьшение количества отходов, обеспечивает высокую производительность труда работающих. Технология прецизионных цехов, индустриальных, лабораторий контроля качества производств выдвигает требования точного поддержания температуры воздуха в помещении. В цехах текстильного производства, изготовление фото- и кинопленки, полиграфических производственных помещениях требуется заданное поддержание относительной влажности воздуха. Производство пищевых продуктов (хлеба, молока, мяса, рыбы, кондитерских изделий, ликероводочных изделий) требует поддержания комплекса параметров температуры и относительной влажности воздуха. Технология особых производств (фармакология, производство продуктов питания, электронных микросхем) требует высокую чистоту воздуха. Особое значение имеет поддержание температуры и относительной влажности в музеях, архивах, библиотеках для сохранности памятников культуры.

Технические требования состоят в соответствии *СКВ* требуемой производительности согласно заданному уровню требований к обеспеченности параметров микроклимата; согласованной работе *СКВ* с системами, определяющими ее функционирование (источниками холода и теплоты, электро- и водоснабжения, освещения) и безопасности для жизнедеятельности. Производительность системы определяется расчетом максимальных нагрузок при обязательном учете нагрузки на отопление и расхода вентиляционного воздуха, определяющего чистоту воздуха в помещении. Производительность *СКВ* зависит от уровня требований к поддержанию параметров микроклимата. При выборе системы кондиционирования воздуха необходимо учитывать возможность увеличения ее производительности при расширении производства или достройке отдельных частей здания. *СКВ* и ее подсистемы (тепло- и холодоснабжение, водоснабжение и электроснабжение) предусматривают возможность регулирования производительности при изменяющихся нагрузках в отдельной зоне или помещении в целом. Требования по экологии и пожаробезопасности должны быть учтены при выборе типа системы.

Архитектурно – строительные требования, связанные с размещением в здании основных и вспомогательных элементов системы кондиционирования воздуха,

необходимо учитывать при планировке здания, разработке интерьеров и оформлении фасадов. *СКВ* и ее подсистемы требуют места для установки оборудования, прокладки инженерных коммуникаций (воздуховодов, трубопроводов, электрических проводок) занимают строительный объем и возможность их обслуживания. Для размещения *СКВ* отводятся отдельные помещения в подвале, на техническом этаже под крышей или между этажами, площадки на крыше, пространство подшивного потолка, фальшпола. Отдельные элементы *СКВ* (воздухораспределители, внутренние блоки, фэнкойлы, панели отопления и охлаждения) размещаются в помещении. Они должны гармонировать с интерьером, не должны быть источниками шума в помещении и мешать размещению мебели. Чиллеры, конденсаторы, наружные блоки, воздухозаборные устройства, охладители конденсаторов размещаются снаружи здания тем самым влияя на его облик.

Конструктивные требования состоят в том, чтобы статические и динамические нагрузки от оборудования *СКВ* не превышали максимально допустимой нагрузки для несущих конструкций перекрытия, фундаментов, отдельных площадок для размещения оборудования. Габариты оборудования должны быть согласованы с размерами монтажных проемов.

Экономические требования состоят в разумных единовременных и эксплуатационных затратах средств на создание и функционирование *СКВ*. Единовременные затраты включают стоимость *СКВ*, источников теплоты, холода, системы водоподготовки, системы тепло и холодоснабжения, электроснабжения, автоматического регулирования, строительного объема, занимаемого основным оборудованием и вспомогательными элементами. Увеличение единовременных затрат на *СКВ* вызвано применением энергосберегающего оборудования (энергосберегающие вентиляторы, чиллеры, насосы, оборудование регенерации теплоты удаляемого воздуха, использование потенциала наружного климата, тепловых насосов, аккумуляторов теплоты). Эксплуатационные затраты состоят из стоимости ремонта, межремонтного обслуживания, амортизации оборудования, непосредственно связанной с ожидаемым сроком службы системы, заменой оборудования или отдельных ее компонентов, стоимостью обслуживания, рабочей силы.

Производственно – монтажные требования, непосредственно связанные с долей единовременных затрат на монтаж *СКВ*, долей эксплуатационных затрат на обслуживание, ремонт всей системы и ее элементов. Использование моноблоков, изготовленных в заводских условиях снижает трудоемкость, сроки и стоимость монтажа *СКВ* и ее подсистемы.

Эксплуатационные требования определяются надежностью и управляемостью системы кондиционирования. *Надежность* – это свойство объекта, выполняющее заданные функции, сохраняя вовремя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования. Надежность зависит от типа системы и ее подсистемы. Надежность системы, состоящей из отдельных групп элементов (центральный кондиционер, холодильная машина, теплогенератор, теплообменники, насосные станции), определяется надежностью ее отдельных элементов (вентиляторов, фильтров, компрессоров, котла). Отказ одного элемента приводит к полному отказу системы. Надежность работы *СКВ* важна при технологическом кондиционировании воздуха, когда не допустимы отказы по условиям протекания технологического процесса. Для повышения надежности предусматривается резервирование оборудования или отдельных его элементов: электродвигателей, компрессоров, что связано с увеличением единовременных затрат. Под *управляемостью* понимается свойство системы под действием внутренних и внешних возмущающих воздействиях в автоматическом режиме обеспечивать заданные параметры микроклимата.

2 КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Современные системы кондиционирования могут быть классифицированы по следующим признакам:

- по основному назначению (объекту применения): комфортные и технологические;
- по принципу расположения кондиционера по отношению к обслуживаемому помещению: центральные и местные;

- по наличию собственного (входящего в конструкцию кондиционера) источника тепла и холода: автономные и неавтономные;
- по принципу действия: прямоточные, рециркуляционные и комбини-- рованные;
- по способу регулирования выходных параметров кондиционированного воздуха: с качественным (однотрубным) и количественным (двухтрубным) регулированием;
- по степени обеспечения метеорологических условий в обслуживаемом помещении: первого, второго и третьего класса;
- по количеству обслуживаемых помещений (локальных зон): однозональные и многозональные;
- по давлению, развиваемому вентиляторами кондиционеров: низкого, среднего и высокого давления.

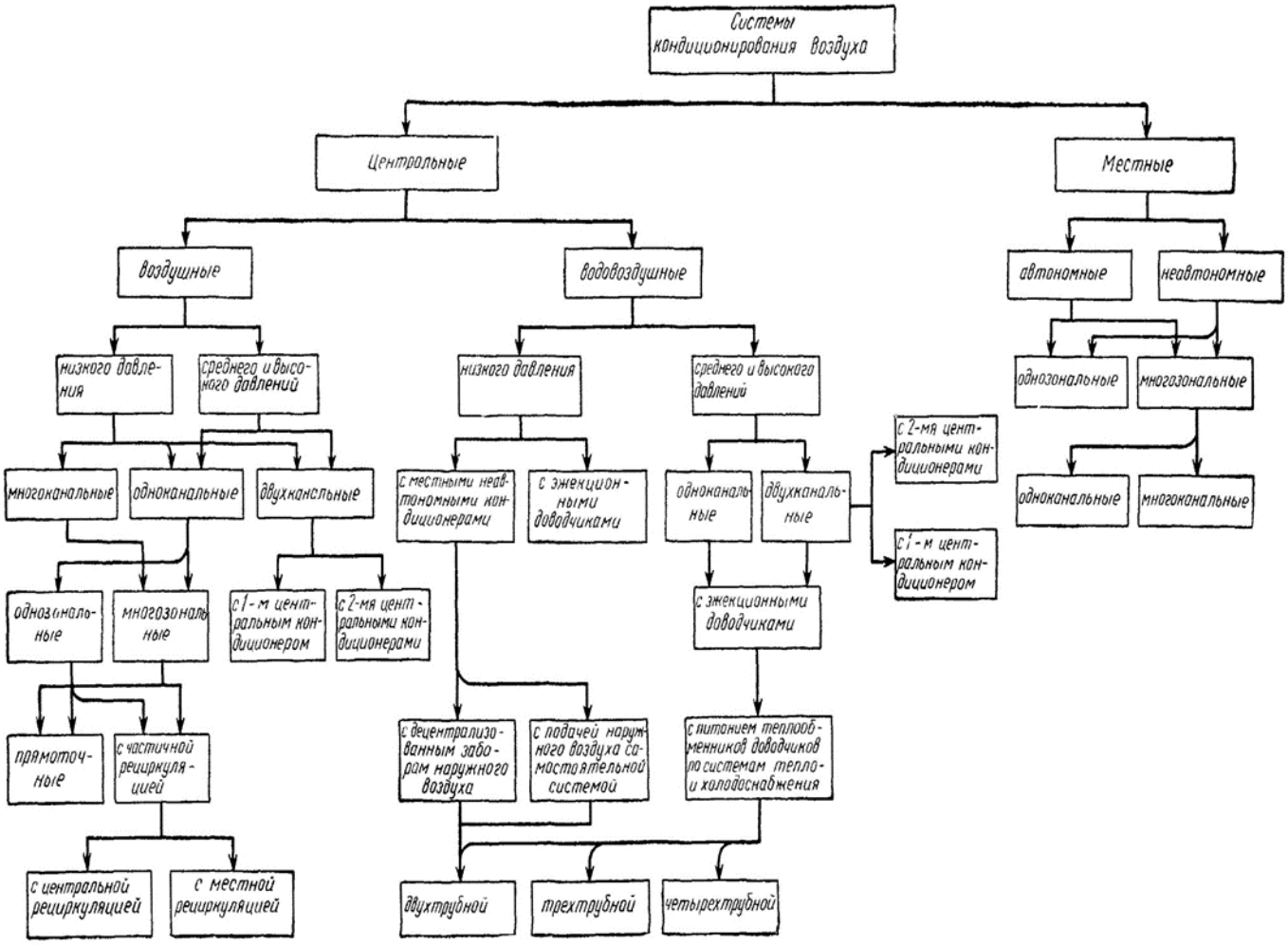

Рис. 4. Классификация систем кондиционирования воздуха

Кроме приведенных признаков классификации существуют разнообразные системы кондиционирования, обслуживающие специальные технологические процессы, включающие системы с изменяющимися во времени метеорологическими параметрами.

На рисунке 4 приведена примерная схема разнообразных систем кондиционирования воздуха учитывающая следующие признаки классификации: степень обеспечения метеорологических условий в обслуживаемом помещении, развиваемому вентилятором давлению, наличию источника тепла и холода, расположения СКВ относительно обслуживаемого объекта и количеству обслуживаемых помещений.

3 ПРИМЕНЕНИЕ ЦЕНТРАЛЬНЫХ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Центральные системы кондиционирования воздуха широко применяются для создания комфортных условий труда и жизнедеятельности:

- *в помещениях* большого объема с *равномерно распределенной внутренней* нагрузкой, незначительной внешней нагрузкой: зрительные залы театров, кинотеатров, спортивно-зрелищные сооружения, аудитории, торговые залы, производственные помещения;
- *в помещениях* большого объема с *неравномерно распределенной нагрузкой* отдельно для каждой зоны: зона зрителей и катка ледового дворца спорта, производственные цеха с неравномерно размещенным оборудованием - это что обусловлено технологическим процессом, большими расходами воздуха и протяженностью воздуховодов;
- *в небольших помещениях с особыми требованиями к качеству* и точности поддержания заданных параметров воздуха: температуры, относительной влажности, подвижности (прецизионные системы кондиционирования воздуха);
- *в помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха:* «чистые помещения», в которых воздухообмен определяется качеством внутреннего воздуха, а не удалением теплоты из помещения;

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

Для всех систем кондиционирования воздуха базовой является центральная система, в которой обрабатывается наружный воздух или его смесь с рециркуляционным воздухом. Оборудование для обработки воздуха размещено в отдельном помещении. Центральные и местные систем кондиционирования здания имеют общие источники теплоты, холода и водоснабжения, они соединены с функциональными блоками СКВ в системах тепло-, холодо-, водоснабжения.

Центральные системы кондиционирования воздуха могут быть с постоянным или переменным расходом воздуха. При изменении внутренних и внешних воздействий регулирование температуры, относительной влажности воздуха в помещениях осуществляется путем изменения количества теплоты, поступающей с приточным воздухом в помещение, температуры или расхода приточного воздуха. Действие систем с постоянным расходом воздуха направлено на регулирование и поддержание температуры приточного воздуха, систем с переменным расходом – на регулирование расхода и температуры приточного воздуха.

4. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ (ТЕРМОТРАНСФОРМАТОРОВ) В АВТОНОМНЫХ СИСТЕМАХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

Применение тепловых насосов напрямую связано с возрастающей тенденцией энергосбережения в работе *СКВ*. Система холодоснабжения автономных систем кондиционирования воздуха характеризуется тем, что теплота конденсации хладагента в холодильных машинах безвозвратно теряется при отведении ее в окружающую среду. Современные тенденции энергосбережения в современных системах кондиционирования воздуха направлены на использование теплоты конденсации хладагента и получают все большее распространение. Оборудование,

предназначенное для выработки холода с полезным использованием теплоты конденсации хладагента по функциональному назначению разделено на три самостоятельные группы: 1. теплонасосные холодильные установки; 2. холодильные установки с аккумуляторами теплоты и холода; 3. холодильные машины с устройствами для регенерации теплоты.

1. Основное назначение оборудования первой группы заключается в обеспечении теплом и холодом различных потребителей. Теплонасосные установки используются для нагрева промежуточных теплоносителей воды и воздуха. С использованием нагретых теплоносителей решаются задачи отопления поме-щений, нагрева воды для технологических целей, кондиционирования воздуха.

2. Особенность холодильных установок второй группы заключается в аккумулировании тепла или холода с последующим использованием в целях сглаживания неравномерной по времени нагрузки на холодильные машины, оттаивания покрытых инеем испарителей.

3. Оборудование третьей группы в качестве элементов конструкции содержит регенеративные теплообменники. Применение регенеративных теплообменников позволяет повысить коэффициент полезного действия холодильной машины путем регулирования давления конденсации что обеспечивает возможность регулирования холодопроизводительности, работоспособности холодильной машины в условиях пониженной температуры окружающей среды.

5. ЦЕНТРАЛЬНЫЕ ОДНОЗОНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

5.1. ЦЕНТРАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА С ПОСТОЯННЫМ РАСХОДОМ ВОЗДУХА

Центральные однозональные *СКВ* с постоянным расходом воздуха – часто используемые традиционные системы. Они применяются практически для всех помещений большого объема с постоянной или переменной нагрузкой: зрительные залы, конференцзалы, торговые залы, аудитории, в которых равномерно или неравномерно распределена нагрузка при высоких значениях отношения явного количества теплоты к ее полному значению; при технологическом

кондиционировании воздуха, когда тепловая и влажностная нагрузка неизменна: в «чистых» помещениях, в прецизионных системах кондиционирования воздуха.

В центральных однозональных системах кондиционирования воздухообмен в помещении определяется как наибольший из значений по условиям удаления избыточной теплоты, влаги и вредных газов. В случае недопустимости или нецелесообразности применения рециркуляция в помещении проектируется прямоточная *СКВ* работающая на наружном воздухе. При значительных тепло-поступлениях в помещении применяется рециркуляция воздуха. В этом случае *СКВ* может быть с одной или двумя каналами для рециркуляции воздуха. Схема однозональной *СКВ* с первой рециркуляцией и постоянным расходом приточного воздуха представлена на рисунке 5.

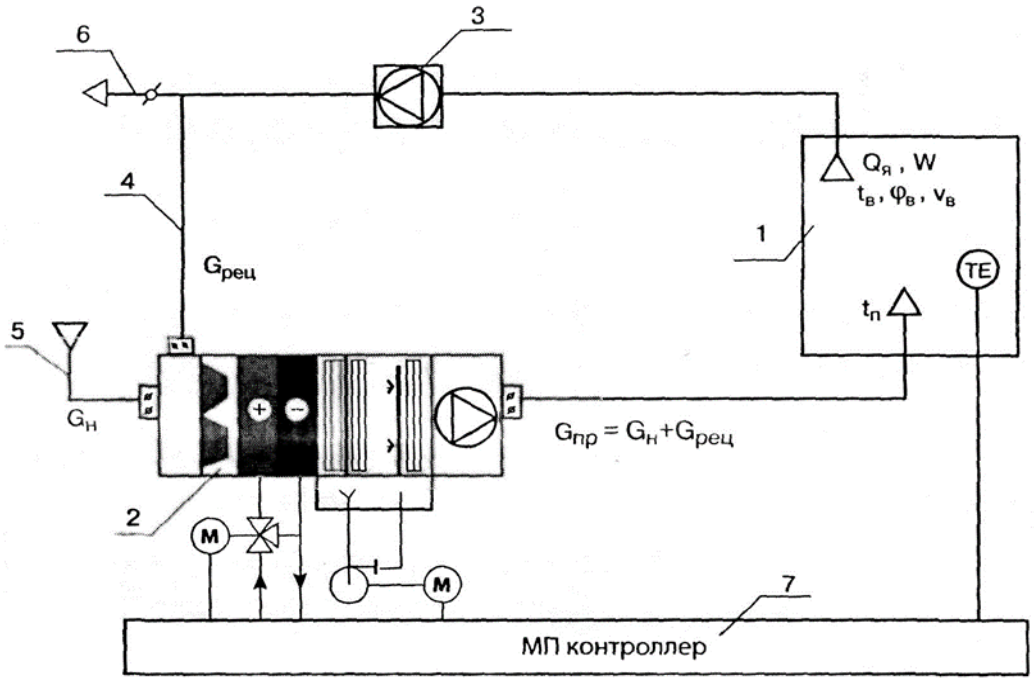

Рис. 5. Схема однозональной *СКВ* с первой рециркуляцией и постоянным расходом приточного воздуха:

1 – помещение; 2 – центральный кондиционер; 3 – вытяжной вентилятор; 4 – рециркуляционный воздуховод; 5 – воздухозабор; 6 – воздуховод удаляемого воздуха; 7 – микропроцессорный контроллер.

В теплое и холодное время года наружный воздух смешивается с рециркуляционным воздухом, проходит необходимую обработку в аппаратах центрального кондиционера: охлаждается и осушается в поверхностном воздухоохладителе в теплое время года, нагревается в воздухонагревателе первого

подогрева и увлажняется в холодное время года, подается в помещение по приточным воздуховодам. Заданные параметры воздуха в помещении поддерживаются центральной системой автоматического регулирования путем управляющих воздействий на аппараты обработки воздуха центрального кондиционера. При такой схеме работы *СКВ* реализуется качественный способ регулирования: изменяются температура и влагосодержание приточного воздуха. При проектировании таких систем следует учитывать режимы охлаждения и нагревания воздуха, обеспечивать схему воздухообмена в помещении рациональным выбором трассировки воздуховодов, размещением приточных и вытяжных устройств.

5.2 ЦЕНТРАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ ВОЗДУХА

Центральные однозональные *СКВ* с переменным расходом воздуха используются для помещений большого объема при постоянно изменяющейся нагрузке: в зрительных залах кинотеатров, обеденных залах кафе и ресторанов, заполняемых людьми с боль-шой неравномерностью во времени, в производственных помещениях с гибким техно-логическим процессом, в бассейнах при естественном изменении влагосодержания наружного воздуха без искусственного его осушения. За рубежом эти *СКВ* называют VAV (Variable Air Volume). Первоначально СКВ VAV предназначались для обслуживания многозональных, многокомнатных помещений или зданий в режиме охлаждения в теплый период года. С появлением электронных устройств регулирования числа оборотов электродвигателя вентилятора при помощи частотного преобразователя и технологии ЕСМ (электронной коммутации мотора) *СКВ* с переменным расходом воздуха применяются для одной зоны или помещения большого объема с переменной тепловой и влажностной нагрузкой. Схема и последовательность обработки воздуха в *СКВ* с переменным расходом воздуха аналогична схеме и последовательности обработки воздуха в *СКВ* с постоянным расходом воздуха. Заданные параметры воздуха в помещении поддерживаются центральной системой автоматического регулирования путем изменения числа оборотов электродвигателя

вентилятора центрального кондиционера. Такая схема обработки воздуха в *СКВ* реализует количественный способ регулирования параметров системы: изменяется расход приточного воздуха (рис.6). При проектировании таких систем необходимо обеспечить стабильную работу воздухораспределителей в помещениях, устойчивую циркуляцию воздуха по всему объему помещения.

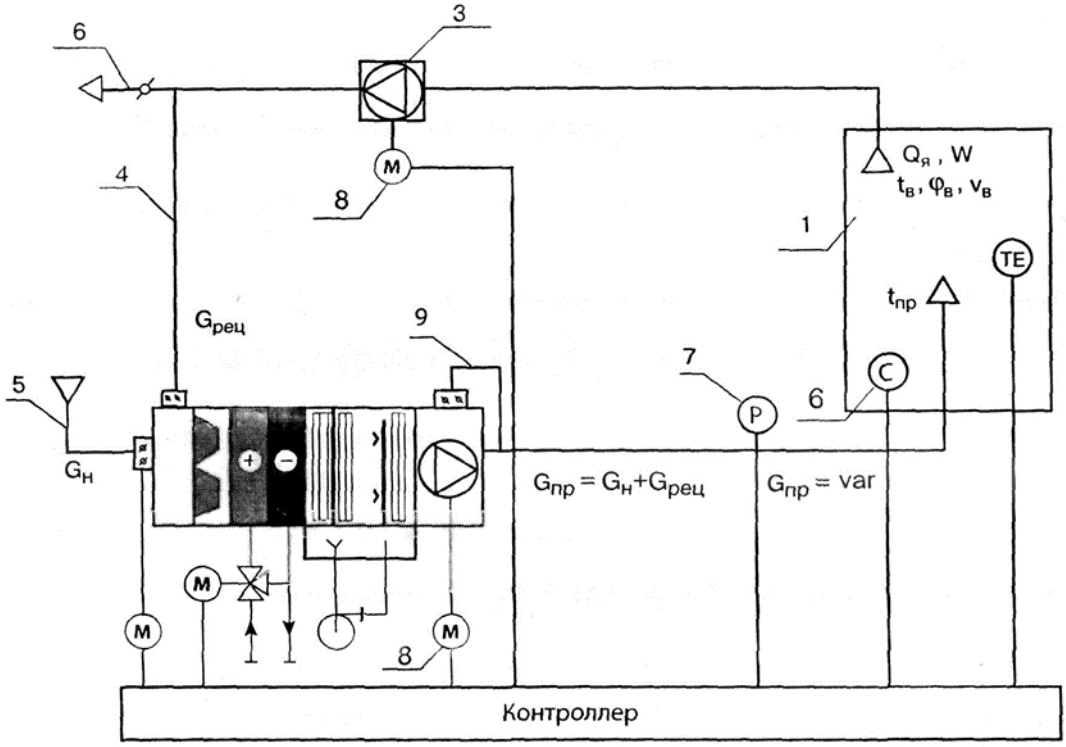

Рис. 6. Схема однозональной *СКВ* с первой рециркуляцией и переменным расходом приточного воздуха

В *СКВ* с переменным расходом воздуха используются воздухораспределители переменного типа обеспечивающие равномерное температурное поле в помещении при условии изменения расхода приточного воздуха. Тип воздухораспределителя определяет максимальное сокращение количества приточного воздуха, которое подается в помещение. Основной недостаток системы связан с техническими ограничениями по сокращению ее производительности.

6. ЦЕНТРАЛЬНЫЕ МНОГОЗОНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Многозональная *СКВ* – это система с зональными воздухонагревателями, которыми устанавливаются на всех ответвления воздуховодов в помещении. В качестве воздухонагревателей используются электрокалориферы – малоинерционные устройства работа которых не зависит от наличия системы тепло- и холодоснабжения. Температура воздуха в помещениях поддерживается автоматически с помощью исполнительного механизма, соединенного с датчиками температуры в помещении. Центральный кондиционер подает воздух в помещение с температурой, которая соответствует ее минимальному значению.

Центральные многозональные *СКВ* – более экономичные по сравнению с *СКВ* для каждой зоны помещения, обеспечивают точное поддержание температуры. Применяются при переменных нагрузках в обслуживаемых помещениях здания многокомнатной планировки, в отдельных зонах помещения большого объема, в помещениях с разными требованиями к параметрам микроклимата.

В процессе развития техники кондиционирования воздуха сложились следующие основные типы многозональных *СКВ*:

- системы с зональными поверхностными теплообменниками (температурны-ми доводчиками);
- система с местными рециркуляционными вентиляторами;
- системы с переменным расходом приточного воздуха;
- двухканальные системы;
- водовоздушные системы с эжекционными доводчиками;
- водовоздушные системы с вентиляторными доводчиками.

6.1 ЦЕНТРАЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА С ТЕМПЕРАТУРНЫМИ ДОВОДЧИКАМИ

СКВ с температурными доводчиками применяется для помещений с высокими нагрузками в реконструируемых зданиях с существующими системами водяного отопления; для новых зданий на первом этаже которых проектируются системы

отопления и вентиляции, а системы охлаждения проектируются с учетом дальнейшей реконструкции и усовершенствования центральной установки в более поздние сроки. Наибольшее распространение *СКВ* с температурными доводчиками получила для музеев и картинных галерей. Эта система применяется при значительном количестве скрытой теплоты в помещениях с применением оборудования для второго подогрева воздуха. Наружный воздух, обработанный в центральном кондиционере, поступает в отдельные помещения или зоны, проходя через температурные доводчики $Д_1$, $Д_2$ и $Д_3$ (рис. 7 .поз.7), в которых установлены поверхностные теплообменники, предназначенные для нагревания или охлаждения приточного воздуха.

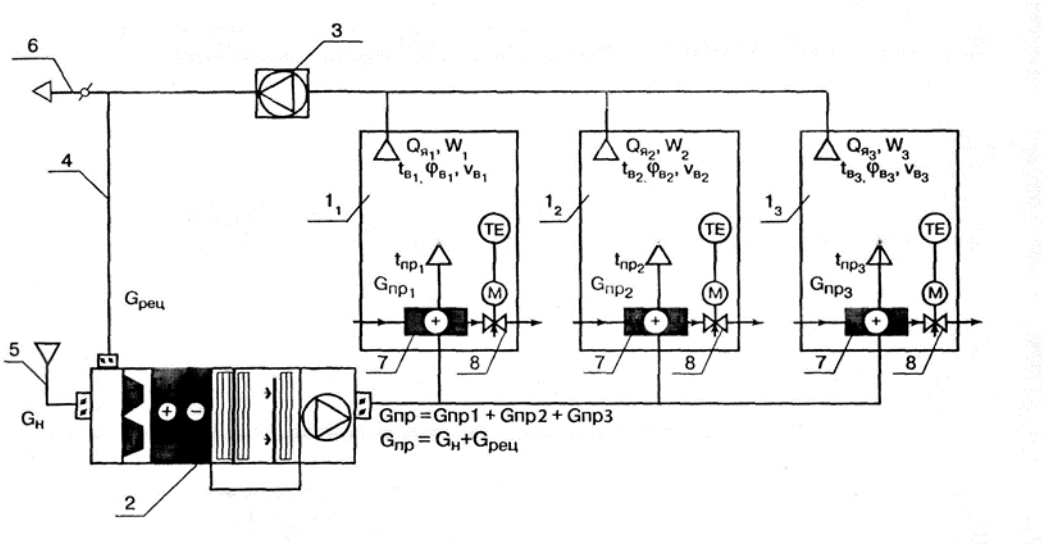

Рис.7. Система центральной многозональной *СКВ* с зональными подогревателями

1_1,1_2,1_3 – помещения; 2 – центральный кондиционер; 3 – вытяжной вентилятор; 4 – циркуляционный воздуховод; 5 – воздухозабор; 6 – вытяжной воздуховод; 7 – температурный доводчик; 8 – регулирующий клапан.

На обратных трубопроводах теплоносителя установлены регулирующие клапаны, (рис. 7, поз.8), исполнительный механизм которых срабатывает по сигналу датчика температуры воздуха в помещении. Воздухонагреватели температурных доводчиков выполняют функцию отдельных воздухонагревателей второго подогрева, которые нагревают воздух после его обработки в центральном кондиционере. Работа температурных доводчиков на охлаждение применяется при отсутствии воздухоохладителя в центральной *СКВ*, что связано с большими затратами холода на обработку воздуха, или при реконструкции системы. Применение

зональных воздухоохладителей установленных после центрального кондиционера с воздухоохладителем и воздухонагревателем второго подогрева сопряжено с дополнительными затратами энергии и приводит к значительному перерасходу холода и тепла. Центральная *СКВ* с зональными поверхностными теплообменниками может быть прямоточной или с применением рециркуляции воздуха. Применение *СКВ* с рециркуляцией воздуха позволяет снизить расходы холода и теплоты на обработку воздуха в центральной системе. В многоэтажных зданиях централизованная рециркуляция трудноосуществима и нецелесообразна. Возможно применение систем с поэтажными рециркуляцонными воздуховодами и вентиляторами. Центральные многозональные двухвентиляторные системы экономичнее рециркуляционных систем, они обеспечивают максимальное использование наружного воздуха для охлаждения в переходный и зимний период. По сравнению с другими системами за годовой цикл работы центральных *СКВ* с зональными воздухонагревателями неизбежны повышенные технологические показатели: расход электроэнергии, теплоты, холода, воды на увлажнение.

6.2 МНОГОЗОНАЛЬНАЯ СКВ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ ВОЗДУХА

Многозональная *СКВ* с переменным расходом воздуха применяется для охлаждения многозональных помещений, в зданиях с многокомнатной планировкой. Обработанный в центральном кондиционере приточный воздух поступает в отдельные помещения или его зоны с одинаковыми параметрами (рис. 8). Поддержание температуры воздуха в помещении обеспечивается изменением количества воздуха, подаваемого в отдельные помещения или зоны. Для этого каждое помещение (зона) оснащена терминалом, основной элемент которого – воздушный регулирующий клапан (рис. 8, поз.5) плавно изменяющий расход приточного воздуха в зависимости от отклонения температуры воздуха в помещении от его заданного значения. При уменьшении количества теплоты, поступающей в помещение, сокращается подача воздуха. С уменьшением теплопоступлений в помещении уменьшается расхода наружного воздуха, что приводит к уменьшению его давления. В связи с этим поддержание необходимого давления в помещениях регуляторы избыточного давления воздуха (рис. 8, поз.8),

установленные в помещениях сокращают производительность вытяжных вентиляторов. Расход приточного воздуха в *СКВ* с переменным расходом воздуха всегда выше минимально необходимого расхода наружного воздуха, поэтому чаще всего эти системы предусматривают рециркуляцию воздуха. *СКВ* с переменным расходом воздуха надежно работает при качественном и надежном управлении (рис. 8, поз.9).

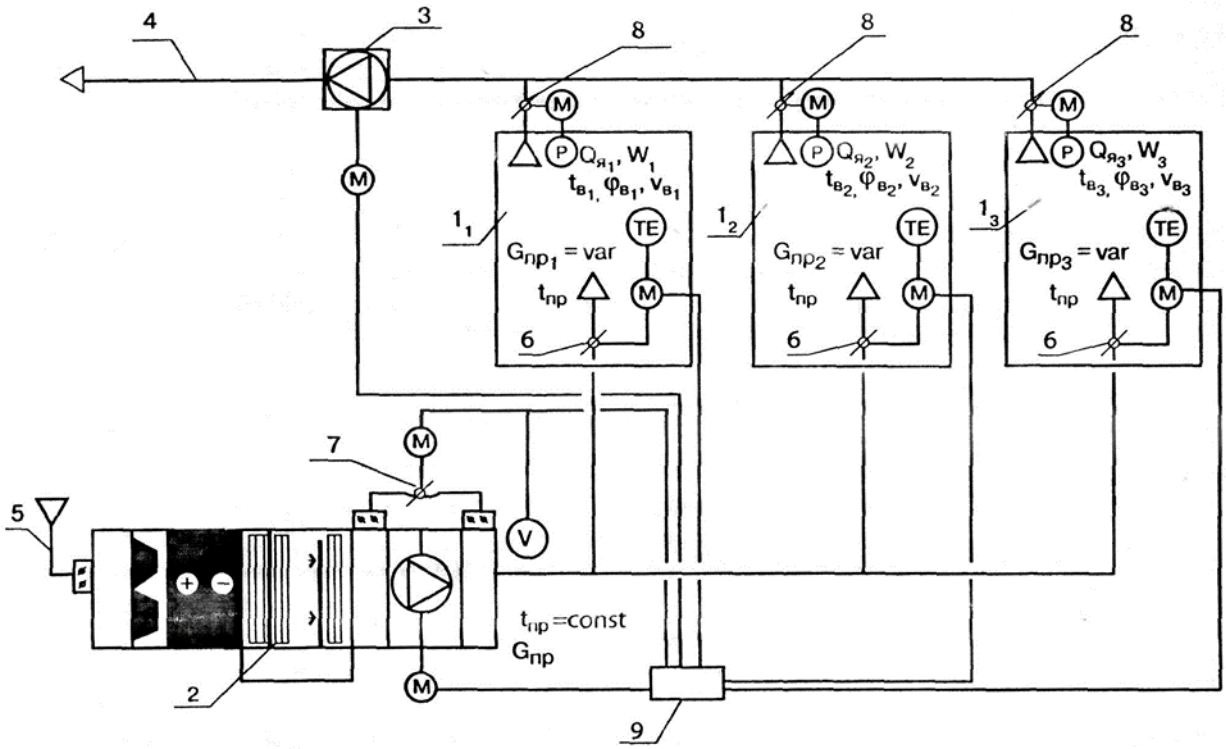

Рис.8. Многозональная схема *СКВ* с переменным расходом воздуха

1_1,1_2,1_3 – помещения; 2 – центральный кондиционер; 3 – вытяжной вентилятор; 4 –вытяжной воздуховод; 5 – воздухозабор; 6 –регулирующий клапан на приточном воздуховоде с исполнительным механизмом и датчиком температуры; 7 – клапан на обводной линии вентилятора; 8 – клапан избыточного давления; 9 – блок управления.

Функции управления: связь с каждым зональным регулирующим воздушным клапаном для определения требуемого расхода воздуха и передачи данных о текущем состоянии системы; выбор рабочего режима в зависимости от нагрузки, управление вентилятором, аппаратами обработки воздуха для охлаждения и нагревания; управление обводным воздушным клапаном в соответствии со скоростным и статическим давлением в воздуховодах; контроль и регулирование расхода наружного воздуха.

Многозональные *СКВ* с переменным расходом воздуха могут работать с постоянным или переменным числом оборотов рабочего колеса вентилятора. В системе с постоянным числом оборотов осуществляется перепуск воздуха из приточного воздуховода в рециркуляционный, при этом общая производительность *СКВ* и вентилятора не изменяются, потребление электроэнергии вентилятором снижает незначительно. В системе предусмотрен клапан на обводной линии (рис. 8, поз.7), который рассчитывает пропуск 80 % номинальной подачи вентилятора за вычетом суммы минимальных расходов наружного воздуха каждой зоны по санитарной норме. В *СКВ* с переменным числом оборотов рабочего колеса вентилятора производительность и потребляемая мощность приточных и вытяж-ных вентиляторов уменьшаются. Эта система в энергетическом отношении эффек-тивнее *СКВ* с неизменным числом оборотов вентилятора.

7. ДВУХКАНАЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Двухканальная *СКВ* предопределяет централизованное получение воздуха с регулированием его двух параметров: температуры и относительной влажности и транспортирование его потребителям по двум воздушным каналам (воздуховодам). Каждый потребитель имеет свой индивидуальный воздухораспределитель, в котором регулируется датчиком температура воздуха. Количество воздуха, поступающего в помещение, остается неизменным. Централизованная обработка воздуха двух параметров может производится двумя или одним кондиционером с двумя воздушными каналами со встроенными воздухонагревателем и воздухо-охладителем.

Двухканальная *СКВ* рекомендуется к применению в помещениях и знаниях с неравномерно изменяющимися нагрузками явной теплоты. *СКВ* обеспечивает точ-ное поддержание заданной температуры в каждом помещении, а в отдельных схемах СКВ – относительной влажности воздуха. Преимущество двухканальных систем возрастает при увеличении количества помещений в здании. Применяется такая система в многоэтажных административных зданиях, гостиницах, лабора-торных корпусах со степенью остекления наружных стен не более 60%, музеях.

Конструктивное устройство двухканальных *СКВ* достаточно разнообразно. Главное различие состоит в точности регулирования относительной влажности воздуха в помещении. Лучшие технологические показатели имеют схемы в которых наружный воздух охлаждается и осушается летом, увлажняется зимой, смешивается с рециркуляционным воздухом, направляется в два канала в каждом из которых устанавливаются, воздухонагреватель и воздухоохладитель (рис. 9).

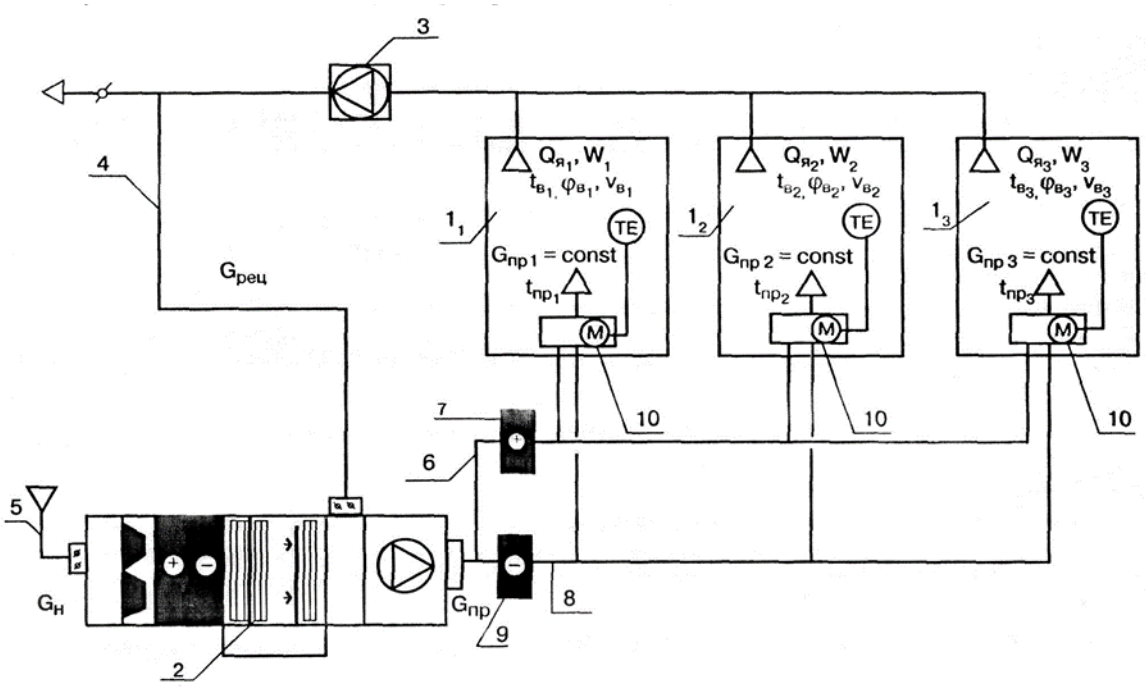

Рис. 9. Двухканальная схема *СКВ* с одним кондиционером.

1_1,1_2,1_3 – помещения; 2 – центральный кондиционер; 3 – вытяжной вентилятор; 4 – рециркуляционный воздуховод; 5 – воздухозабор; 6 – канал подогретого воздуха; 7 – воздухонагреватель ; 8 – канал охлажденного воздуха; 9 – воздухоохладитель; 10 –смесительное устройство с исполнительным механизмом.

Обработка воздуха в центральной двухканальной *СКВ* осуществляется в два этапа: первоначально воздух обрабатывается в центральной установке кондиционирования воздуха (рис. 9, поз.2), затем поток воздуха делится на два канала (рис. 9, поз.6, поз.8), в которых устанавливаются воздухонагреватель (рис. 9 поз.7) и воздухоохладитель (рис.9, поз.9). Поддержание заданной темпе-ратуры воздуха в помещении обеспечивается смешением подогретого и охлажденного потока воздуха в необходимом соотношении таким образом, чтобы придать приточному воздуху необходимую температуру. Расход воздуха поступающего в

помещение при этом остается неизменным. В каждом помещении устанавливаются смесительные устройства (рис.9, поз.10) со встро-енным регулирующим воздушным клапаном, исполнительный механизм которого соединен с датчиком температуры воздуха в помещении. По сигналу датчика температуры изменяется соотношение количества нагретого и холодного воздуха и, соответственно, параметры приточного воздуха. Для обеспечения стабильности подачи воздуха в помещение применяют регуляторы расхода воздуха, вмонтированные в смесительные устройства. Смесительное устройство обеспечивает поддержание расхода воздуха от номинального значения в диапазоне изменения статического давления min…max с точностью до 5 %.

7.1 СИСТЕМА КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА С ВЕНТИЛЯТОРНЫМИ ДОВОДЧИКАМИ

СКВ с вентиляторными доводчиками - это вариант водовоздушной *СКВ*, в которой в качестве местных агрегатов используются фэнкойлы или напольные кон-векторы. В центральной установке кондиционирования воздуха обрабатывается суммарное количество минимально необходимого наружного воздуха который подается в помещения. Обработанный в кондиционере воздух по сети воздухово-дов (рис. 10) поступает непосредственно в помещение через воздухорас-пределители или в вентиляторный доводчик (рис.10,поз.5), если его конструкция

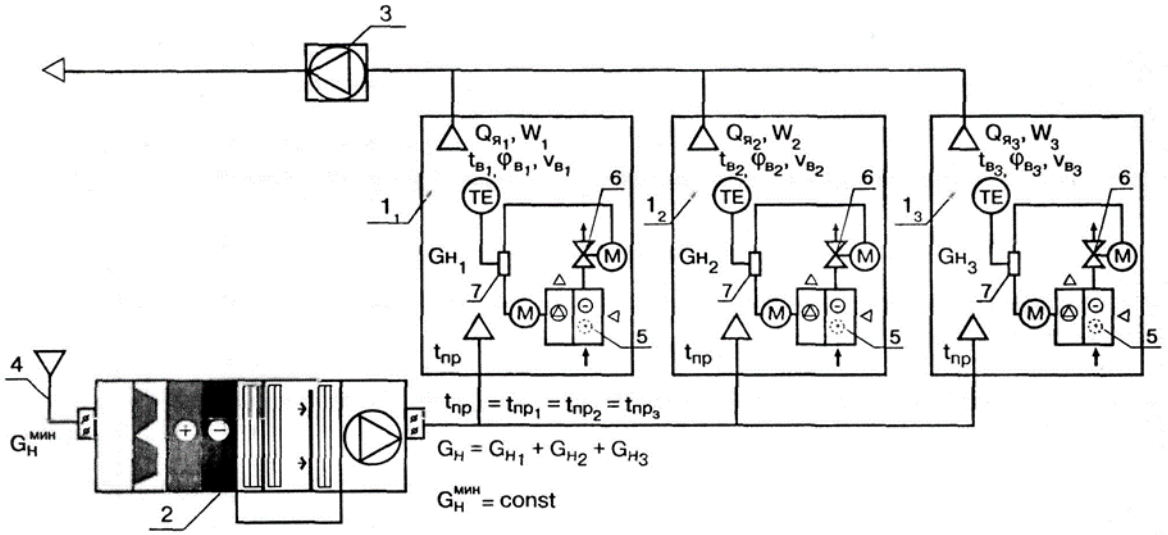

Рис. 10. Схема *СКВ* с вентиляторными доводчиками

1_1,1_2,1_3 – помещения; 2 – центральный кондиционер; 3 – вытяжной вентилятор; 4 – воздухозабор; 5 –вентиляторный доводчик ; 6 – регулирующий клапан на обратном трубопроводе; 7 – регулятор скорости вращения вентилятора вентиляторного доводчика.

предусматривает смешение наружного и рециркуляционного воздуха. В вентиляторном доводчике проходит обработку рециркуляционный воздуха. В зависимости от периода года воздух может охлаждаться или нагреваться в теплообменнике вентиляторного доводчика. К теплообменнику (рис. 10, поз. 5) по системе трубопроводов подводится холодная вода в теплый период года, горячая вода в переходный (холодный) период года. Движение воздуха через теплообменник в отличие от эжекционных доводчиков обеспечивает встроенный вентилятор. Поддержание заданной температуры в каждом помещении осуществляется системой управления. В соответствии с заданной температурой воздуха в помещении изменяется скорость вращения вентилятора и расход теплоносителя через теплообменник. Для этого в конструкции вентиляторного доводчика предусмотрены специальные регулирующие устройства (рис. 10, поз. 6,поз.7).

СКВ с вентиляторными доводчиками обеспечивает поддержание требуемой температуры воздуха в каждом помещении независимо от времени года, изменение нагрузки на *СКВ* при сохранении минимального воздухообмена в помещении. Относительная влажность воздуха в помещениях поддерживается в пределах оптимальных значений, поддержание строго заданных значений относительной влажности воздуха в данной системе невозможно.

8. СИСТЕМА МНОГОЗОНАЛЬНОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ С ФАНКОЙЛАМИ.

В многозональной *СКВ* с фэнкойлами основная тепло- и холодонагрузка приходится на вентиляторные доводчики-фэнкойлы. Фэнкойл состоит из одного или двух теплообменников и вентиляторной группы. Центральный кондиционер подает требуемое санитарными нормами количество воздуха в помещения. Вторая задача центрального кондиционера в холодный период – поддерживать

влагосодержание приточного воздуха. Поддержание температуры воздуха в каждом помещении выполняется системой управления фэнкойлом. Температура воздуха задается датчиком или переносным пультом управления. В соответствии с заданной температурой воздуха изменяется частота вращения вентилятора фэнкойла и расход теплоносителя через теплообменник при помощи трехходового крана. В фэнкойлах с двумя теплообменниками один предназначен для горячей воды, второй – для холодной воды. Фэнкойлы с одним теплооб-менником предусматривает централизованное подключение теплоносителя или работу только на охлаждение воздуха. Фэнкойлы могут устанавливатся под окном, на стене, под потолком, в пространстве подшивного потолка. При установке фэнкойла под окном он выполняет функции налагается отопительного прибора системы отопления. В фэнкойлы подается холодная вода с параметрами 7…12 ^{0}С. Для *СКВ I класса* влагосодержание воздуха соответствует значению 9,5…10 г/кг, температура точки росы при этом условии превышает 13…14 ^{0}С. При контакте воздуха таких параметров с поверхностью фэнкойла влага из воздуха конденсируется, поэтому каждый фэнкойл снабжается поддоном для сбора конденсата с последующим его присоединением к дренажной системе.

9. СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

9.1. ЦЕНТРАЛЬНЫЕ СКВ ДЛЯ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЙ

Для административных зданий характерно многокомнатное расположение служебных помещений. Традиционным решением *СКВ* являлось проектирование периметральной системы отопления с расположением под окнами радиаторов или конвекторов. Центральной приточный агрегат обеспечивает подачу по помещениям смеси приточного наружного и рециркуляционного воздуха с устройством зональных воздухонагревателей для регулирования температуры приточного воздуха для общей группы помещений. В последнее время наметилась тенденция строительства административных зданий для сдачи их помещений в аренду отдельным фирмам. Арендующая фирма может занимать целый этаж или его часть. Режимы работы, насыщенность электронным оборудованием в помещениях различны, поэтому теплопритоки невозможно

учесть при разработке проекта. В таких зданиях применяется центральная система с рециркуляцией и подачей приточного воздуха через щелевые воздухораспределители на потолке. Вытяжка осуществляется через плафоны, расположенные на потолке на расстоянии не менее 1,5 метров от приточных устройств. Но периметру здания устанавливаются стальные радиаторы с терморегулирующими вентилями, которые обеспечивают изменение расхода горячей воды по уровню желаемой настройки температуры воздуха в зоне размещения нагревательного прибора.

9.1.1 МЕСТНОЦЕНТРАЛЬНЫЕ СКВ В АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЯХ

В последние годы получили широкое применение местоцентральные *СКВ* с установкой в помещениях вентиляторных доводчиков (фэнкойлов). Зарубежным производителям вентиляторных доводчиков выгодна их постановка, так как через 8…10 лет электровентиляторная группа фэнкойлов вырабатывает свой ресурс качественной малошумной работы, необходима их замена. Стоимость замены составит не менее 70% первоначальной стоимости. В теплообменнике фэнкойла насосом подается горячая вода, поэтому, в условиях мягких зим фэнкойлы успешно выполняют роль нагревательных приборов. Применение вентиляторных агрегатов связано с существенным недостатком: высокая скорость движения воздуха, недопустимо низкая температура при охлаждении воздушной струи, которая подается в обслуживаемую зону помещения. Поэтому, при проектировании местоцентральных *СКВ* с установкой в помещениях вентиляторных доводчиков (фэнкойлов) вентиляторные агрегаты следует размещать в помещении таким образом, чтобы в зоне их непосредственного воздействия не находились постоянные рабочие места. В режиме охлаждения в теплообменник вентиляторного агрегата подается воздух из верхней зоны помещения. Это делает энергетически неэффективной применение схемы подачи санитарной нормы наружного воздуха в рабочую зону, так как в верхней зоне помещения образуются конвективные потоки воздуха более высокой температуры по сравнению с температурой потока воздуха в рабочей зоне помещения.

9.2. СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА В ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ

9.2.1. *СКВ* В КЛАССНЫХ КОМНАТАХ ШКОЛ

Принципиальные схемы *СКВ* определяются назначением, строительно-архитектурными решениями общественного здания. В зданиях школьных учебных заведений применяется центральная приточная система вентиляции совмещенная с воздушным отоплением. Круглогодовое функционирование такой системы требует затрат значительное количество тепла и электроэнергии, однако, имеют место жалобы на неблагоприятный микроклимат, создаваемый работой традиционной центральной системы воздушного отопления и вентиляции в классных комнатах.

Наиболее энергетически эффективной и создающей комфортные условия для учащихся и учителей является местноцентральная *СКВ* с установкой под окнами в классных комнатах воздушных доводчиков, подающих приточный воздух в обслуживаемую зону помещения. В режиме воздушного отопления и вентиляции классных помещений приточный воздух подается в помещение под потолком. Приточная струя ассимилирует тепло- и влаговыделения, вредные газы, выделяемые учениками. Тепловые конвективные струи поднимающиеся в верхнюю зону помещения под потолок частично возвращают вредности в зону обслуживания, что значительно ухудшает санитарно-гигиенические качества воздуха в помещениях классов. Серьезным недостатком традиционной центральной системы является невозможность осуществления регулирования теплового режима в каждом помещении, отсутствие организованной вытяжки загазованного воздуха из классных комнат.

СКВ для классных комнат зданий школьных учебных заведений обеспечивает приток санитарной нормы приточного наружного воздуху в зону обслуживания, организованную вытяжку осуществляет под потолком. В целях значительного снижения расходов тепла на подогрев приточного наружного воздуха применяются установки утилизации теплоты вытяжного воздуха.

9.3. СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЙ ИСКУССТВЕННЫХ КАТКОВ

Закрытые помещения с искусственными катками требуют применения *СКВ*, назначением которых предусматривает:

- обеспечение отсутствия тумана у поверхности ледяной арены;
- отсутствие конденсата на строительных и ограждающих конструкциях помещений катков;
- обеспечение санитарно-гигиенических параметров воздушной среды в зонах помещения, где находятся люди.

Исходя их этих трех основных задач закрытые помещения с искусственными катками оборудуются тремя различными по назначению видами *СКВ*:

1. *СКВ* обслуживающую зону ледяной арены;
2. *СКВ* обеспечивающую температуру внутренних поверхностей строительных и ограждающих конструкций зданий;
3. *СКВ* создающую требуемые санитарно-гигиенические параметры воздуха в зонах нахождения людей.

В *СКВ* обеспечивающей температуру внутренних поверхностей строительных и ограждающих конструкций зданий должна поддерживаться температура в помещении искусственного катка выше температуры точки росы окружающего внутренние поверхности воздуха. Это предотвращает образование конденсации водяных паров из окружающего воздуха на внутренние поверхности помещения.

В зависимости от вида мероприятий, проводимых на ледяной арене, *СКВ* поддерживается различная температура льда.

Для проведения игр по хоккею требуется жесткий лед, для этого необходимо обеспечить *СКВ* температуру поверхности льда в пределах -6,5…-5,5 ^{0}С, температура воздуха в зоне ледяной арены поддерживается в пределах 6…10 ^{0}С.

Для фигурного катания *СКВ* обеспечивает температуру поверхности льда в пределах - 4…- 3 ^{0}С, температура воздуха в зоне ледяной арены должна быть 10…13 ^{0}С.

Для развлекательного катания посетителей катка температура льда должна быть равной - 3…- 2 ^{0}С, температура воздуха до 15 ^{0}С.

Для катков спортивного скоростного катания необходимо соблюдать режим «мягкого льда»: температура поверхности льда в пределах - 0,5…- 2 ^{0}С, температура воздуха до 15 ^{0}С.

СКВ для обслуживания ледяной арены проектируется на условия поддержания рекомендуемой температуры воздуха в зоне нахождения людей на ледяной арене. Тепловой режим в зоне нахождения людей на ледяной арене определяется теплопритоками, обусловленными низкими температурами повер-хности льда $t_л$, ^{0}С. Принципиальная схема *СКВ* для обслуживания ледяного поля или арены со зрителями и сценой предложена на рис. 11.

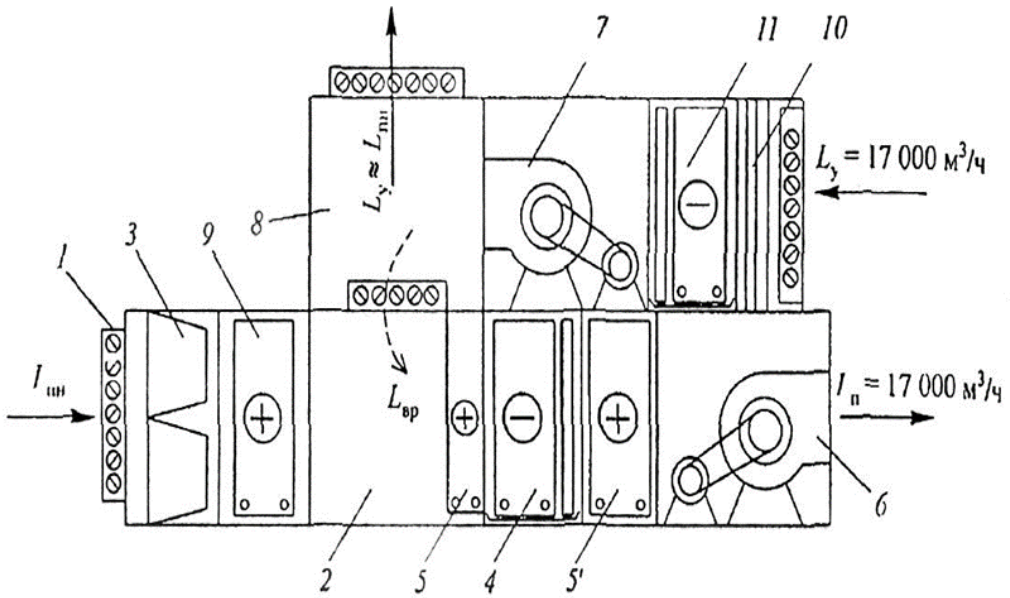

Рис. 11. Принципиальная схема *СКВ* для обслуживания ледяного поля.

1– клапан забора наружного воздуха; 2 – смесительная камера; 3 – карманный фильтр; 4 – воздухоохладитель с сепаратором; 5,5¹ – воздухоподогреватель; 6 – приточный вентилятор; 7 – вытяжной вентилятор; 8 – камера разделения рециркуляционного и удаляемого воздуха; 9 –рекуператор утилизации теплоты приточного воздуха; 10 – фильтр; 11 – рекуператор утилизации теплоты удаляемого воздуха.

9.4. *СКВ* ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЙ 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.

Наиболее ответственными по качеству воздушной среды являются помещения операционных, в 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 параметры воздушной среды, при которых не образуется статического электричества: температура 20…23 ^{0}С, высокая относительная влажность 50…60%. Медицинский персонал в операционных всегда одет в брючные костюмы, шапочки, резиновые перчатки, марлевые повязки. Такие условия создают дополнительные трудности отведения тепло- и влаговыделений от работающих людей, что является недопустимым - при потоотделении от людей в воздух помещения выделяется большое количество бактерий. Поэтому, в теплый период года температура воздуха в помещении операционной не должна быть выше 23 ^{0}С. Болезнетворные бактерии могут поступать в помещение операционной с приточным воздухом из соседних помещений, от персонала операционной. Для очистки воздуха от бактерий осуществляется многоступенчатая очистка санитарной нормы приточного наружного и внутреннего воздуха.

В целях экономии тепла на нагрев приточного наружного воздуха и сокращения расхода электроэнергии на работу холодильных машин *СКВ*

используется утилизация теплоты и холода удаляемого воздуха и охлаждения приточного наружного воздуха.

На рис. 12 показана принципиальная схема *СКВ* для помещения операционной больницы с энергосберегающими режимами круглогодовой работы.

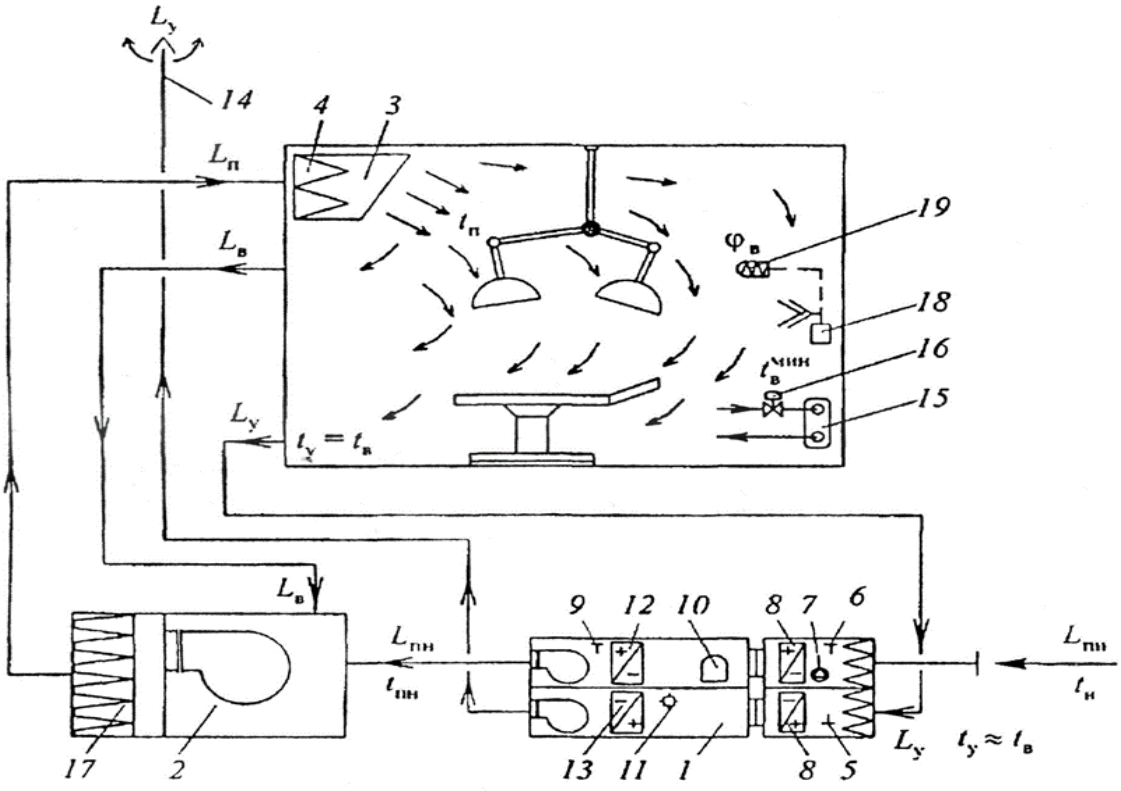

Рис. 12. Принципиальная схема *СКВ* помещения операционной

Принципиальная схема *СКВ* по энергосберегающей технологии для операционной состоит из трех конструктивных элементов:

- приточно-вытяжного агрегата для круглогодовой обработки приточного наружного воздуха $L_{пн}$ (Рис.12 поз.1);
- смесительно-очистительного приточного агрегата для подачи в помещение операционной приточного воздуха $L_п$ (Рис.12 поз.2);
- настенного приточного воздухораспределителя (Рис.12 поз.3) со встроенным фильтром абсолютной очистки приточного воздуха (Рис.12 поз.4).

Фильтры абсолютной очистки называются HEPA фильтр (High Efficiency Particle Air анг.). В соответствии с условиями формирования теплового режима в поме-щении операционной приточно-вытяжной агрегат (Рис.12 поз.1) включает

аппа-раты для круглогодовой подготовки приточного наружного воздуха $L_{пн}$ по энер-госберегающей технологии при помощи датчика (Рис.12 поз.5), контролирую-щего температуру удаляемого воздуха $L_у$. Температура удаляемого воздуха $t_у$ равна температуре воздуха в операционной $t_в$.

В холодный период датчик контроля температуры наружного воздуха $t_н$ (Рис.12 поз.6), включает насос (Рис.12 поз.7) установки утилизации теплоты (Рис.12 поз.8). В этом режиме теплота удаляемого воздуха $L_у$ будет переда-ваться на нагрев приточного наружного воздуха. Датчик контроля температуры приточного наружного воздуха $t_{пн}$ (Рис.12 поз.9), воздействует на пускатель электродвигателя компрессора (Рис.12 поз.10) и четырехходовой автома-тический клапан (Рис.12 поз.11). В режиме нагрева приточного воздуха работает компрессор (Рис.12 поз.10). Четырехходовой клапан (Рис.12 поз.11) обеспечи-вает поступление горячих паров холодильного агента в трубки теплообменника (Рис.12 поз.12), который в этом режиме работы установки является конден-сатором (работа в режиме теплового насоса). Теплота конденсации передается в теплообменнике (Рис.12 поз.12) приточному наружному воздуху. Удаляемый воздух охлаждается в теплообменнике (Рис.12 поз.13), который в этом режиме работы установки является испарителем холодильной машины. Охлажденный удаляемый воздух удаляется по воздуховодам через вытяжное устройство (Рис.12 поз.14) в атмосферу.

Для создания благоприятного теплового режима в помещении операционной при наличии окон устанавливаются нагревательные приборы (Рис.12 поз.15) с обязательным применением на трубопроводах подачи горячей воды терморегулятора (Рис.12 поз.16), настроенного на поддержание минимального значения температуры в помещениях $t_{вmin}$=18 ^{0}С. Подготовка и проведение операций требует использования в операционном помещении электропотреб-ляющих приборов (светильников, электроприводов медицинских аппаратов). Это обусловливает наличие тепловыделений, которые должны восприниматься холодным приточным воздухом. Для обеспечения нормируемого перепада тем-ператур между приточным воздухом и воздухом в рабочей зоне проведения опе-

рации (не более 6 ^{0}С) в помещении операционной необходимо организовать специальную схему воздухораспределения «сверху - вниз» (рис.12).

В холодный период года для поддержания в рабочей зоне помещения температуры $t_в$ = 20 ^{0}С температура приточного воздуха на выходе из воздухораспределителя (Рис.12 поз.3) поддерживается на 6 ^{0}С ниже температуры помещения $t_в$.

Требуемая температура приточного воздуха $t_п$ обеспечивается смешением в приточном агрегате (Рис.12 поз.2) холодного наружного $L_{пн}$ и внутреннего $L_в$ воздуха. Смесь приточного воздуха $L_п$ очищается в агрегате (Рис.12 поз.2) фильтром тонкой очистки (Рис.12 поз.17) и по присоединительному воздуховоду поступает к воздухораспределительному устройству (Рис.12 поз.3), в котором осуществляется концевая абсолютная очистка приточного воздуха. Благодаря последовательной очистке приточного воздуха в фильтрах агрегатов (Рис.12 поз.1 и поз.2) обеспечивается высокая степень очистки, достаточно продолжительная работа концевого фильтра (Рис.12 поз.4) без замены фильт-рующего материала.

В холодный период года влагосодержание наружного воздуха принимает малые значения, поэтому в помещении операционной относительная влажность воздуха может понизиться до нижнего предела 40 %, что является недопустимым. Для повышения относительной влажности воздуха в приточном агрегате (Рис.12 поз.2) или в помещении операционной устанавливается паровой увлажнитель воздуха (Рис.12 поз.18) с датчиком контроля нижнего уровня относительной влажности внутреннего воздуха (Рис.12 поз.19).

9.5. СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ДЛЯ «ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ»

Развитие современных высокотехнологических производств потребовало создания в производственных помещениях воздушной среды повышенные чистоты, постоянства температуры и относительной влажности воздух, ограничений по скорости движения воздуха. Помещения для производств с такими требованиями к внутренний воздушной среде получили специальные название

«чистые помещения». По степени чистоты воздуха «чистые помещения» делится на шесть классов:

- класс чистоты 6, допускающий содержание в 1 $м^3$ воздуха не более 100 000 частиц размером не более 0,5 мкм.

Создание 6 класса чистоты воздуха требует помещениях высотой 3 метра, обеспечение кратности воздухообмена 25 обмен/час., удельной производительности приточных систем в пределах 60…75 $м^3$ на 1 $м^2$ площади пола.

- класс чистоты 5, допускающий содержание в 1 $м^3$ воздуха не более 10 000 частиц размером не более 0,5 мкм.

Создание 5 класса чистоты воздуха требует кратности воздухообмена 40…60 обмен/час, удельной производительности приточных систем в пределах 100… 180 $м^3$ на 1 $м^2$ площади пола.

- класс чистоты 4, допускающий содержание частиц размером не более 0,5 мкм не более 1000 в 1 $м^3$ воздуха,

Создание 4 класса чистоты воздуха требует кратности воздухообмена 120…300 обмен/час, удельной производительности приточных систем 360…500 $м^3$ на 1 $м^2$ площади пола;

- класс чистоты 3, допускающий содержание в 1 $м^3$ воздуха 100 частиц размером не более 0,5 мкм.

Создание 3 класса чистоты воздуха требует кратности воздухообмена 360…500 обмен/час, удельной производительности приточных систем 1000…1600 $м^3$ на 1 $м^2$ площади пола;

- класс чистоты 2, допускающий содержание в 1 $м^3$ воздуха 10 частиц размером не более 0,5 мкм.

Создание 2 класса чистоты воздуха требует кратности воздухообмена 500…600 обмен/час, удельной производительности приточных систем 1600…1800 $м^3$ на 1 $м^2$ площади пола;

- класс чистоты 1, допускающий содержание в 1 $м^3$ воздуха 1 частицу размером не более 0,5 мкм.

Создание 1 класса чистоты воздуха требует кратности воздухообмена 500…600 обмен/час, удельной производительности приточных систем 1600…1800 $м^3$ на 1 $м^2$ площади пола.

Для получения требуемого класса чистоты приточный воздух должен проходить многоступенчатую очистку. В зависимости от требуемого класса чистоты устраивается последовательное прохождение приточного воздуха через фильтры различной эффективности очистки. Для класса чистоты 3 первая ступень очистки приточного воздуха осуществляется в фильтре EU4; вторая ступень в фильтре EU7; концевой - фильтр класса абсолютной чистоты. Концевые фильтры абсолютной очистки располагаются в потолке чистой комнаты.

«Чистые помещения» создаются в объеме производственной площади здания путем выгораживания специальными модульными перегородками внутренних помещений в которых создается и поддерживается требуемый класс чистоты и точность поддержания температуры и относительной влажности воздуха. Ограждающие перегородки монтируются из модульных конструкций, изготовленных из двойных стальных листов толщиной 1 мм с тепловой изоляцией между листами. Стальные листы проходят окраску путем напыления порошковой краски с последующим ее оплавлением в термических печах. Такая технология организации «чистого помещения» создает устойчивую поверхность окрашенного листа и предохраняет от выветривания частиц с поверхности панелей. Конструкция вертикальных стеновых панелей может быть с одинаковым двойным геометрическим остеклением. Двери изготавливаются из алюминиевого профи-ля. При сборке ограждающих вертикальных перегородок с потолочными и половыми панелями используются виброгасящие вставки.

На рис. 13 представлено индивидуальное рабочее место в «чистом помещении». Ограждающие вертикальные перегородки (Рис.13. поз.1), потолочные и половые панели (Рис.13. поз.2, поз.3) образуют объем чистого помещения. Наружная и внутренняя стенки потолочной панели (Рис.13.поз.4) имеют перфорацию, между ними складками уложен фильтрующий материал из супертонкого стекловолокна (Рис.13. поз.5).

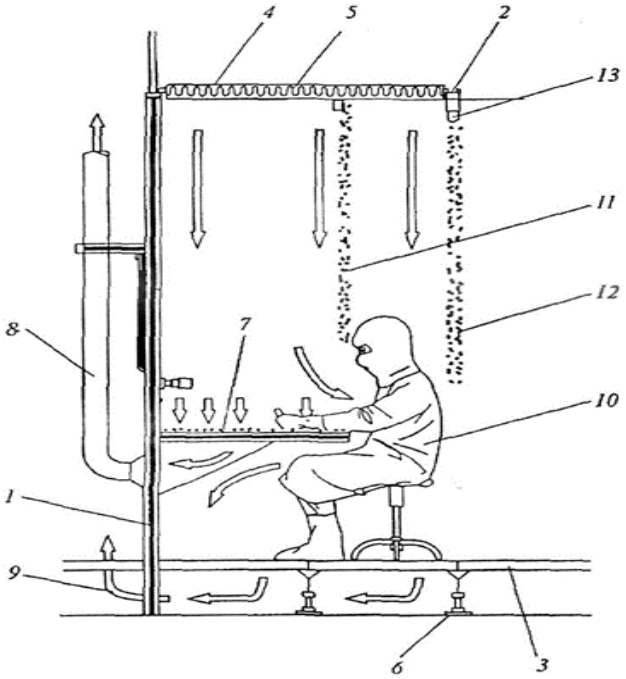

Рис. 13. Организация воздухообмена в «чистом помещении»

Для гашения вибрации половые перфорированные панели (Рис.13. поз.3) устанавливаются на стойки (Рис.13. поз.6). Рабочее место (Рис.13. поз.7) имеет перфорацию через отверстия, которой по всасывающему воздуховоду (Рис.13. поз.8) удаляется загазованный и загрязненный от технологического процесса воздух. Общеобменная вытяжка в объеме рабочего места «чистого помещения» осуществляется через фальшпол (Рис.13. поз.9), поступает на рециркуляцию в центральный приточный агрегат. Работающий персонал одет в специальные одежды (Рис.13.поз.10) препятствующие образованию загрязнений воздуха от продуктов жизнедеятельности человека. Вертикальная прозрачная панель (Рис.13. поз.11) направляет приточный воздуха к рабочему месту, на работающего приточный воздух направляется панелью (Рис.13. поз.12).

Схема *СКВ* для чистых помещений функционирующая по энергосберегающей технологии представлена на рис. 14. В «чистом помещении» площадью 30 м^2 (Рис.14. поз.1) имеются три рабочих места (Рис.14. поз.2) с местной вытяжкой от каждого стола с перфорацией его поверхности. Вытяжной воздух $L_у$ подается в вытяжной агрегат (Рис.14. поз.3) в котором встроен блок воздухоохладителя с поддоном и сепаратором, который выполняет роль рекуператора для утилизации теплоты. Над перфорированным потолком «чистого помещения» располагается

кассеты (Рис.14. поз.4) заполненные фильтрующим материалом концевой очистки.

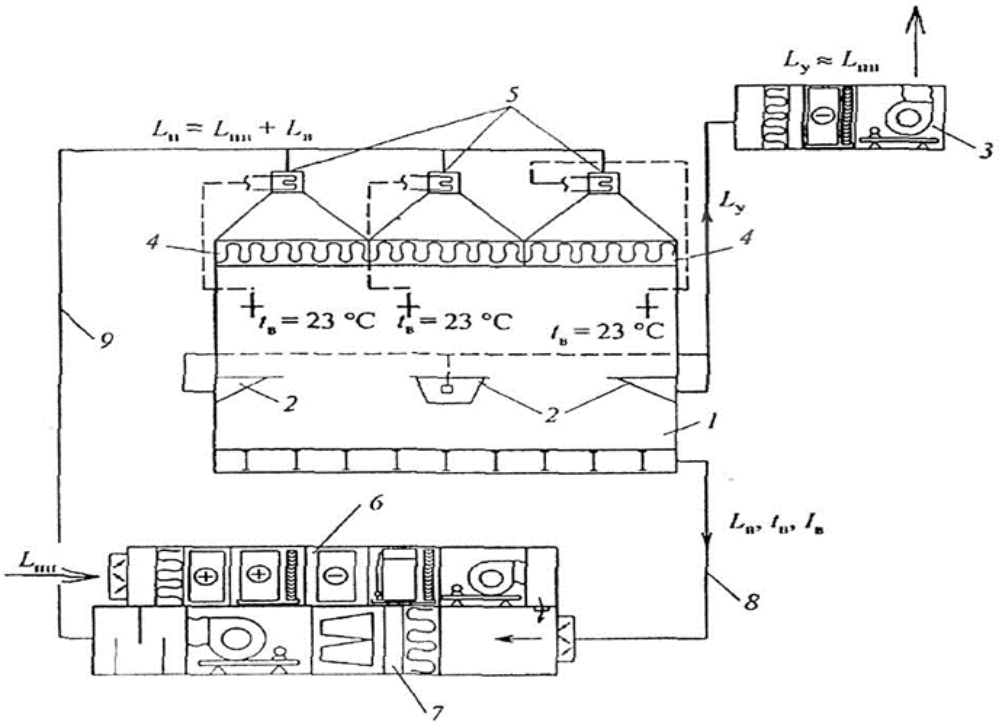

Рис.14. Принципиальная схема *СКВ* для обслуживания «чистых помещений» по энергосберегающей технологии

Над кассетами в приточном отверстии к каждой рабочей зоне чистого помещения установлены зональные электронагреватели (Рис.14 поз.5) управляемые датчиком контроля температуры воздуха в рабочей зоне $t_в$. Компенсация технологической вытяжки $L_у$ осуществляется подачей приточного наружного воздуха $L_{пн}$ агрегатом (Рис.14 поз.6). Он состоит из следующих блоков:

– передняя панель с воздушным клапаном, который управляется электроприводом, сблокированным с пускателем электродвигателя вентилятора;

– фильтр EU3;

– теплообменник установки утилизации;

– воздухонагреватель;

– воздухоохладитель с сепаратором и поддоном;

– сотовый адиабатный увлажнитель;

– вентиляторный блок;

– переходная секция с клапаном.

Очистка и подача приточного воздуха $L_п=L_{пн}+L_в$ осуществляется агрегатом (Рис.14 поз.7). Он собран из следующих блоков:

– камера смешения с воздушными клапанами для забора рециркуляционного воздуха Lв;

– фильтр EU4;

– фильтр EU7;

– приточный вентиляторный агрегат;

– шумоглушитель.

Рециркуляционным (Рис.14 поз.8) и приточным (Рис.14 поз.9) воздуховодами приточно-очистительный агрегат (Рис.14 поз.7) связан с «чистым помещением». Применение *СКВ* по энергосберегающей технологии обеспечивает значительное снижение капитальных затрат и расходов энергии по сравнению с традиционными центральными *СКВ*.

9.6. СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА В ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЯХ

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-комфортными *СКВ*, которые в рабочей зоне проведения производственного процесса поддерживают парамет-ры воздуха допустимые для производственной технологии и теплового комфорта работающих в этой зоне людей. 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, которые обслуживают технологический процесс в оборудовании или непосредственном

месте его проведения и комфортные, выполняющие функции обеспечения санитарно-гигиенических требований.

Для *обеспечения энергетической эффективности функционирования СКВ* в производственных зданиях *рекомендуется* следующий *перечень мероприятий по энергосбережению:*

обеспечить подачу приточного воздуха в рабочую зону с повышением рабочего перепада температур путем увеличения температуры удаляемого воздуха;

осуществлять поглощение теплоизбытков путем регулирования производительности местных охлаждающих устройств;

оборудовать места технологических процессов со значительными выделениями пылевых и газовых вредностей местными устройствами улавливания загрязнений, не допуская их распространение в объеме рабочей зоны;

использовать приточные и вытяжные агрегаты с требуемой производительностью по приточному наружному воздуху $L_{пн\ (min)}=L_у$;

производить нагрев приточного наружного воздуха за счет рекуперации теплоты удаляемого воздуха;

использовать холод наружного воздуха для отведения теплоизбытков от технологического оборудования;

отказаться от центральной рециркуляции, заменяя ее местной, обеспечивающей изменения параметров кондиционируемого воздуха в соответствие с условиями формирования теплового режима и поддержания требуемых параметров воздушной среды в обслуживаемой зоне производственного помещения;

локализировать технологическое оборудование, требующее поддержания специальной обработки воздушной среды.

На рис. 15 представлена принципиальная схема центральной *СКВ* с переменной рециркуляцией и тремя зонами обслуживания в цехе цветной печати. В центральном кондиционере (Рис.15 поз. 1) по ходу воздуха смонтированы

следующие технологические блоки: автоматический клапан поступления переменного расхода наружного воздуха $L_{пн}$; воздушный фильтр; воздухоподогреватель первого подогрева; камера смешения переменных расходов наружного $L_{пн}$ и рецир-куляционного $L_{вр}$ воздуха; теплообменник для охлаждения приточного воздуха $L_п$; блок орошаемых слоев для адиабатного увлажнения воздуха Lп;

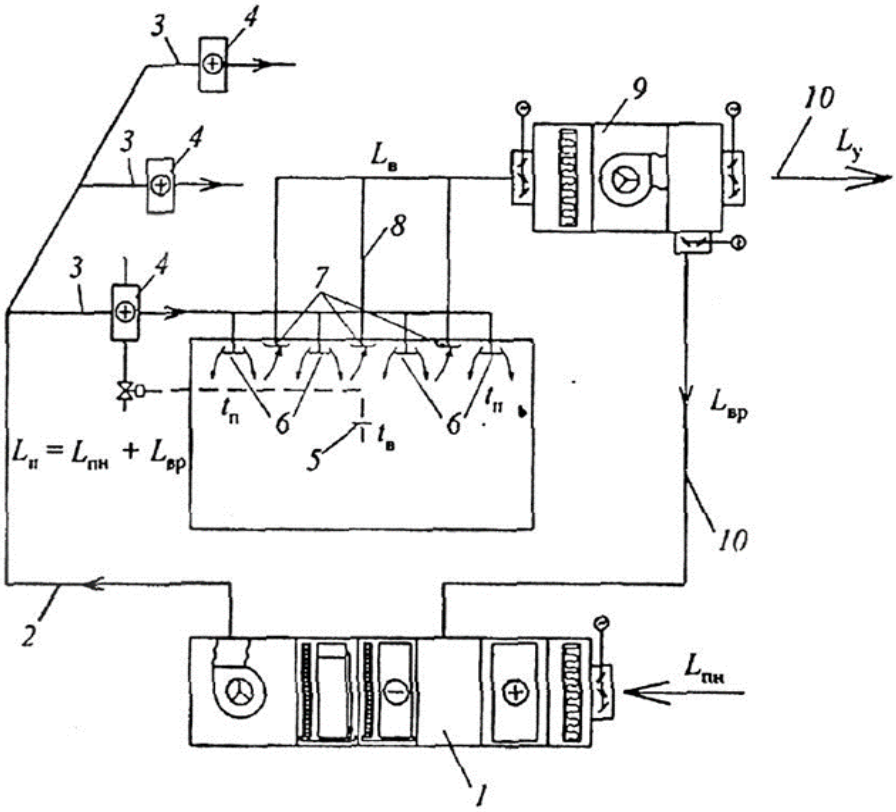

Рис. 15. Принципиальная схема многозональной центральной *СКВ* цеха цветной печати с переменной рециркуляцией

приточный вентилятор для подачи постоянного расхода приточного воздуха $L_п=L_{пн}+L_{вр}$. Приточным воздуховодом (Рис.15. поз.2) центральный кондиционер (Рис.15. поз.1) связан с тремя отводами зоны обслуживаемого цеха (Рис.15. поз.3). На каждом отводе имеется зональный подогреватель (Рис.15. поз.4), тепловая производительность которого управляется датчиком контроля температуры воздуха $t_н$ (Рис.15. поз.5). Приточный воздух с температурой $t_п$ струями поступает в рабочую зону через приточные устройства (Рис.15. поз.6) расположенные под потолком цеха, одновременно смешиваясь с конвективными потоками воздуха помещения. Вытяжной воздух $L_в$ через вытяжные устройства (Рис.15. поз.7) по

вытяжным воздуховодам (Рис.15. поз.8) поступает в вытяжной вентиляторный агрегат (Рис.15. поз.9). В вытяжном вентиляторном агрегате по ходу воздуха смонтированы следующие технологические блоки: воздушный автоматический клапан для забора вытяжного воздуха $L_в$ который управляется магнитным пускателем электродвигателя вытяжного вентилятора; воздушный фильтр; вытяжной вентилятор забора вытяжного воздуха постоянного расхода $L_в$; разделительная воздушная камера с автоматическими взаимообратными воздушными клапанами для поступления переменного расхода вытяжного воздуха $L_{вр}$ в воздуховод центральный рециркуляции (Рис.15. поз.10) и выбросом в атмосферу через воздуховод (Рис.15. поз.10). удаляемого воздуха $L_у$ с переменным расходом.

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

- для поглощения расчетных влаговыделений в обслуживаемых в зонах в центральном кондиционере постоянной производительности $L_{пн}$ круглый год по прямоточной схеме приготовляется приточный наружный воздух;
- в каждой обслуживаемой зоне цеха вместо зонального подогревателя устанавливается местный вентиляторный агрегат с фильтром, воздухоохладителем и смесительной камерой;
- приготовленный воздух подается в цех через ламинарные воздухораспределители по высоте рабочей зоны;
- под потолком цеха через вытяжные устройства удаляется загазованный воздух с постоянным расходом $L_у$, который по соединительным вытяжным воздуховодам поступает в центральный вытяжной агрегат, фильтр и рекуператор установки утилизации.

На рис. 16 представлена принципиальная схема предлагаемой энергосбрегающей местно-центральной *СКВ* для цеха цветной печати. В центральном прямоточном кондиционере (Рис.16. поз.1) производительность по приточному

воздуху $L_{пн}$ в десять раз меньше, чем схеме традиционной центральной *СКВ* (см.рис.15). В центральном кондиционере (Рис.16. поз.1) круглый год обрабатывается постоянное количество приточного наружного воздуха, не требуется сложного регулирования воздушными клапанами переменных расходов воздуха $L_{пн}$ и $L_{в.р}$, что характерно для традиционной центральной *СКВ* с переменной рециркуляцией воздуха.

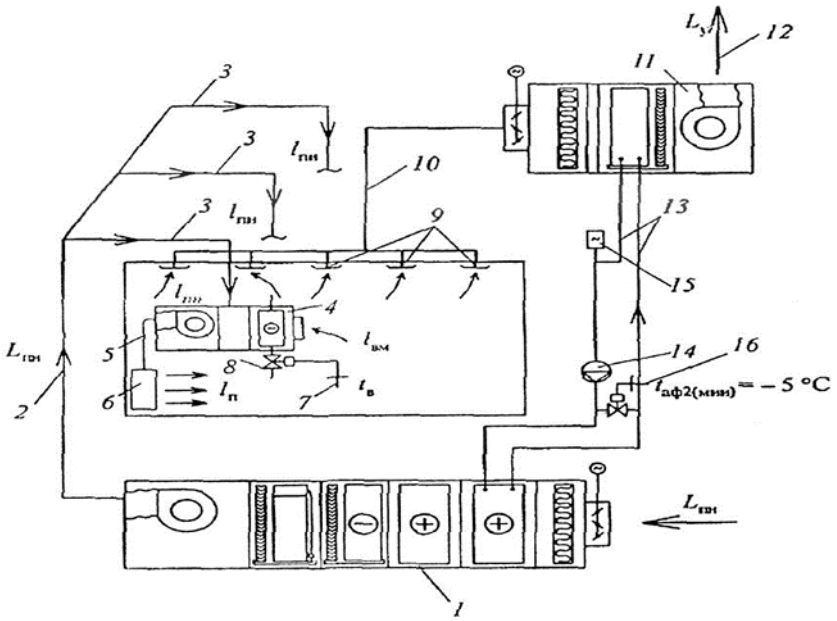

Рис.16. Принципиальная схема местно-центральной *СКВ* с установкой в помещениях вентиляторных доводчиков с регулируемой производительностью

В центральном прямоточном кондиционере по походу воздуха смонтированы следующие технологические блоки:

1. многостворчатый воздушный клапан с электрическим приводом, блокированный с магнитным пускателем приточного вентилятора, что обеспечивает его закрытие при остановке электродвигателя вентилятора;
2. воздушный фильтр;
3. теплоотдающий теплообменник установки утилизации;
4. воздухонагреватель первого подогрева;
5. воздухоохладитель с осушителем приточного воздуха;
6. блок адиабатного увлажнения с орошаемым слоем насадки;
7. приточный вентилятор;

Приточный воздуховод (Рис.16. поз.2) через отводы (Рис.16. поз.3) соединен с местными вентиляторными агрегатами (Рис.16. поз.4). Местный вентиляторный агрегат (Рис.16. поз.4) состоит из следующих технологических блоков: заборное отверстия для поступления внутреннего воздуха $L_{вм}$; воздушный фильтр; воздухоохладитель постоянного влагосодержания охлаждаемого внутреннего воздуха; камера смешения приточного наружного воздуха $L_{пн}$ и охлажденного внутреннего воздуха $L_{в.ох}$; приточный вентилятор.

Приточные воздуховоды (Рис.16. поз.5) присоединяются к ламинарным воздухораспределителям (Рис.16. поз.6). Ламинарные воздухораспределители установлены на полу цеха у стен или колонн (Рис.16. поз.6),они обеспечивают поступление приточного воздуха в рабочую зону на высоте 1,5 м от уровня пола. Расход воздуха через ламинарный воздухораспределитель определяется следующим образом: $L_п = L_{пн} + L_{в.ох}$. Температура воздуха в каждой зоне цеха контролируется датчиком (Рис.16. поз.7), импульсно связанным с клапаном (Рис.16. поз.8) на трубопроводе подачи холодной воды в воздухоохладитель местного вентиляторного агрегата (Рис.16. поз.4). Под потолком цеха устанавливаются воздухозаборные устройства (Рис.16. поз.9), установленные на всасывающем воздуховоде (Рис.16. поз.10), присоединенном к центральному вытяжному агрегату (Рис.16. поз.11), производительность которого по вытяжному воздуху $L_у$ в десять раз меньше производительности вытяжного агрегата традиционной центральной *СКВ* (см. схему на рис.15). В вытяжном агрегате (Рис.16. поз.11) по ходу движения воздуха смонтированы следующие технологические блоки: многостворчатый воздушный клапан, блокированный с магнитным пускателем электродвигателя вытяжного вентилятора; воздушные фильтр; рекуператор установки утилизации; вытяжной вентилятор.

К центральному вытяжному вентиляторному агрегату (Рис.16. поз.11) присоединяется воздуховод (Рис.16. поз.12) для выброса вытяжного воздуха $L_у$ в атмосферу. Рекуператор вытяжного агрегата (Рис.16. поз.11) соединен трубопроводами (Рис.16. поз.13) с теплообменником приточного кондиционера (Рис.16. поз.1). На трубопроводах (Рис.16. поз.13) смонтирован циркуляцион-ный насос

(Рис.16. поз.14), и герметичный расширительный сосуд (Рис.16. поз.15). Для предотвращения замерзания выпадающего конденсата при охлаж-дении и осушении удаляемого воздуха в теплообменнике кондиционера пре-дусмотрен датчик (Рис.16. поз.16) имеющий импульсную связь с автоматичес-ким клапаном на перемычке трубопроводов (Рис.16. поз.13). Датчик (Рис.16. поз.16) настраивается на минимально-допустимую температуру охлаждения антифриза $t_{аф2(min)}$= - 5 °С.

Повышение энергетической эффективности схеме *СКВ* (рис. 16) может быть достигнуто путем монтажа на трубопроводах (Рис.16. поз.13) установкой утилизации теплоты при охлаждении антифриза пластинчатым теплообмен-ником. Каналы для подачи антифриза подключены к трубопроводам (Рис.16. поз.13) установки утилизации теплоты. Каналы для подачи воды подключаются к трубопроводам системы водоснабжения воздухоохладителей местных вентиляторных агрегатов (Рис.16. поз.4). Для осуществления режима охлаждения внутреннего воздуха к теплообменникам местных агрегатов подается вода с температурой выше 14 °С. Воду с такой температурой получают путем ее охлаждения в теплообменнике холодным наружным воздухом. Подключение к трубопроводам (Рис.16. поз.13) пластинчатого теплообменника позволяет отдавать избыточное количество теплоты из помещений на нагрев холодного приточного наружного воздуха в кондиционере (Рис.16. поз.1) в переходный и холодный период времени. Это позволит останавливать холодильную машину и снижать расход теплоты в воздухоподогревателе первого подогрева центрального кондиционера (Рис.16. поз.1).

9.7. СКВ В ЦЕХАХ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В текстильном производстве *СКВ* начали применяться с начала двадцатого века. Это объясняется экономическими выгодами *СКВ,* работой которых дости-гается качество продукции, снижаются потери сырья при технологических про-цессах его переработки. Текстильное производство требует поддержания в зоне обработки волокнистых материалов оптимальных значений относительной влаж-

ности воздуха, что обеспечивает прочность волокон, отсутствие ворсистости и слипаемости волокон. Для большинства используемых в текстильном производстве волокон требуемая оптимальная влажность воздуха должна быть 60…80 %. Температура воздуха должна поддерживаться 20…30 °С, она устанавливается в этом диапазоне с учётом обеспечения теплого комфорта для работающих людей. Основным режимом обработки приточного воздуха принимается режим адиабатного увлажнения с использованием форсуночных камер или вращающихся распылителей.

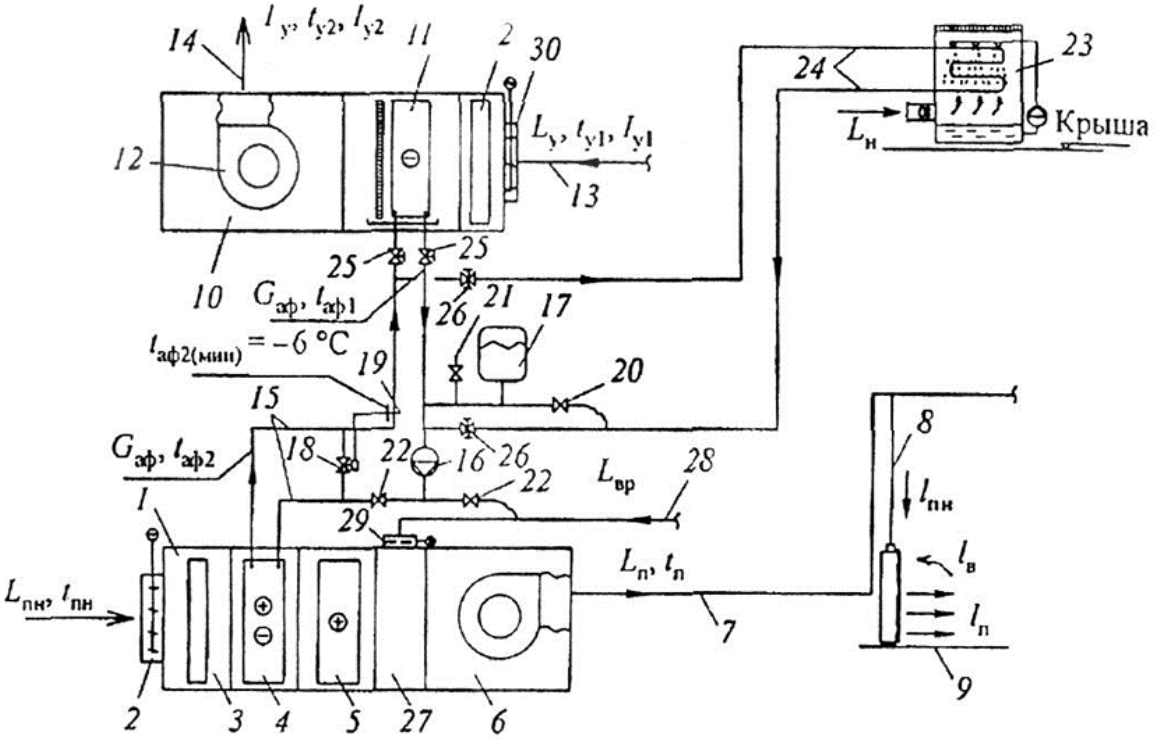

Рис.17. Принципиальная схема местно-центральной *СКВ* текстильного предприятия

В принципиальной схеме местно-центральной *СКВ* (рис. 17) представлено следующее технологическое оборудование: в центральном кондиционере (рис.17. поз.1) по ходу приточного наружного воздуха $L_{пн}$ установлены воздушные клапаны с электрическим приводом (рис.17. поз.2); воздушный фильтр (рис.17. поз.3); теплообменник (рис.17. поз.4), который зимой выполняет функцию утилизизации теплоты удаляемого воздуха и передачи ее для нагрева приточного наружного воздуха $L_{пн}$. Летом теплообменник (рис.17. поз.4) выполняет роль воздухоохладителя косвенного испарительно охлаждения приточного наружного

воздуха $L_{пн}$; воздухонагреватель теплообменник (рис.17. поз.5); камера смеше-ния (рис.17.поз.27), которая используется зимой для смешения рециркуляци-онного воздуха, поступающего по каналу удаляемого воздуха (рис.17. поз.28) че-рез регулировочный воздушный клапан (рис.17. поз.29); приточный вентилятор (рис.17.поз.6). Приточным воздуховодом (рис.17. поз.7) центральный кондиционер (рис.17. поз.1) соединен через опускные воздуховоды с местными воздухораспределителями (рис.17. поз.9). Вытяжной центральный вентиляторный агрегат (рис.17. поз.10) по ходу удаляемого воздуха $L_у$ включает следующее технологическое оборудование: регулируемый воздушный клапан (рис.17. поз.30); фильтр (рис.17. поз.2); рекуперативный теплообменник (рис.17. поз.11) с поддоном и сепаратором; вытяжной вентилятор (рис.17. поз.12).

К центральному вытяжному агрегату (рис.17. поз.10) присоединен вытяжной воздуховод (рис.17. поз.13), расположенный под потолком цеха. Воздух, удаляемый вентилятором (рис.17. поз.12) по воздуховоду (рис.17. поз.14) выбрасывается в атмосферу. Теплоизвлекающий (рис.17. поз.11) и теплоотдающий (рис.17. поз.4) теплообменники соединены трубопроводами (рис.17. поз.15), на которых смонтирован насос (рис.17. поз.16), расширительный сосуд (рис.17. поз.17), перемычка с автоматическим клапаном (рис.17. поз.18), управляемая датчиком контроля минимально допустимой температуры охлажденного антифриза (рис.17. поз.19). Для первоначального заполнения системы антифризом служит вентиль (рис.17. поз.20) с резервным шлангом, который соединен с рессивером для антифриза. Аварийный выпуск антифриза из системы производится вентилем (рис.17. поз.22). Для охлаждения антифриза в теплый период года служит закрытая градирня (рис.17. поз.23). Орошаемый трубчатый теплообменник соединенный трубопроводом (рис.17. поз.24) с рециркуляционными трубопроводами (рис.17. поз.15). В режиме охлаждения приточного наружного воздуха $L_{пн}$ вентили (рис.17. поз.25) закрываются, а вентили (рис.17. поз.26) открываются.

10. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Потребление энергетических ресурсов в работе *СКВ* достигло гигантских масштабов, что выражается, с одной стороны, исчерпанием 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. 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 в разных уровнях: в глобальном масштабе на уровне большой энергетики и в локальном масштабе на уровне одного отдельно взятого здания. Вопросы энергосбережения в системах обеспечения микроклимата, системах кондиционирования воздуха обозначают круг вопросов, связанных с проблемой экономии энергии, которая проявляется на начальной стадии проектирования объекта.

Организационные мероприятия, направленные на энергосбережение

Все мероприятия, направленные на энергосбережение, должны быть стимулированы на основе законов, действующих в государстве. Государство создает экономические правовые условия заинтересованности в энергосбережении юридических и физических лиц с помощью налоговых мер и субсидий. В большинстве стран Западной Европы было достигнуто снижение энергопотребления на 40…60% путем экономического влияния государства. Принятый Закон ПМР «Об энергосбережении» определяет правовые, экономические и организационные основы государственной политики в области энергосбереже-

ния. Во исполнение закона разработаны программы энергосбережения, предусматривающие следующие организационные мероприятия:

- *энергетический аудит на предприятиях;*
- *составление энергетических паспортов предприятия;*
- *создание демонстрационных зон высокой энергетической эффектив-ности;*
- *использования экономических стимулов внедрения энергосберегающих технологий.*

На современном этапе поставлены следующие задачи в области энергосбережения в строительстве:

1. Нахождение компромиссных решений при проектировании *СКВ* обеспечивающих повышенную комфортность, снижение производительности систем отопления, вентиляции и кондиционирования, уменьшение стоимости систем и потребляемой энергии.
2. Применение инновационных технологий в системах обеспечения микроклимата зданий.
3. Экономическое стимулирование строительства энергоэффективных зданий.
4. Индивидуальный и домовой учет потребления теплоты, водоснабжения и водоотведения.

Установлены механизмы экономического стимулирования при проектировании и строительстве зданий с пониженными показателями энергопотребления по сравнению с их нормативными значениям («энергоэффективные здания»). Показателям энергетической эффективности зданий является удельный расход тепловой энергии системой отопления здания на отопительный период в расчете на 1 м^2 общей площади квартир в кВт*ч/м^2. Повышение уровня энергоэффективности здания определяется степенью снижения удельного расхода энергоресурсов по сравнению со стандартным (нормативным) уровнем. Проектная энергоэффективность здания определяется по данным энергетического паспорта. Экономическому стимулированию подлежат проектирование и строительство зданий, проектная энергоэффективность которых

превышает стандартный (нормативный) уровень за счет снижения удельного ***расхода энергоресурсов не менее чем на 15%.***

Технические мероприятия, направленные на энергосбережение

Реальным механизмом энерго- и ресурсосбережения являются технические мероприятия, реализуемые на стадии проектирования новых объектов, а также реконструкции действующих. Стимулом для внедрения технических мероприятий является постоянно растущая стоимость энергетических ресурсов в условиях рыночной экономики. Одним из основных потребителей тепловой и электрической энергии в здании являются системы обеспечения микроклимата самого разного назначения: системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. В соответствии с действующими укрупненными сметными нормами на строительство 15…20% капитальных и около 15% эксплуатационных затрат приходится на долю систем вентиляции и кондиционирования воздуха, в производственных зданиях ряда отраслей эти цифры могут достигать 30% и более. В последние годы, в связи с повышением требований к качеству жизни, возросли фактические энергетические затраты в зданиях гражданского назначения и жилых зданиях на создание и поддержание требуемого микроклимата. Когда говорят об энергосбережении, речь идет не только о снижении затрат энергии в процессе эксплуатации систем инженерного оборудования здания, но и о снижении производительности оборудования, на которое при его производстве затрачивается энергия.

Факторы, определяющие потребление электроэнергии, теплоты и холода системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха

Чтобы наметить направления экономии энергетических ресурсов в системах обеспечения микроклимата, необходимо выявить факторы, определяющие потребление электроэнергии, теплоты и холода системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Все факторы объединены в отдельные группы:

I. Конструктивные и объемно-планировочные решения.

II. Наружный климат и внутренний микроклимат.

III. Схемные решения СКВ и способы управления ею.

IV. Оборудование.

Факторы, относящиеся к первой группе, следует учитывать в процессе градостроительных, объемно-планировочных и конструктивных разработок, которые должны предусматривать пассивные мероприятия, направленные энергосбережение. Цель пассивных мероприятий - свести к минимуму теплопотери в холодное время года и теплопоступления в теплое время года. Эти мероприятия обычно реализуют архитекторы и конструкторы. Пассивные мероприятия, направленные на снижение потерь теплоты в холодное время года, нашли отражение в нормативной литературе: в СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» и своде правил по проектированию и строительству СП 23-101-200.

Проектная документация строящегося здания на стадии «Проект» и «Рабочий проект» включает раздел «Энергосбережение», в составе которого разрабатывают энергетический паспорт здания. В этом разделе проекта рассматривают-ся пассивные мероприятия, направленные на повышение теплозащиты здания и снижение инфильтрации наружного воздуха за счет повышенного сопротив-ления воздухопроницания окон и дверей. Активные мероприятия направленные на снижение расхода теплоты, холода, воды и электроэнергии в системах обеспечения микроклимата реализуются в процессе проектирования, монтажа и эксплуатации инженерных систем здания: отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, горячего водоснабжения. На всех этапах проектирования, начиная с подготовки исходных данных, выбора технологической схемы обработки воздуха и технического решения и заканчивая выбором оборудования, принимаются решения, направленные на энергосбережение.

Некоторыми мероприятиями, не требующими дополнительных материальных затрат являются опыт и искусство проектировщика, подготовка исходных проектных данных, выбор принципиальной схемы обработки воздуха в центральной установке или многозональной *СКВ* в соответствии с назначением помещений, выбор схемы организации воздухообмена. Мероприятия требующие дополнительных капитальных затрат: применение энергосберегающего оборудования (насосов, вентиляторов, чиллеров и теплогенераторов),

использование теплоты вторичных энергетических ресурсов и возобновляемых источников энергии.

I. Конструктивные и объемно-планировочные решения определяющие потребление энергоносителей:

- ориентация наружных ограждений по странам света, остекленность фасадов, положение здания в городской застройке, например, по отношению к направлению действующих ветров;
- форма и размеры здания, планировочные решения, определяющие расположение помещений разного функционального назначения;
- конструкция наружных ограждений, теплофизические характеристики строительных материалов и готовых конструкций, переменный характер теплофизических характеристик в зависимости от периода года, наличие солнцезащитных устройств.

II. Наружный климат и внутренний микроклимат

Эта группа факторов включает в себя исходные данные для проекти-рования *СКВ*:

- расчетные параметры внутреннего и наружного воздуха;
- тепло-, влаго- и газовыделения в помещении.

Исходные данные для проектирования являются необходимым условием принятия обоснованного решения по виду системы, ее элементам, так как оказывают существенное влияние на экономические показатели работы *СКВ*. Они позволяют уже на первоначальном этапе проектирования заложить основы для энергосберегающего решения. Обоснованный выбор предельного значения расчетных внутренних параметров воздуха для теплого и холодного периода года, их допустимого отклонения с учетом уровня требований к микроклимату помещения позволяет уменьшить расчетные значения расхода воздуха, холода, теплоты и воды, единовременные затраты на работу функциональных блоков центральной установки, источник холода, водоподготовку и эксплуатационные расходы. Выбор значений расчетных параметров наружного климата в соответствии с коэффициентом обеспечености расчетных внутренних условий, определяющим

класс *СКВ* позволяет исключить энергоемкие технические решения и уменьшить расчетные технологические показатели, определяющие производительность установки. Теплопоступления в помещении разделены на внешние, определяемые изменением состояния наружного климата, и внутренние, определяемые технологическим процессом, работающим персоналом. Они являются управляемыми факторами: их можно изменять в направлении, обеспечивающем снижение затрат энергии. Внешние теплопоступления определяются планировочными и конструктивными решениями: расположением наружных ограждений по сторонам горизонта, остекленностью фасадов, теплофизическими свойствами ограждений, наличием солнцезащитных устройств. Внутренние тепло-, влаго- и газовыделения в обслуживаемую или рабочую зону помещения могут быть снижены за счет применения эффективных местных отсосов с укрытием, применением компенсационных приточно-вытяжных локализующих устройств.

При проектировании системы кондиционирования воздуха и выборе оборудования следует учитывать и использовать потенциал наружного климата применительно к климатологических условиям района строительства: выбор целесообразной последовательности обработки воздуха и оборудования проводиться на основе построения процессов изменения состояния воздуха на диаграмме I - d диаграмме, режима функционирования в годовом цикле.

III. Схемные решения СКВ

К этой группы факторов относятся:

- схема организации воздухообмена, тип воздухораспределителя;
- расход и параметры приточного воздуха в системе кондиционирования воздуха, расход наружного воздуха;
- рациональная схема многозональной СКВ;
- степень децентрализации системы кондиционирования воздуха, системы тепло-холодоснабжения;
- параметры и расход жидкости в системах тепло-холодоснабжения;
- потери давления в трубопроводах системы тепло-холодоснабжения;
- потеря давления в воздуховодах и вентиляционной сети.

Одним из способов снижения энергопотребления в системах кондиционирования воздуха является зонирование помещения большого объема или здания с устройством самостоятельных систем. Отключение одной или нескольких систем при неполной нагрузке способствует снижению расхода электроэнергии и годовых эксплуатационных расходов на 50…70%, повышает надёжность системы благодаря наличию резервного агрегата, уменьшает пусковые токи, повышает срок службы системы, ее надежность, снижает затраты на ремонт и обслуживание. Комплексное проектирование инженерных систем оборудо-вания зданий предполагает выбор параметров теплоносителя в системе тепло-снабжения местных агрегатов системы кондиционирования воздуха с учетом особенностей гидравлического режима сети трубопровода и режима работы источника теплоты (автономный теплогенератор, тепловой насос). Эффективность работы теплового насоса увеличивается с понижением параметров тепло-носителя в системе теплоснабжения вентиляторных доводчиков и системе отоп-ления с малоинерционньми отопительными приборами. Электрическая мощ-ность потребления вентиляторами системы кондиционирования воздуха зависит от расхода воздуха в системе и потерь давления вентиляционной сети. С целью снижения расхода электроэнергии необходимо уменьшать аэродинамическое сопротивление элементов центральной установки и вентиляционной сети. При конструировании вентиляционной сети следует применять фасонные части с минимальными значением коэффициента местного сопротивления. Одной из составляющих затрат электроэнергии при работе систем отопления и кондицинирования воздуха являются затраты электрической энергии на работу циркуляционных насосов. Снижение гидравлического сопротивления системы тепло – холодоснабжения, применение балансировочной арматуры будет способствовать экономии электроэнергии.

IV. Оборудование

К этой группе факторов относятся:

- показатели эффективности работы вентиляторов ;

- показатели эффективности работы холодильных машин и тепловых насосов;
- коэффициенты эффективности теплообменников регенерации и утилизации теплоты и промежуточных теплообменников;
- коэффициент полезного действия индивидуального теплогенератора;
- неравномерность потребления и поступления теплоты и холода.

На всех этапах проектирования: от выбора принципиального решения и расчета и проектирования *СКВ* необходимо учитывать возможности современного оборудования для систем кондиционирования воздуха. Основным критерием выбора оборудования должен быть показатель эффективности его работы.

Утилизация вторичных тепловых ресурсов и регенерация теплоты низкопотенциальных источников – один из путей уменьшения затрат энергии в зданиях. В гражданских и жилых зданиях источником низкопотенциальный теплоты может быть воздух, удаляемый системами местной, общеобменной вентиляции; вода, охлаждающая конденсаторы холодильных машин торгового оборудования и систем кондиционирования воздуха; сточная вода от технологического оборудования банно-прачечных комбинатов, предприятий общественного питания, бассейнов. Источником вторичной теплоты на промышленных предприятиях являются котлы, газовые и электрические печи, технологическое оборудование, охлаждаемое водой или воздухом из систем местной или общеобменной вентиляции, нагретые материалы. Повысить эффективность системы кондиционирования воздуха можно за счет регенерации теплоты удаляемого воздуха, использования в качестве вторичного источника теплоту наружного воздуха или его смеси с удаляемым воздухом в тепловом насосе в переходный и холодный период года. С энергоэкономической точки зрения совместное использование теплоты и холода, вырабатываемое чиллером, повышает эффективность инженерных систем здания, уменьшает срок окупаемости капитальных вложений.

Аккумулирование теплоты и холода

В процессе функционирования системы кондиционирования воздуха существует неравномерность потреблении теплоты и холода, связанная с изменением

параметров наружного климата которая носит не только сезонный, но и суточный характер. Поэтому рационально использовать сезонное аккумулирование теплоты солнечной радиации в теплое время года, в холодное время года - холода природного льда. Для этой цели используют теплоаккумуляторы как конструктивный элемент наружного здания для пассивного отопления за счет аккумулирования солнечной энергии и передачи ее в помещение.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кокорин О.Я., Варфоломеев Ю.М. Системы и оборудование для создания микроклимата помещений.: Учебник. - М.: ИНФРА-М, 2008.

2. Белова Е.М. Системы кондиционирования воздуха с циллерами и фэнкойлами: учеб.пособие /Е.М. Белова .- М.:Евроклимат,2003.

3. Амерханов Р.А. Тепловые насосы. - М.: Энергоатомиздат, 2005.

4. Росляков Е.М. Холодоснабжение: учеб. пособие / Е.М. Росляков. – М.: Изд-во АСВ, 2004.

5. Сотников А.Г. Процессы, аппараты и системы кондиционирования воздуха и вентиляции/ С-Петербург: «AT-Publishing», 2005.

6. Штокман Е.А., Новгородский Е.Е. Вентиляция и кондиционирование воздуха помещений в районах с тропическим климатом: Учебное пособие для вузов. -М.: Стройиздат, 1991.

7. Журнал «АВОК» (Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика).

8. Строительные нормы и правила. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. СНиП ПМР -41-01-2011

9. Строительные нормы и правила. Здания жилые многоквартирные. СНиП 31-01-2003. М.: ФРУП ЦПП, 2003.

10. Строительные нормы и правила. Строительная климатология (с изменениями №1). СНиП 23-01-99*. М.: ФРУП ЦПП, 2003.

11. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».