Лекция 6.

Системы тепло- и холодоснабжения центральных кондиционеров и местных агрегатов. Основные положения выбора схем тепло- и холодоснабжения центральных и водо-воздушных систем КВ. Схемы тепло- и холодоснабжения местных агрегатов водо-воздушных СКВ: двухтрубные и четырехтрубные.

Основные положения выбора схем тепло- и холодоснабжения систем кондиционирования воздуха.

Выбор схемы, а также необходимого оборудования: смесительно-циркуляционных насосов, теплообменников, регулирующей и балансировочной арматуры зависит от гидравлического и теплового режимов работы источника холода, особенностей теплового и гидравлического режима потребителя холода, способа регулирования холодопроизводительности, статических и динамических характеристик потребителя холода, как элемента объекта регулирования.

Схема присоединения контура потребителей к гидравлическому контуру источника холода может быть независимая или зависимая. При независимом присоединении разделение контуров источников холода (первичный) и потребителей (вторичный) осуществляется через проточные или емкостные теплообменники. Независимые схемы присоединения применяются в системах с большим количеством потребителей с разными характеристиками оборудования, режимами регулирования, в высотных зданиях. В системе холодоснабжения поверхностных теплообменников центральных кондиционеров и фэнкойлов обычно имеется несколько параллельно функционирующих циркуляционных контуров, отличающихся гидравлическим и тепловым режимами, в которых наряду с качественным регулированием холодопроизводительности, все шире используется количественные методы, т.е. регулирование расхода хладоносителя, с целью энергосбережения. В то же время для устойчивой работы чиллера до

недавнего времени требовалось поддержание постоянства расхода хладоносителя в контуре циркуляции. Таким образом, при разработке схемы требуется создать минимальную гидравлическую зависимость контуров источника холода и внешнего контура потребления холода, связанную с обеспечением стабильного теплогидравлического режима источника холода, переменного теплогидравлического режима потребителей – фэнкойлов, воздухоохладителей центральных кондиционеров. Поэтому, гидравлические схемы должны строиться на основе одного общего принципа зонирования и разделения гидравлической схемы на части с условно независимой организацией циркуляции хладоносителя в контурах источника холода (первичный контур) и потребителей(вторичный конур). При независимом присоединении упрощается эксплуатация за счет более устойчивой работы системы, повышается надежность работы оборудования систем холодоснабжения. Одновременно увеличиваются единовременные затраты за счет дополнительного оборудования (насосов, теплообменников, регулирующих устройств и т.д.), в то же время эксплуатационные расходы на циркуляцию хладоносителя в контурах потребителей могут быть снижены за счет гибкого регулирования его расхода в зависимости от нагрузки.

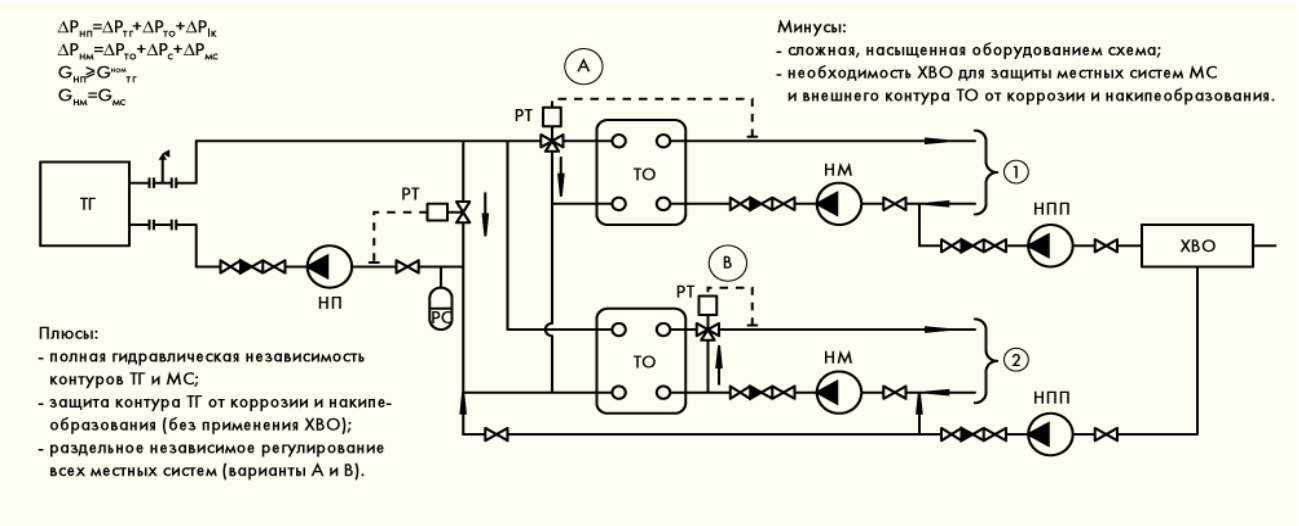


Рис.1. Независимая схема холодоснабжения

Чаще применяется зависимое присоединение первичного контура источника холода к гидравлическому контуру потребителя (рис.2). При разработке схемы

зависимого присоединения очень важно выбрать место установки соответствующего оборудования и согласовать работу гидравлически связанных контуров источника и потребителя, что достигается при гидравлической увязке давлений в соответствующих точках и правильном выборе напора, развиваемого насосами источника и потребителя, перепада давлений на соответствующих клапанах. В зависимых схемах применяются устройства гидравлической балансировки – коллекторы малых перепадов давлений, называемых еще гидравлическими регуляторами, - участок АВ на рис.2. В зависимых схемах для сохранения постоянства расхода в соответствующих контурах предусматривают байпасные линии.

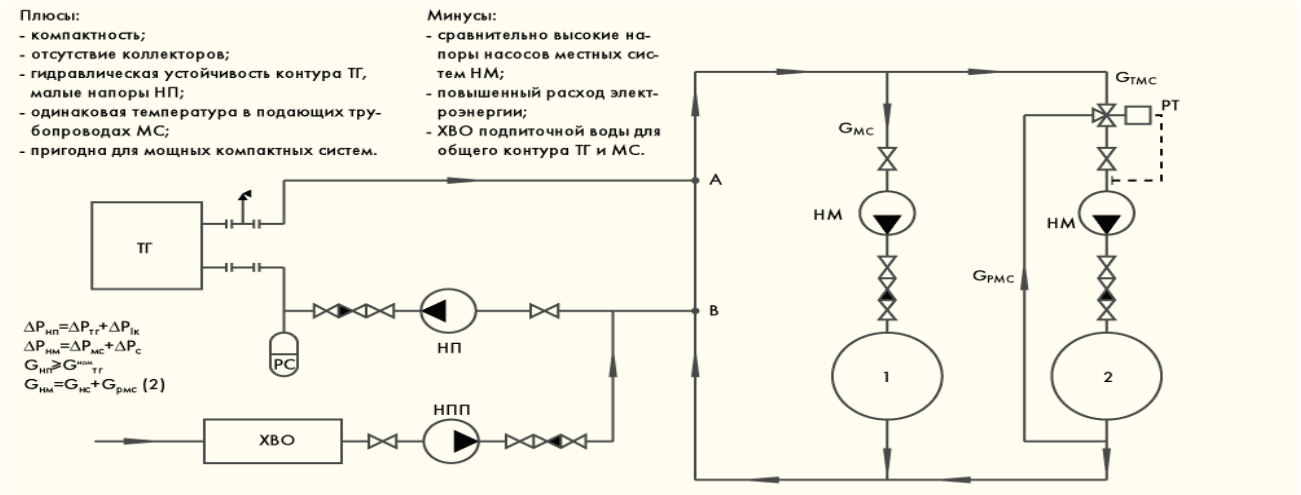


Рис.2. Зависимая схема холодоснабжения

При выборе схемы холодоснабжения следует предусматривать возможность регулирования количества передаваемой теплоты в поверхностных теплообменниках при изменении нагрузки на теплообменник по сравнению с расчетным значением. Количество передаваемой теплоты в поверхностном теплообменнике может изменяться четырьмя способами: изменением расхода хладоносителя, изменением расхода воздуха, одновременным изменением расхода хладоносителя и расхода воздуха, изменением температуры теплохолодоносителя на входе в теплообменник. Изменение температуры воды при постоянном ее расходе называется качественным регулированием, в системах

холодоснабжения перепад температур холодной воды не более 6 °С, поэтому этот способ регулирования не применяется. Изменение количества воды называется количественным регулированием.

Холодоснабжение водяных поверхностных воздухоохладителей

Для охлаждения и осушения воздуха в центральных кондиционерах применяются водяные поверхностные воздухоохладители, хладоносителем может быть холодная вода или раствор этиленгликоля. Воздухоохладители работают при меньших значениях перепада температур хладоносителя по сравнению с перепадом температур теплоносителя в воздухонагревателе, поэтому расходы воды или незамерзающего раствора этиленгликоля через теплообменник всегда значительны и количество рядов трубок по ходу воздуха всегда больше.

В качестве нагревательного элемента используется оребренная со стороны воздуха металлическая труба. Материал трубы и пластин оребрения может быть: Cu-Al (медная труба, алюминиевые пластины), CU-CU (медная труба, медные пластины), AL-AL (алюминиевая труба, алюминиевые пластины). Чаще всего используют Cu-Al трубы. Количество трубок по ходу воздуха может изменяться от трех до шестнадцати и определяет поверхность теплообмена для конкретного воздухоохладителя.

Для водяных воздухоохладителей необходимо организовать удаление воздуха из циркуляционного контура и спуск воды. Входной патрубок, к которому подключается трубопровод холодной воды, расположен внизу, а выходной, к которому подключается трубопровод отепленной воды, - вверху. В нижней части коллекторов установлены дренажные клапаны, в верхней части - клапаны для удаления воздуха. Чтобы предотвратить загрязнение поверхности теплообмена следует при необходимости предусмотреть очистку холодной воды в водяных фильтрах.

При независимой схеме с промежуточным теплообменником регулирование холодопроизводительности поверхностных теплообменников осуществляется путем изменения расхода холодной воды, проходящей через теплообменник.

Это может быть реализовано с использованием двухходового регулирующего клапана на трубопроводе после воздухоохладителя или трехходового распределительного регулирующего клапана, перераспределяющего потоки воды через воздухоохладитель и обводную линию.

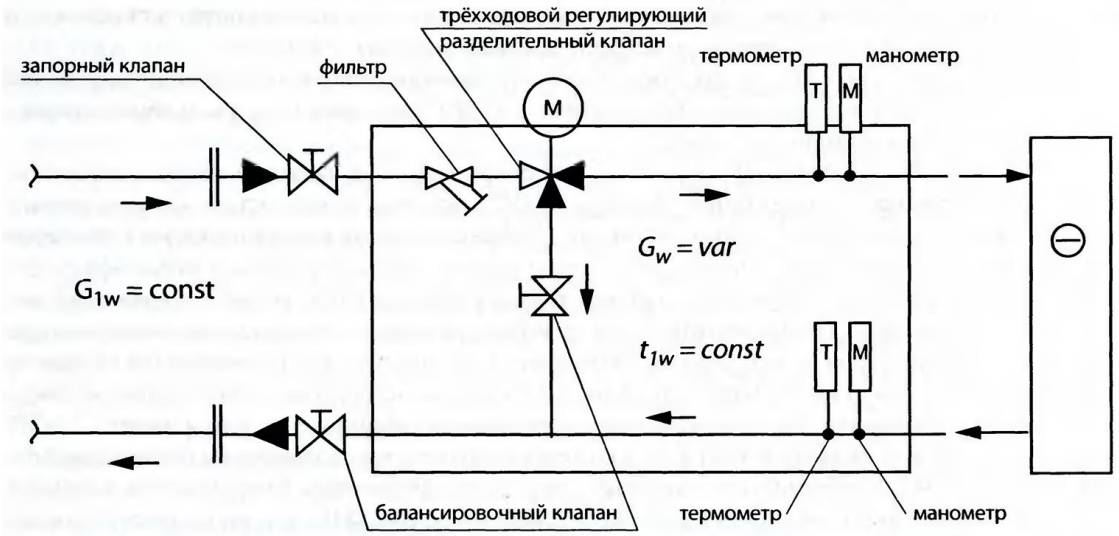


Рис.3. Присоединение воздухоохладителя центрального кондиционера при зависимой схеме холодоснабжения с использованием трехходового регулирующего клапана

При зависимом присоединении устанавливают трехходовой регулирующий разделительный клапан на трубопроводе холодной воды водяного поверхностного воздухоохладителя (рис. 3), в процессе регулирования расход холодной воды через теплообменник изменяется путем перераспределения потоков воды через теплообменник и байпас трехходовым клапаном. Общий расход воды в гидравлическом контуре чиллера остается неизменным для обеспечения его надежной работы.

Схемы трубопроводов системы тепло-холодоснабжения местных агрегатов (фэнкойлов) водо-воздушных СКВ

Местный агрегат водовоздушной системы кондиционирования воздуха, применяемый для охлаждения или нагревания воздуха со встроенным вентилятором, называется по-разному: вентиляторным доводчиком, кондиционером-доводчиком, фэнкойлом. В качестве местного агрегата может

быть эжекционный доводчик, панели охлаждения, встроенные в пол конвекторы. В основу работы фэнкойла положены основные принципы кондиционирования воздуха: поддержание заданной температуры и относительной влажности воздуха в помещении, осуществление движения нагретого или охлажденного воздуха, обеспечение качества воздуха в помещении. Агрегат включает в себя основные элементы (рис.4): поверхностный теплообменник, фильтр для очистки воздуха и вентиляционный агрегат, обеспечивающий движение воздуха через фильтр и теплообменник.

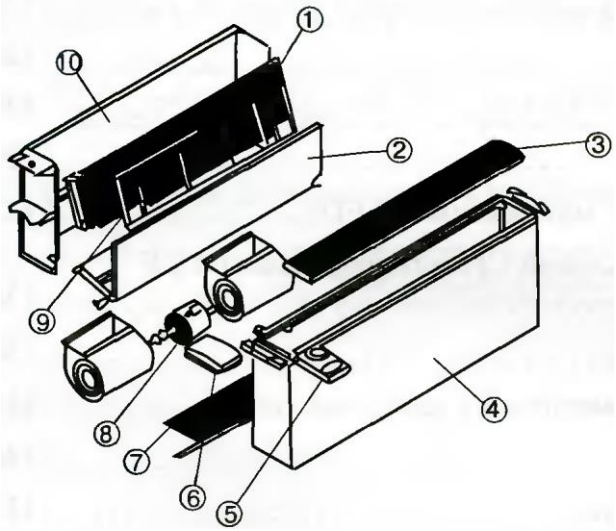


Рис. 4. Устройство фэнкойла:

1-поверхностный теплообменник, 2-дренажный поддон, 3-решетка для выпуска воздуха, 4-корпус, 5-панель управления, 6-блок управления, 7-фильтр для очистки воздуха, 8- вентиляционный агрегат, 9-электронагреватель, 10-внутренний корпус

Теплообменники изготовлены из бесшовных медных труб с оребрением из алюминиевых пластин, насаженных механическим способом на трубы. Теплообменники опрессованы при давлении 30 бар и предназначены для работы при давлении 1600 кПа (16 бар). Фэнкойлы могут иметь один (один контур) или два теплообменника (два контура). Каждый теплообменник оснащен коллектором с вентилем для выпуска воздуха, расположенным в самой высокой точке, и патрубком для спуска воды, расположенным в самой низкой точке теплообменника.

Фильтр для очистки воздуха предотвращает загрязнение поверхности теплообменника пылью, волокнами, защищает вентилятор и электродвигатель, уменьшает уровень загрязнения в замкнутом кондиционируемом пространстве помещения.

Вентиляционный агрегат состоит из одного или нескольких вентиляторов, чаще радиальных, реже диаметральных, с электродвигателем.

Подсоединение трубопроводов к теплообменнику осуществляется через патрубки с внутренней резьбой, обычно расположенные на правой стороне агрегата, между патрубками и теплообменником устанавливаются регулирующий и запорный клапаны.

Для автоматического поддержания заданной температуры воздуха в помещении фэнкойл оборудуют блоком управления и пультом управления. Последний может размещаться на фэнкойле или на стене в данном помещении, может быть проводным или беспроводным.

Фэнкойлы с функцией смешения обработанного или необработанного наружного воздуха имеют смесительную камеру с клапаном, изменяющим соотношение наружного и рециркуляционного воздуха в смеси. В фэнкойле рециркуляционный воздух помещения или его смесь с наружным воздухом очищается в фильтре, охлаждается или нагревается в поверхностном теплообменнике, в трубки которого подается холодная или горячая вода. В устройстве использован принцип принудительной конвекции для интенсификации процессов теплообмена, перемещение воздуха обеспечивает вентилятор.

Выпускают фэнкойлы разнообразного исполнения: для вертикальной установки под окном в корпусе; для скрытой вертикальной установки под окном без корпуса; для горизонтальной установки под потолком в корпусе; для скрытой горизонтальной установки в подшивном потолке; кассетного типа для установки в подшивном потолке настенного по аналогии с внутренними блоками сплит систем; шкафного типа.

С целью регулирования тепло-холодопроизводительности фэнкойлов на

подводках к теплообменнику, обычно в корпусе фэнкойла, устанавливают регулирующие клапаны, изменяющие расход тепло-хладоносителя через теплообменник. Различают трехходовые регулирующие клапаны с четырьмя или тремя патрубками для подключения и двухходовые. Первые бывают смесительными или разделительными. Схема присоединения теплообменника фэнкойла к трубопроводам с установкой трехходового регулирующего клапана показана на рис. 5.

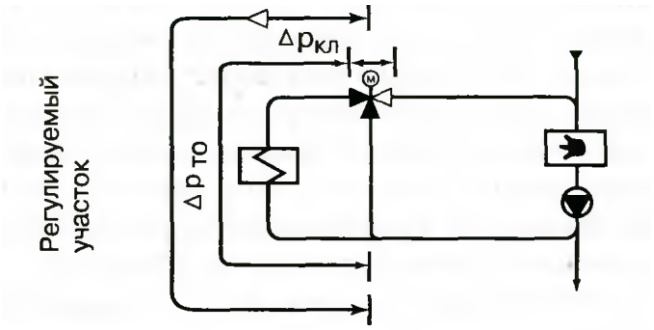


Рис. 5. Схема присоединения теплообменника фэнкойла к трубопроводам с установкой трехходового регулирующего клапана

С понижением температуры воздуха в помещении в режиме охлаждения регулирующий клапан закрывает прямой проход, уменьшая количество хладоносителя через теплообменник, открывает боковой проход, увеличивая количество хладоносителя через байпас. При трехходовом регулирующем клапане изменение расхода хладоносителя через теплообменник фэнкойла не изменит общий расход воды через регулируемый участок (фэнкойл, трехходовой вентиль, подводки), а только перераспределит его между теплообменником и байпасом. Изменение расхода воды через фэнкойл в одном помещении не вызовет изменение расхода воды через другие фэнкойлы и не приведет к гидравлической разрегулировке гидравлической сети. Расход хладоносителя на всех участках гидравлической сети и общий расход останется неизменным. Балансировка гидравлических контуров необходима только в процессе наладки системы, применяются ручные балансировочные клапаны. Это более простая система и более дешевая по инвестиционным

вложениям. Схема присоединения теплообменника фэнкойла к трубопроводам с установкой двухходового регулирующего клапана показана на рис. 6. При понижении температуры в помещении в режиме охлаждения регулирующий клапан уменьшает количество хладоносителя через теплообменник, при ее повышении в режиме нагревания – уменьшает количество теплоносителя.

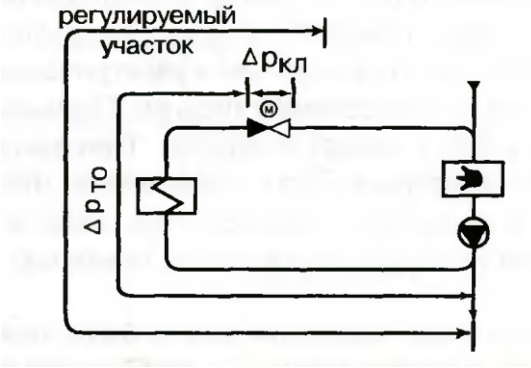


Рис. 6. Схема присоединения теплообменника фэнкойла к трубопроводам с установкой двухходового регулирующего клапана

При установке двухходовых регулирующих клапанах изменение расхода тепло-хладоносителя через фэнкойл при регулировании температуры воздуха в помещении неизбежно вызовет изменение расхода воды на параллельных участках гидравлической сети трубопроводов и, как следствие, изменение температуры воздуха в остальных помещениях, что вызывает необходимость постоянного проведения гидравлической балансировки системы. В этих системах требуется применение автоматических балансировочных регулирующих клапанов, насосов с электронным управлением, что удорожает систему. Двухходовые клапаны предназначены для систем с переменным расходом тепло-хладоносителя. Преимуществом таких систем является экономия электроэнергии при снижении расхода тепло-хладоносителя, частичное уменьшение потерь холода и теплоты при транспортировке по трубопроводам. Таким образом инвестиционные затраты будут выше, чем в системе с трехходовыми регулирующими клапанами, но в процессе эксплуатации они быстро окупятся за счет снижения расхода электроэнергии и бесполезных затрат холода и теплоты и в дальнейшем принесут значительную выгоду заказчику.

Управление регулирующими клапанами может быть реализовано такими исполнительными механизмами:

-выносным термостатом с дистанционным датчиком- термобаллоном;

-электротермическим приводом, когда реализуется духпозиционное регулирование «открыто-закрыто»;

-электрическим сервоприводом, когда реализуется плавное или модуляционное трехпозиционное регулирование.

Двухпозиционный термоэлектрический сервопривод в комплекте с регулирующим клапаном и комнатными термостатами обеспечивает индивидуальное регулирование температуры воздуха в помещении путем полного прекращения подачи тепло- хладоносителя в теплообменник фэнкойла. Термоэлектрический сервопривод поставляется в исполнении «при отсутствии напряжения закрыт (открыт)». При таком способе регулирования неизбежно колебание температуры воздуха в помещении.

Более высокое качество регулирования температуры воздуха в помещении достигается при плавном трехпозиционном регулировании с помощью электрического сервопривода.

Управление электротермическим приводом может быть простым при помощи выключателей и термостата или более сложным с использованием микропроцессорных блоков управления, управление электрическим сервоприводом осуществляется только с помощью микропроцессорных блоков управления.

Выбор способа управления и его технического оснащения определяется требованиями к точности поддержания температуры воздуха на заданном уровне, допустимой величиной ее отклонения, режимом работы системы: только на рециркуляционном воздухе или со смешением с наружным, только охлаждение, только отопление или охлаждение и отопление, наличием дополнительного электронагревателя, типом системы: двухтрубная, четырехтрубная.

Схемы трубопроводов системы тепло-холодоснабжения фэнкойлов

могут быть двухтрубными и четырехтрубными. Двухтрубные схемы применяются при работе системы «чиллер- фэнкойлы» только на охлаждение, а также при двух режимах функционирования системы: охлаждении и отоплении при одноконтурных теплообменниках фэнкойлов. Двухтрубные системы с переключением режимов обычно применяются в реконструируемых зданиях при стесненных условиях для прокладки трубопроводов, а также с целью экономии трубопроводов и арматуры при строительстве новых зданий. Они наиболее подходят для зданий с четко разграниченными фасадами, при отсутствии резких различий в тепловых нагрузках помещений на одном фасаде. В этом случае двухтрубная система устраивается пофасадная с возможностью переключения одного из фасадов в переходный период на противоположный режим. Зона, которая обслуживает помещения, выходящие на освещенный солнцем фасад, будет питаться холодной водой от источника холода- чиллера, зона, выходящая на неосвещенный солнцем фасад – от источника теплоты. Желательно в таких системах предусматривать два и большее количество гидравлических контуров, кратное количеству зон, каждый из которых будет обслуживать свою зону с возможностью переключения на другие зоны. Тогда источником теплоты в переходный период для зоны, неосвещенной солнцем, может быть чиллер, работающий в режиме теплового насоса. На рис. 7 показана схема закрытой двухтрубной многозональной системы тепло-холодоснабжения фэнкойлов с переключением режимов. На магистральных трубопроводах, подающих и отводящих холодную и горячую воду установлены запорные вентили или затворы для ручного переключения режимов или регулирующие двухпозиционные вентили для автоматического переключения режимов. В теплый период, когда требуется охлаждение во всех помещениях открыты вентили 1,3,5,7, закрыты 2,4,6,8. В холодный период, когда требуется одновременно отопление всех помещений открыты вентили 2,4,6,8 и закрыты

вентили 1,3,5,7. В переходный период, когда зона А освещена солнцем и требуется охлаждение помещений, а помещения зоны Б нуждаются в отоплении вентили 1,3,6,8 открыты, а вентили 2,4,5,7 закрыты.

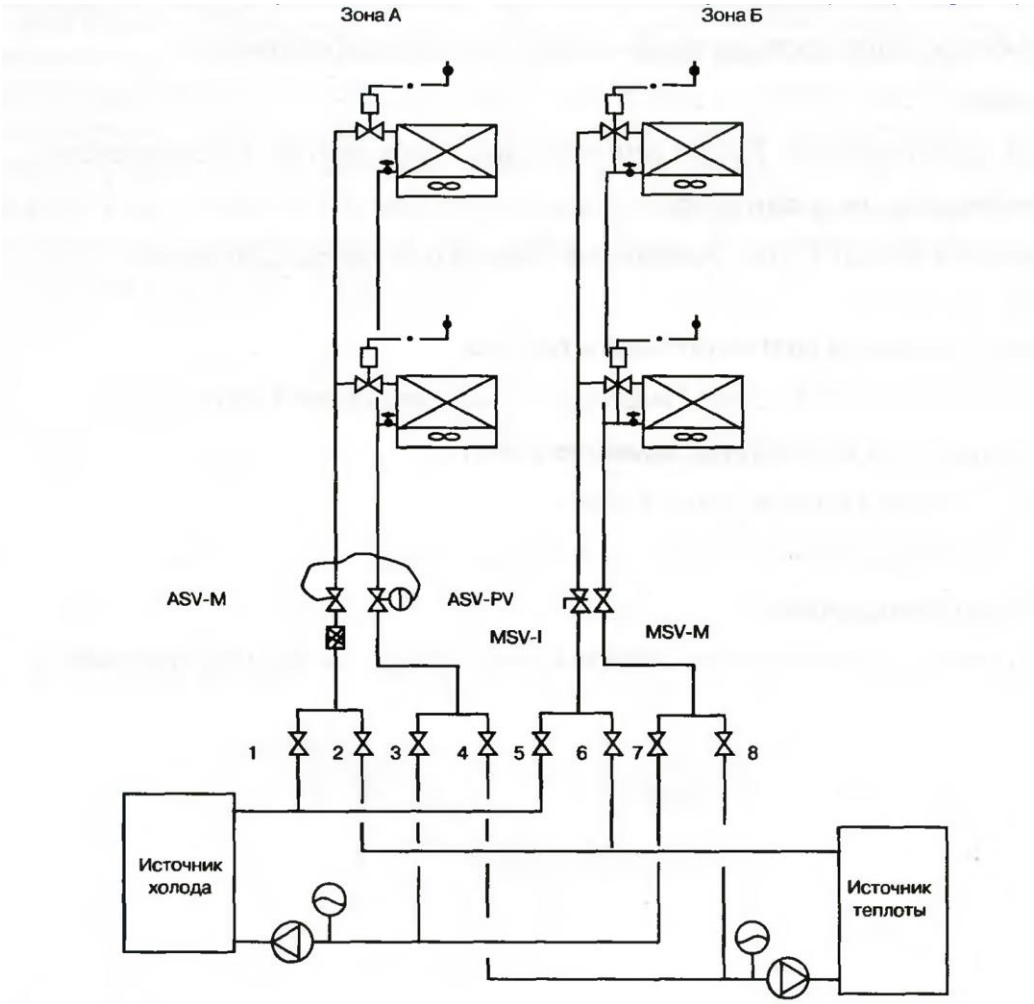


Рис.7. Схема двухтрубной системы холодоснабжения фэнкойлов с переключением режимов

В зоне А в фэнкойлах установлены двухходовые регулирующие клапаны и автоматические балансировочные клапаны на всех ответвлениях и магистралях, в зоне Б установлены трехходовые регулирующие клапаны и ручные балансировочные клапаны на всех ответвлениях и магистралях.

В двухтрубной системе при подключении одноконтурного теплообменника фэнкойла может устанавливаться трехходовой регулирующий клапан (рис.8а) или двухходовой регулирующий клапан(рис.8б). В первом случае - расход воды через теплообменник фэнкойла переменный, а расход воды в системе - постоянный. При установке двухходового клапана расход воды через

теплообменник и в системе — переменный, что дает возможность при регулировании количества передаваемой теплоты при снижении нагрузки экономить электроэнергию на работу циркуляционного насоса.

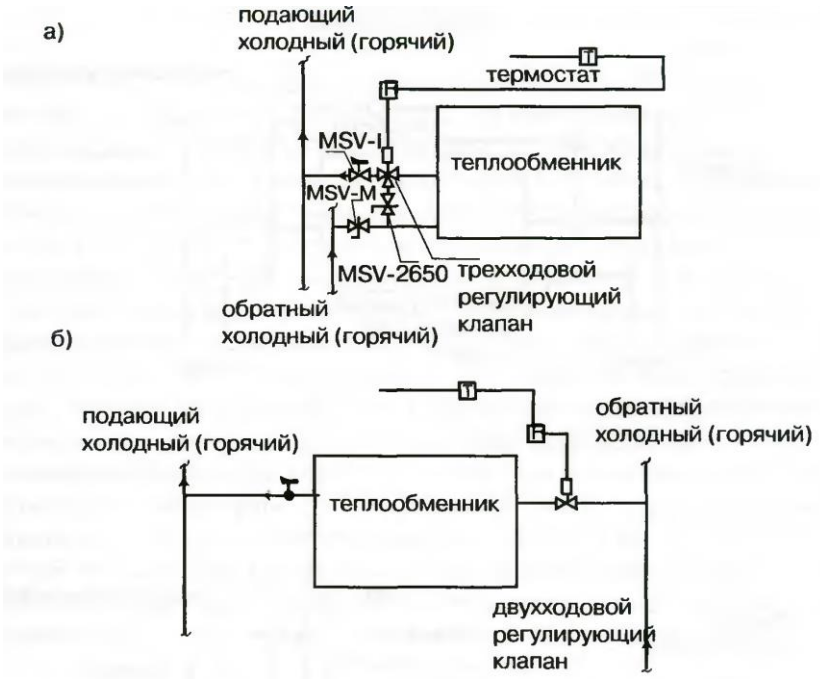
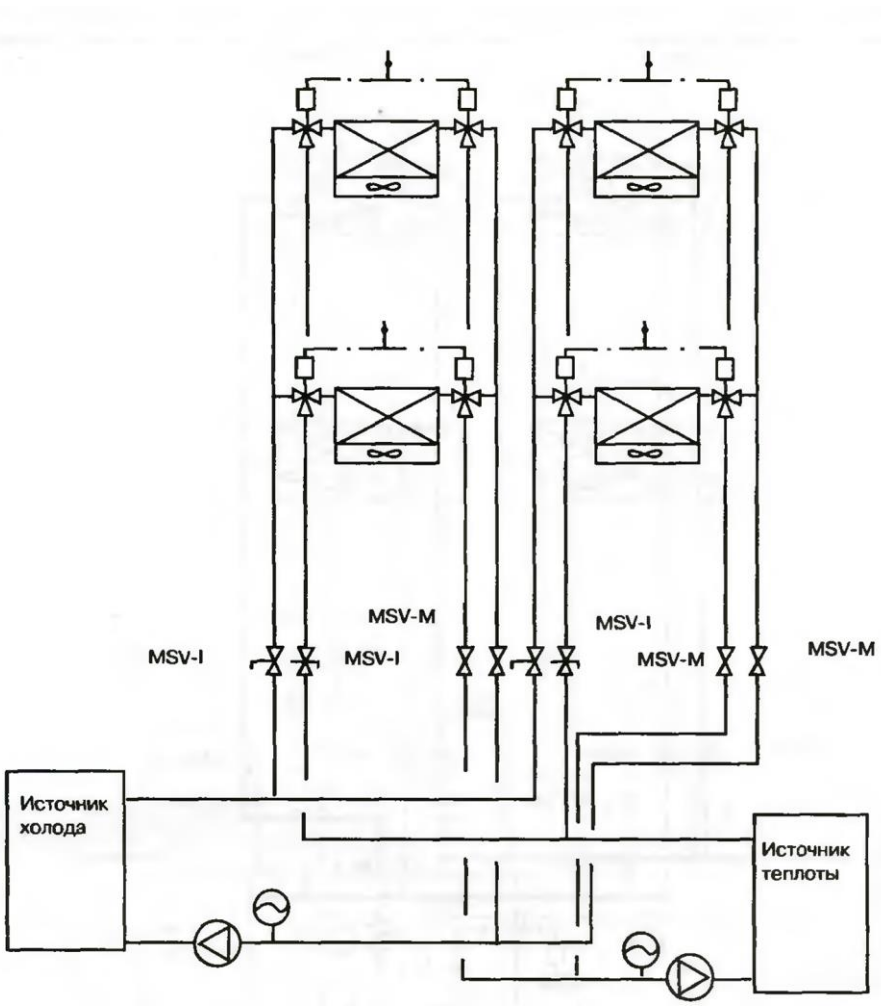


Рис. 8. Схема подключения теплообменников фэнкойлов в двухтрубной системе холодоснабжения

Четырехтрубная система применяется, если фэнкойлы имеют двухконтурный теплообменник, а также может применяться и в случае с одноконтурным теплообменником фэнкойлов когда контуры охлаждения и отопления гидравлически независимы друг от друга (рис.9). Установлены трехходовые регулирующие клапаны и ручные балансировочные клапаны на всех ответвлениях и магистралях. При одноконтурных теплообменниках на подающем и обратном трубопроводах теплообменника устанавливаются трехходовые регулирующие не смешивающие клапаны, управляемые от датчика температуры воздуха в помещении, в которых в зависимости от режима работает один ход, а другой закрыт. Один клапан делительный, другой-смесительный. Схема подключения теплообменника фэнкойлов к

трубопроводам представлена на рис.10а.

Рис.9. Схема четырехтрубной системы холодоснабжения фэнкойлов

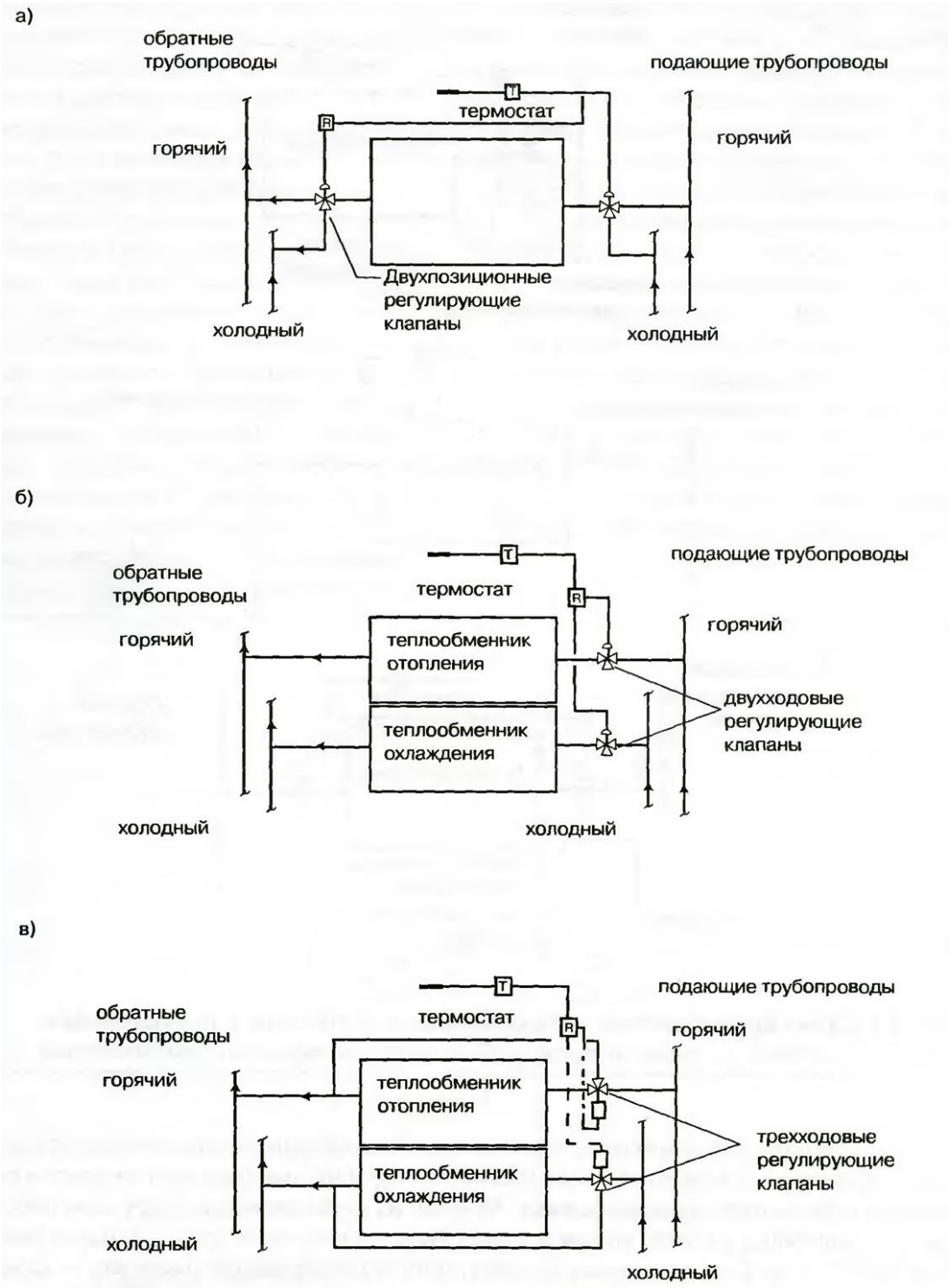


При двухконтурных фэнкойлах каждый контур теплообменника подключается соответственно к системе охлаждения и нагревания, контуры независимы друг от друга и гидравлически, и по температурному режиму.

Каждый из трубопроводов имеет свой собственный регулирующий клапан, который может быть трехходовым (рис. 10б) или двухходовым (рис.10в).

С точки зрения эксплуатации и поддержания комфорта –самая лучшая

система, но инвестиционные вложения значительно выше, чем при устройстве



других систем.

Рис. 10. Схема подключения теплообменников фэнкойлов в четырехтрубной системе холодоснабжения

В системе тепло- холодоснабжения фэнкойлов используются трубы из

разных материалов: металлические (стальные, медные) и неметаллические (полимерные). Могут применяться следующие пластиковые трубы:

- металлополимерные до диаметра 32 мм;
- армированные полипропиленовые PN20(при температуре 20^0C номинальное давление 2 МПа и при температуре 75^0C - 0.6 МПа) и PN25(при температуре 20^0C номинальное давление 2.5 МПа и при температуре 90^0C - 1.0 МПа) до диаметра 75 мм,
- из сшитого полиэтилена с антидиффузионной защитой до диаметра 32 и поливинилхлорида до диаметра 110 мм.

Маркировка трубопроводов из полимерных материалов принята, также как и медных, по наружному (номинальному) диаметру. Металлопластиковые трубы и трубы из сшитого полиэтилена выпускаются только небольших диаметров (до 32 мм), соединяются между собой с помощью латунных зажимных соединителей с цельными или разрезными кольцами. В системах холодоснабжения существует необходимость в трубах диаметром выше 32 мм до 160 мм для разводящих и магистральных трубопроводов. В этом случае применяют трубы из поливинилхлорида (максимальный диаметр 110 мм) и полипропилена(максимальный диаметр 110 мм). Трубы и фасонные части из поливинилхлорида соединяются с помощью полидиффузионного склеивания, трубопроводы из полипропилена с помощью фитингов из того же материала сваркой с использованием комплекта электронагревательного инструмента с набором соответствующих насадок для различных диаметров труб.

Прокладка труб системы тепло-холодоснабжения в гражданских зданиях преимущественно скрытая: в подшивном потолке, в шахтах и каналах, строительных бороздах, в пространстве между стеной и гипсокартонной перегородкой. Скрытая прокладка применяется для защиты труб от механических повреждений и из эстетических соображений. При расположении магистральных труб требуется обеспечить свободный доступ для осмотра, ремонта или замены в процессе эксплуатации. В местах расположения разборных соединений и арматуры на трубопроводах

ответвлений и стояков устраиваются лючки. При прокладке следует учитывать то, что трубы изолируются и увеличиваются в размерах. При проходе трубы через стены и перегородки должно быть обеспечено свободное перемещение, в том числе установкой гильз. Прокладку труб следует производить с уклоном противоположным движению воды к фэнкойлам, предусматривая устройства для опорожнения горизонтальных ветвей и стояков.

Разводка трубопроводов к фэнкойлам применяется вертикальная (стояки) или горизонтальная(рис.11).

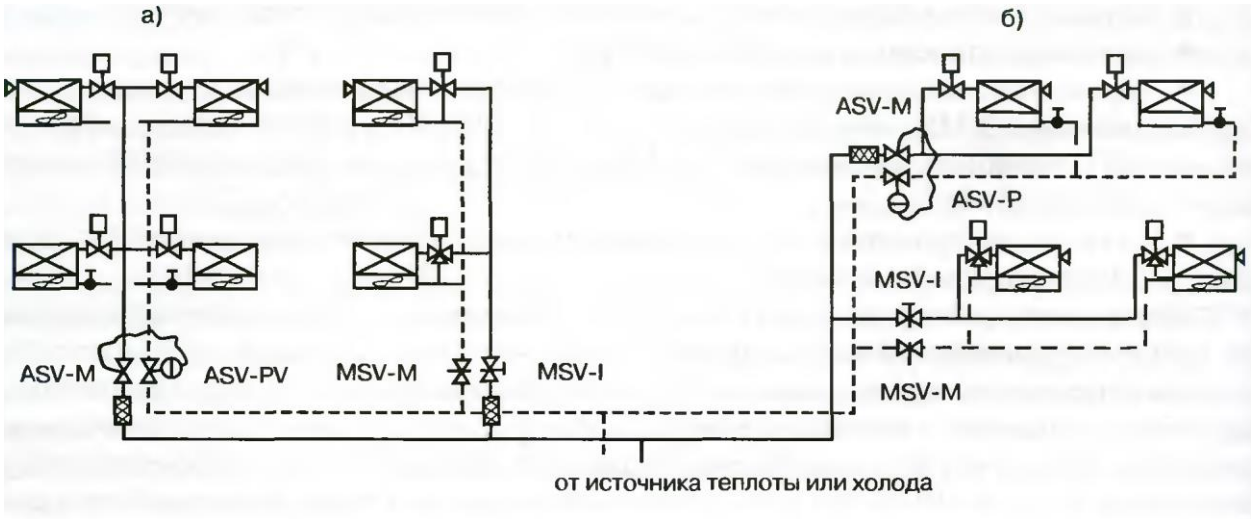


Рис. 11. Разводка труб к фэнкойлам: а) вертикальная, б)- горизонтальная

Разводка магистралей преимущественно тупиковая, но может быть и попутная при достаточно протяженных ответвлениях (рис. 12).

При прокладке трубопроводов следует учитывать изменение длины труб в процессе эксплуатации. Эксплуатация трубопроводов происходит при температуре отличной от температуры, при которой производится монтаж. Согласно нормам монтаж трубопроводов из полимерных материалов следует выполнять при температуре воздуха в помещении $+10^0$С.

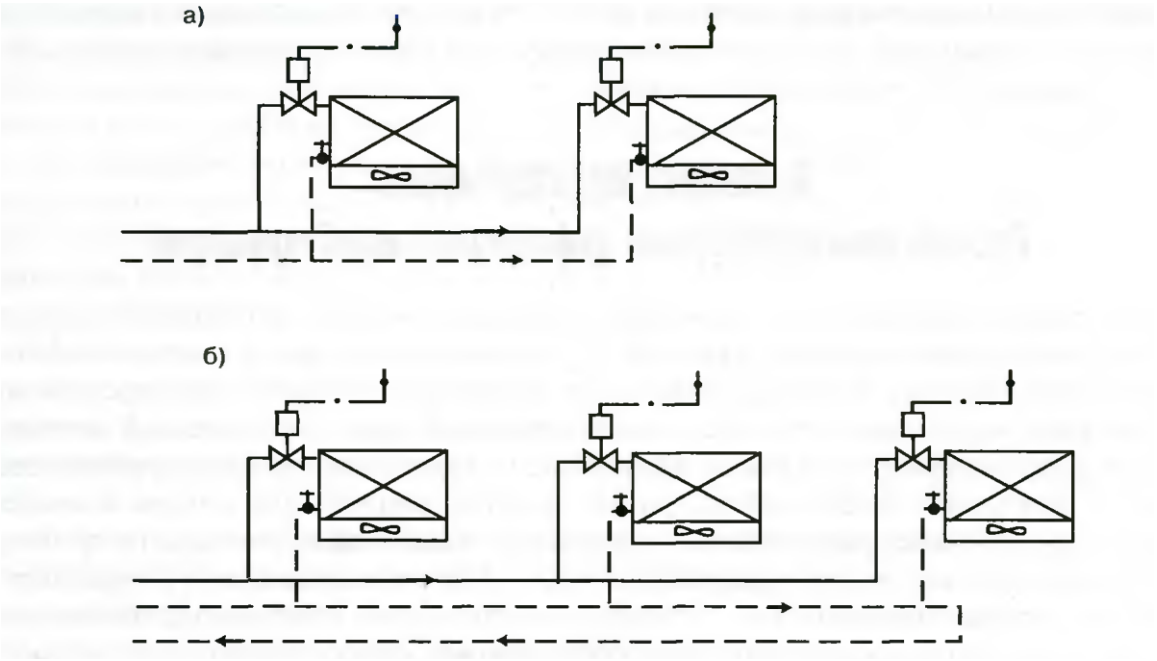


Рис. 12. Разводка труб к фэнкойлам: а) тупиковая, б)- с попутным движением

Арматура запорная, регулирующая

Для полного отключения отдельных стояков или горизонтальных ответвлений и спуска тепло-хладоносителя, если потребуется проводить ремонтные работы в период эксплуатации системы, необходима запорная и спускная арматура. Балансировочные клапаны, кроме функции поддержания постоянного перепада давлений и расхода тепло-холодоносителя для обеспечения гидравлической устойчивости системы, выполняют также функции запорной и спускной арматуры.

На магистралях для отключения отдельных частей системы тепло-холодоснабжения фэнкойлов, если нет необходимости в установке балансировочных клапанов, устанавливают краны шаровые или затворы дисковые поворотные. Для спуска тепло-хладоносителя в пониженных местах на магистралях устанавливают краны спускные.

Запорную арматуру размещают на ответвлениях и главных подающих и обратных магистралях, до и после фэнкойлов и теплообменников, циркуляционных насосов, регулирующих клапанов на магистралях, на

обводных линиях. После насоса также устанавливают обратный клапан для предотвращения движения в обратном направлении перемещаемой среды. Перед регулирующей арматурой на магистралях, расходомерами, насосами, теплообменниками и другими устройствами с повышенными требованиями к чистоте проходящей через них среды устанавливают сетчатые фильтры. Фильтры должны устанавливаться так, чтобы направление стрелки на корпусе совпадало с направлением среды и сливное отверстие в крышке было обращено вниз.

Для регулирования тепло-холодопроизводительности фэнкойлов применяется регулирующая арматура. Отдельные фирмы-изготовители поставляют фэнкойлы в комплекте с регулирующей арматурой, другие, предоставляют проектировщику самому выбрать способ управления и соответствующие регулирующие устройства.