

Донецкий национальный университет экономики и торговли
имени Михаила Туган-Барановского

кафедра холодильной и торговой техники

ЛЕКЦИИ

По модулю «Основы кондиционирования воздуха»

Отрасль знаний 0505 «Машиностроение и материалобработка»

Направление подготовки 6.050503 «Машиностроение»

Курс 4с

Разработал: доц. Карнаух В.В.

ДонНУЭТ
Донецк - 2014

Тема 1: ВВЕДЕНИЕ В КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ. ВЛАЖНЫЙ ВОЗДУХ

План.

1. Гигиенические основы кондиционирования воздуха.
2. Общие понятия о влажном воздухе.
3. Диаграммы влажного воздуха.

Литература:

1. Свердлов З.Г. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. - М.: Пищевая промышленность, 1989 г.
2. Меклер В.Я., Овчинников П.А. Промышленная вентиляция и кондиционирование воздуха, М.: Стройиздат, 1978.

1. Гигиенические основы кондиционирования воздуха

Процесс создания и автоматического поддержания определенных параметров воздушной среды благоприятной для самочувствия людей или ведения технологического процесса в помещении, называется **кондиционированием воздуха**.

При кондиционировании независимо от наружных метеорологических условий и внутренних нагрузок (избытки тепла и влаги) в помещении поддерживаются требуемые температура (t), относительная влажность (ϕ), чистота и скорость движения воздуха (u). В отдельных случаях осуществляется очистка воздуха от бактерий, запахов, регулирования газового состава и ионосодержания.

Различают следующие виды кондиционирования:

- А) комфортное;
- Б) технологическое;
- В) комфортно-технологическое.

С помощью систем *комфортного* кондиционирования создаются благоприятные условия для человеческого организма, удовлетворяющие санитарно-гигиеническим требованиям (t, ϕ, u , чистота воздуха).

В зависимости от состояния организма (отдых, умственная работа, работа с тяжестями) и параметров окружающей среды каждый человек в течение часа выделяет 30...280 ккал теплоты (125..1176 кДж), 40 - 415 г влаги и 18-36 л углекислоты. В результате физиологических процессов, протекающих в организме человека, выделяются вредные органические вещества, летучие жирные кислоты, аммиак. Все это необходимо удалять из помещения.

Важным условием комфортного микроклимата является создание таких параметров воздушной среды, которые обеспечивают эффективный отвод выделяемых теплоты и влаги. Нарушение теплового баланса организма ухудшает самочувствие и снижает работоспособность человека.

Теплота, выделяемая человеком, передается в окружающую среду в виде явной теплоты через кожный покров за счет радиации (около 46 %), конвекции

(~ 32 %), а также в виде скрытой теплоты – за счет испарения выделяемой влаги (~ 22 %).

Тепловые ощущения зависят от параметров окружающей среды. Чем выше температура (t) и скорость воздуха (u) воздуха, тем больше испаряется влаги с поверхности кожи. При этом теплообмен за счет конвекции и радиации уменьшается. Относительная влажность (φ) так же оказывает существенное влияние на теплообмен: теплоотдача испарением увеличивается с уменьшением значения φ .

Значительное влияние на организм человека оказывает ионный состав воздуха. Известно, что в воздухе постоянно происходят процессы ионизации и деионизации. От молекул газа отделяется электрон, который, присоединяясь к нейтральной молекуле, образует отрицательный ион, а молекула, лишенная электрона, образует положительный ион.

Ионы подразделяются на легкие, которые состоят из групп молекул, и тяжелые, образующиеся при соединении легкого иона с пылинками и водяными каплями. Степень ионизации воздуха характеризуется количеством ионов в 1 см^3 воздуха.

Легкие ионы благоприятно действуют на организм, тяжелые – отрицательно (вызывают недомогания, головные боли). Высокая концентрация тяжелых ионов наблюдается в атмосферном воздухе вблизи заводов, электростанций, в воздушной среде производственных помещений, где ведутся технологические процессы (электросварка, литье).

Нормы воздушной среды в рабочей зоне указаны в ГОСТ 12.1.005 – 88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», ДСН 33.6.042-99 «Государственные санитарные нормы микроклимата производственных помещений».

Для комфортного кондиционирования оптимальные параметры воздушной среды составляют: в теплый период года $t_{\text{опт.}}=18...25 \text{ }^\circ\text{C}$; $u_{\text{опт.}}=0,1...0,4 \text{ м/с}$; $\varphi_{\text{опт.}}=40-60 \text{ \%}$; в холодный период года $t_{\text{опт.}}=16...24 \text{ }^\circ\text{C}$; $u_{\text{опт.}}=0,1...0,3 \text{ м/с}$; $\varphi_{\text{опт.}}=40-60 \text{ \%}$.

Технологическое кондиционирование обеспечивает создание параметров воздушной среды, удовлетворяющих требованиям технологического процесса. При этом параметры воздуха могут быть абсолютно неприемлемы для людей.

Например, в камерах для замораживания мяса $t = -25^\circ\text{C}$, $\varphi = 90...95\%$, в камерах предсозревания щелочной целлюлозы $t = 30..35 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi \approx 90\%$.

Комфортно - технологическое кондиционирование предназначено для поддержания параметров, удовлетворяющих технологическим и санитарно-гигиеническим требованиям.

2. Общие понятия о влажном воздухе

Смесь сухих газов (O_2 , N_2 , CO_2 , He , Ar и др.) и водяного пара (H_2O), называется влажным воздухом.

В атмосферном воздухе пар находится под небольшим парциальным давлением и в перегретом состоянии, поэтому влажный воздух можно

рассматривать как смесь идеальных газов за исключением того, что при определенных условиях будет происходить конденсация водяного пара.

Сухим называют воздух, в котором не содержится водяной пар. Существует предел содержания в воздухе водяного пара, при превышении которого водяной пар начинает конденсироваться и переходить в туман или росу. Воздух, содержащий максимально возможное количество водяного пара, называют насыщенным воздухом. Воздух, занимающий по содержанию водяного пара промежуточное положение между сухим и насыщенным, называют ненасыщенным.

Физические свойства влажного воздуха характеризуются следующими параметрами: парциальным давлением водяного пара $P_{в.п.}$, влагосодержанием d , абсолютной $W_{абс}$, максимальной W_{max} и относительной влажностью j , степенью насыщения, энтальпией i , теплоемкостью c , плотностью ρ (удельным объемом ν), температурами по сухому t_c и по мокрому t_m термометрам и температурой точки росы t_p .

Абсолютная влажность воздуха $W_{абс}$ – масса водяного пара в 1 м³ влажного воздуха. Очевидно, абсолютная влажность воздуха является плотностью находящегося в нем пара при парциальном давлении его, отвечающем температуре влажного воздуха.

$$W_a = \frac{m_n}{V_{в.в.}} = \rho_n = \frac{P_n}{R_n \times T_{в.в.}}, \text{ Г/М}^3 \quad (1)$$

где p_n – парциальное давление водяного пара, кПа;

$T_{в.в.}$ - абсолютная температура влажного воздуха, К;

R_n – удельная газовая постоянная водяного пара, кДж/(кгЖ).

Максимальная влажность воздуха – максимально возможное количество водяного пара в 1 м³ влажного воздуха. Очевидно, что максимальная влажность воздуха является плотностью сухого насыщенного пара.

$$W_{max} = \frac{m_{maxn}}{V_{в.в.}} = \rho_{нас} = \frac{P_{нас}}{R_n \times T_{в.в.}}, \text{ Г/М}^3 \quad (2)$$

где $p_{нас}$ – парциальное давление насыщенного водяного пара, кПа;

$T_{в.в.}$ - абсолютная температура влажного воздуха, К;

R_n – удельная газовая постоянная водяного пара, кДж/(кгЖ).

Относительная влажность воздуха j :

$$j = \frac{W_a}{W_{max}} = \frac{r_n}{r_{нас}} = \frac{p_n}{p_{нас}}, \% \quad (3)$$

Влагосодержание (d) – масса водяного пара, приходящаяся на 1 кг сухого воздуха.

$$d = \frac{m_n}{m_{c.в.}}, \text{ г/кг}_{c.в.} \quad (4)$$

При принятом допущении об идеальности водяного пара и сухого воздуха можно записать:

$$p_n V_n = m_n R_n T_n; \quad p_{c.в.} V_{c.в.} = m_{c.в.} R_{c.в.} T_{c.в.}$$

Считая, что $V_n = V_{c.в.}$ и $T_n = T_{c.в.}$, получим

$$d = \frac{m_n}{m_{c.в.}} = \frac{p_n V_n R_{c.в.} T_{c.в.}}{R_n T_n p_{c.в.} V_{c.в.}} = \frac{m_n p_n}{m_{c.в.} p_{c.в.}} = 622 \frac{p_n}{p_{c.в.}} = 622 \frac{p_n}{B - p_n}, \text{ г/кг}_{c.в.} \quad (5)$$

Плотность влажного воздуха $\gamma_{в.в.}$ определяется как сумма плотности пара γ_n и плотности сухого воздуха $\gamma_{c.в.}$ при их парциальных давлениях.

$$\gamma_{в.в.} = \gamma_{c.в.} + \gamma_n = \gamma_{c.в.} (1 + d) = \gamma_n \frac{1 + d}{d}, \text{ кг/м}^3 \quad (6)$$

Энтальпия влажного воздуха ($I_{в.в.}$) относится к 1 кг сухого воздуха или к $(1+d)$ кг влажного воздуха и определяется как сумма энтальпий 1 кг сухого воздуха и d кг водяного пара, т.е.

$$I = i_{c.в.} + i_n d = c_{pc.в.} t + i_n d = c_{pc.в.} t + (r_0 + c_{pn} t) d = t + (2500 + 1,9 t) d, \text{ кДж/кг}_{c.в.} \quad (7)$$

где $c_{pc.в.}$, c_{pn} – массовая изобарная теплоемкость сухого воздуха и пара, соответственно, кДж/кгЖ; r_0 – удельная теплота парообразования, кДж/кг.

Температура "мокрого" термометра (t_m) – температура воды, поверхность которой обдувается потоком ненасыщенного влажного воздуха.

Температура "точки росы" (t_p) – температура, при которой из влажного воздуха начинает конденсироваться влага ($j = 100\%$).

3. Диаграммы влажного воздуха

Для определения параметров и исследования процессов влажного воздуха используются ряд диаграмм, из которых наибольшее распространение получила $i-d$ диаграмма влажного воздуха (приложение 1), предложенная профессором Рамзиным Л.К. в 1918 г. Диаграмма построена в косоугольной системе координат для 1 кг сухой части воздуха при давлении $p_{бар}=745$ мм рт. ст. и наглядно показывает взаимосвязь основных параметров влажного воздуха.

На диаграмме по оси ординат откладываются значения энтальпии i (кДж/кг $_{с.в.}$) (изолинии направлены под углом 45° к горизонту), а по оси абсцисс – влагосодержание d (г/кг $_{с.в.}$). Кривая, соответствующая $\phi = 100\%$, разделяет поле диаграммы на две части: выше $\phi = 100\%$ – область ненасыщенного влажного воздуха, ниже $\phi = 100\%$ – область тумана (изотермы резко отклоняются).

В области ненасыщенного воздуха под небольшим углом к горизонтальной оси нанесены линии с постоянным значением температуры воздуха ($t - const$), представляющие собой прямые линии. Здесь же изображены в виде веера кривых, расходящихся вверх, линии постоянной относительной влажности ($j - const$). Самая нижняя линия соответствует состоянию насыщенного воздуха при конкретной температуре ($j = 100\%$). В нижней части диаграммы построена линия парциального давления $P_n=f(d)$, от которой отходят горизонтальные линии постоянных значений парциального давления водяного пара ($P_n - const$). Температура точки росы t_p – температура, при которой начинается конденсация влаги из воздуха при его охлаждении. Температура по мокрому термометру t_m – температура, которую показывает термометр со смоченной водой измерительной частью. Это точка пересечения прямой, параллельной энтальпии, проведенной через точку, характеризующую параметр воздуха, с кривой $\phi=100\%$.

При построении процессов обработки влажного воздуха в установках кондиционирования необходимо знать значение тепловлажностного отношения

$$e = \frac{D_i}{D_d} = \frac{\dot{a} Q + \dot{a} W \cdot r}{\dot{a} W}, \quad (8)$$

где $\dot{a} Q$ – суммарное количество поступившей в помещение явной теплоты, кДж;

$\dot{a} W$ – суммарное количество влагопритоков, кг;

$r = 2500$ – удельная теплота парообразования, кДж/кг

С помощью $I-d$ диаграммы по любым двум параметрам воздуха можно определить все другие параметры.

Тема 2: ПОСТРОЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ВЛАЖНОГО ВОЗДУХА В $I-D$ ДИАГРАММЕ

План.

1. Нагрев и охлаждение влажного воздуха.
2. Обработка воздуха водой.
3. Смешение объемов влажного воздуха с разными параметрами.

Литература:

1. Свердлов З.Г. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. – М.: Пищевая промышленность, 1989 г.
2. Меклер В.Я., Овчинников П.А. Промышленная вентиляция и кондиционирование воздуха, М.: Стройиздат, 1978.
3. Пекер Я.Д., Мардер Е.Я. Справочник по выбору оборудования для кондиционирования воздуха. Киев, «Строитель», 1990.-224с.

1. Нагрев и охлаждение влажного воздуха.

К процессам обработки влажного воздуха относятся:

- § нагрев;
- § охлаждение;
- § сушка влажных материалов;
- § смешивание влажного воздуха с разными параметрами.

В установках кондиционирования воздуха нагрев осуществляется в секциях подогрева.

Процесс нагревания воздуха происходит при постоянном влагосодержании ($d=const$). По двум известным начальным параметрам находят на диаграмме начальную точку 1, из нее проводится вертикально вверх линия ($d=const$) до пересечения с заданным конечным значением параметра (рис. 1).

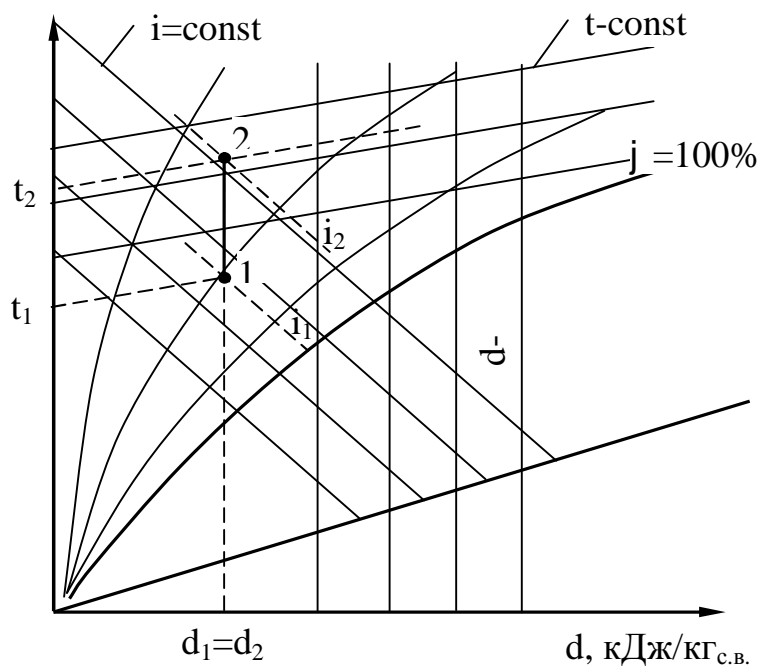


Рис. 1. Процесс нагрева воздуха

Количество подведенной теплоты к 1 кг_{с.в.} определяется по формуле (1)

$$q = i_2 - i_1, \text{ кДж/кг}, \quad (1)$$

где i_1, i_2 - удельные энтальпии воздуха в начале и в конце процесса нагрева, кДж/кг.

Процесс охлаждения осуществляется в поверхностных теплообменниках – воздухоохладителях.

Поверхностные водоохладители по своей конструкции и принципу действия аналогичны калориферам. В них, как и в калориферах, обрабатываемый воздух проходит между трубами. Охлаждающая среда, отводящая от воздуха теплоту и поддерживающая температуру поверхности труб на нужном уровне, движется внутри труб. В качестве охлаждающей среды в поверхностных воздухоохладителях используются холодная вода, растворы солей или жидкости, кипящие при низкой температуре (фреоны и др.). В системах кондиционирования воздуха применяются воздухоохладители, трубы которых имеют оребрение, выполненное из стали, меди или алюминия. Поверхностные воздухоохладители имеют некоторые конструктивные отличия от калориферов (размеры, шаг ребер и др.). Однако в качестве воздухоохладителей могут использоваться обычные калориферные секции при подаче в них холодной воды.

В системах кондиционирования воздуха применяются неорошаемые и орошаемые воздухоохладители. В неорошаемых воздухоохладителях могут осуществляться процессы обработки воздуха двух видов: охлаждение без изменения влагосодержания и охлаждение с осушением. Охлаждение воздуха происходит также без изменения его влагосодержания, если при охлаждении воздух не становится насыщенным - процесс AB (рис. 2).

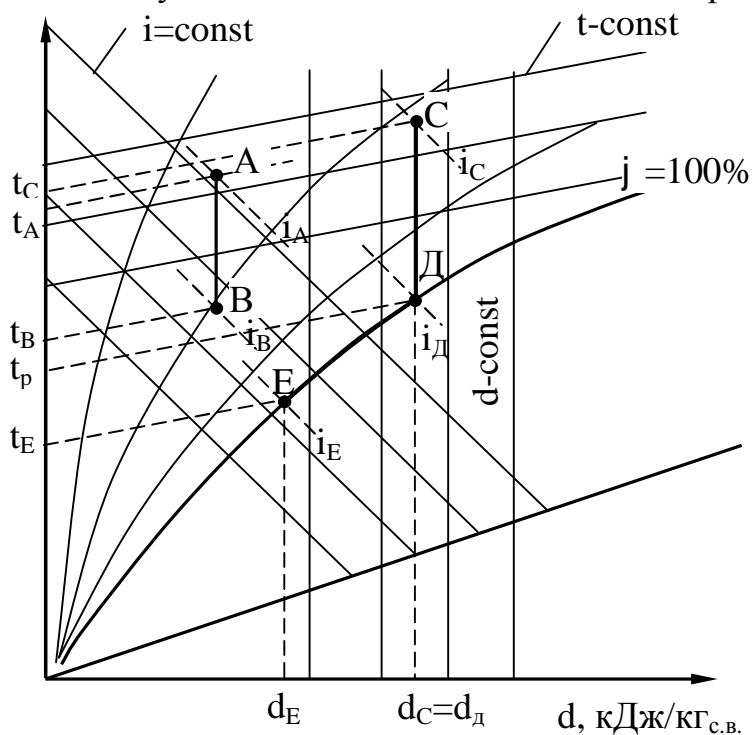


Рис. 2. Процессы охлаждения воздуха

Если охлаждение воздуха происходит до состояния полного насыщения с $j = 100\%$ (процесс $C-D$), то пересечение линии $d-const$ с линией $j = 100\%$ (точка D) определяет температуру точки росы (t_p). В этом состоянии водяной пар во влажном воздухе становится насыщенным. Дальнейшее охлаждение воздуха ниже точки росы приводит к конденсации водяного пара, т.е. к осушению воздуха (процесс $D-E$).

Количество сконденсированной влаги определяется по следующей формуле:

$$m = \Delta d = d_D - d_E, \text{ г/кг}_{\text{с.в.}}, \quad (2)$$

где d_D, d_E – влагосодержание в точках D и E , г/кг_{с.в.}

2. Обработка воздуха водой

В системах кондиционирования широкое распространение получила обработка воздуха водой, основанная на том, что при соприкосновении воздуха с открытой поверхностью воды в общем случае происходит перенос массы вещества (влаги) и теплоты, сопровождающийся изменением его тепловлажностного состояния. Перенос влаги происходит вследствие ее испарения с открытой поверхности воды или конденсации из воздуха у поверхности воды; в соответствии с этим влагосодержание воздуха увеличивается или уменьшается. Направление переноса влаги зависит от количества водяных паров в воздухе и температуры поверхности воды.

Обработка воздуха водой в системах кондиционирования осуществляется в специальных камерах, называемых камерами орошения. В них воздух обрабатывается при прохождении через дождевое пространство, образованное разбрызгиванием воды, или через смачиваемый наполнитель. Преимущественное распространение получили форсуночные камеры, выпускаемые серийно как секции кондиционеров. В таких камерах, представляющих собой емкости в виде параллелепипеда, разбрызгивание воды осуществляется форсунками, монтируемыми на гребенках из двух или трех рядов труб. На входе и выходе из камеры устанавливаются сепараторы, предназначенные для выравнивания потока воздуха на входе, улавливания капель воды на выходе, а также для защиты рабочего объема камеры от облучения калориферами, которые в кондиционере монтируются по концам камеры. Сепараторы представляют собой набор зигзагообразных пластин, между которыми проходит воздух. Камеры оборудуются системами трубопроводов, запорной и регулирующей арматурой, обеспечивающими работу на заданном режиме. Эффективность работы камеры обеспечивается расчетом и зависит от числа рядов форсунок, количества распыляемой воды, тонкости распыления, вида процесса, осуществляемого в камере. В типовых форсуночных камерах коэффициент эффективности составляет 75...99 %. Нужная начальная температура воды обеспечивается регулированием

смешивания циркуляционной воды из поддона и воды, подводимой извне, с температурой, обеспечивающей получение требуемой температуры смеси.

Обработка воздуха водой может осуществляться по адиабатному ($i=const$) или политропному процессам.

На рис.3 изображены идеальные процессы контакта воздуха с водой при различной ее температуре. Возможные направления процессов лежат в пределах криволинейного треугольника $DBAC$, которого сторона BC – это кривая $\phi=100\%$, AC и AB – касательные к $\phi=100\%$.

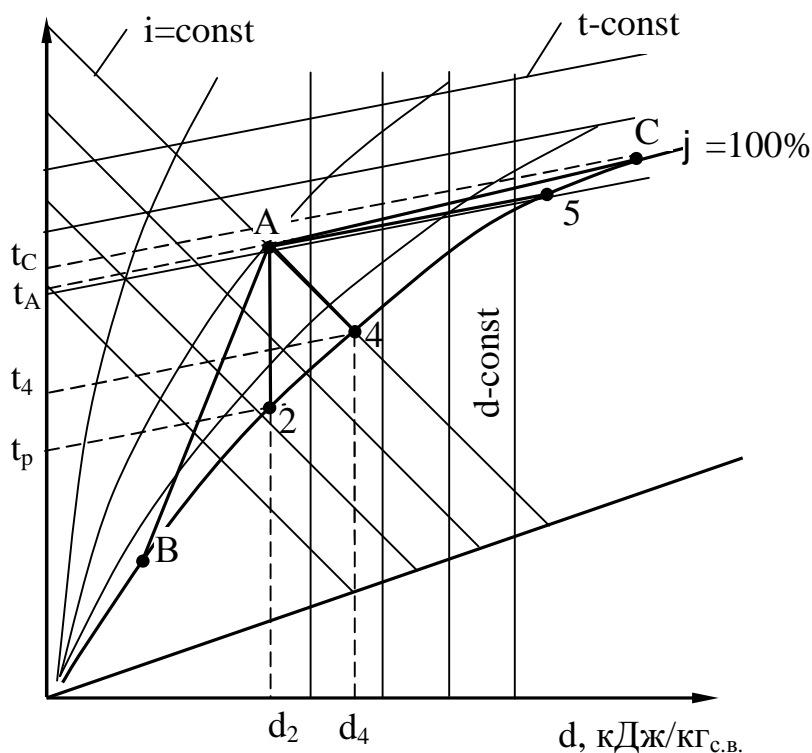


Рис. 3. Обработка воздуха водой

Процесс $A4$ – адиабатный – осуществляется в оросительной камере, когда орошение производится рециркуляционной водой без подвода к ней теплоты. При $t_{воды}$, находящейся на кривой $\phi=100\%$ выше t_4 , все процессы протекают с повышением энтальпии; при $t_{воды}$, находящейся на $\phi=100\%$ ниже t_4 , все процессы протекают с понижением энтальпии.

Процесс $A2$ – политропный протекает в том случае, когда температура воды равна температуре точки росы обрабатываемого воздуха ($t_{воды} = t_p$). Этот процесс протекает без осушения и увлажнения воздуха, но сопровождается понижением температуры и энтальпии воздуха. Все процессы выше t_2 протекают с повышением влагосодержания, т.е. разбрызгиваемая вода частично испаряется и увлажняет воздух. Все процессы ниже t_2 протекают с понижением влагосодержания, т.е. водяной пар воздуха при контакте с разбрызгиваемой водой конденсируется, в результате воздух осушается.

Процесс обработки воздуха водой осуществляется в оросительных камерах. В практических расчетах максимальная относительная влажность воздуха на выходе из оросительной камеры $\phi_{max}=90\dots95\%$.

Количество затрачиваемой теплоты и холода:

$$Q = G' (i_1 - i_2) , \text{ кВт} \quad (3)$$

где G - массовый расход воздуха, кг/с;

i_1 и i_2 - начальная и конечная энтальпия воздуха, кДж/кг.

Количество влаги:

$$W = G' (d_1 - d_2) , \text{ кг/с} \quad (4)$$

где d_1 и d_2 - начальное и конечное влагосодержание воздуха, г/кг_{с.в.}

Процесс удаления влаги из материала с помощью подвода к нему теплоты, осуществляемый в сушилке, называется *сушкой* (рис.4).

В конвективной сушилке теплота передается высушиваемому материалу предварительно нагретым горячим воздухом путем конвекции. Теплота, отданная воздухом, расходуется на испарение влаги, в результате чего температура воздуха понижается, а влагосодержание увеличивается. Так как отведенное от воздуха “сухое” тепло возвращается ему в виде “мокрого” тепла (теплоты парообразования, заключенной в водяных парах), общая энтальпия воздуха не изменяется, т.е. процесс сушки происходит при $i\text{-const}$.

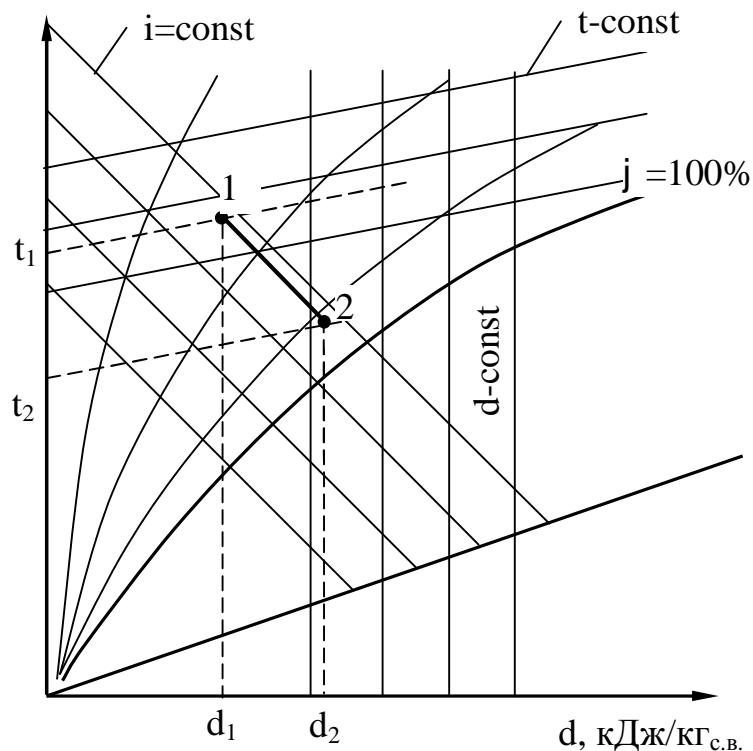


Рис. 4. Сушка влажных материалов в конвективной сушилке

Количество испаренной влаги из одного кг влажного воздуха:

$$m = Dd = d_2 - d_1 , \text{ г/кг}_{\text{с.в.}} \quad (5)$$

3. Смещение объемов влажного воздуха с разными параметрами

Процесс смешения двух масс m_a и m_b влажного воздуха с параметрами, соответствующими точкам A и B , происходит по прямой, соединяющей эти точки. В результате этого процесса получается воздух, состояние которого характеризуется параметрами, соответствующими точке C , которая делит процесс смешения AB на отрезки, обратно пропорциональные массам смешиваемого воздуха (рис. 5).

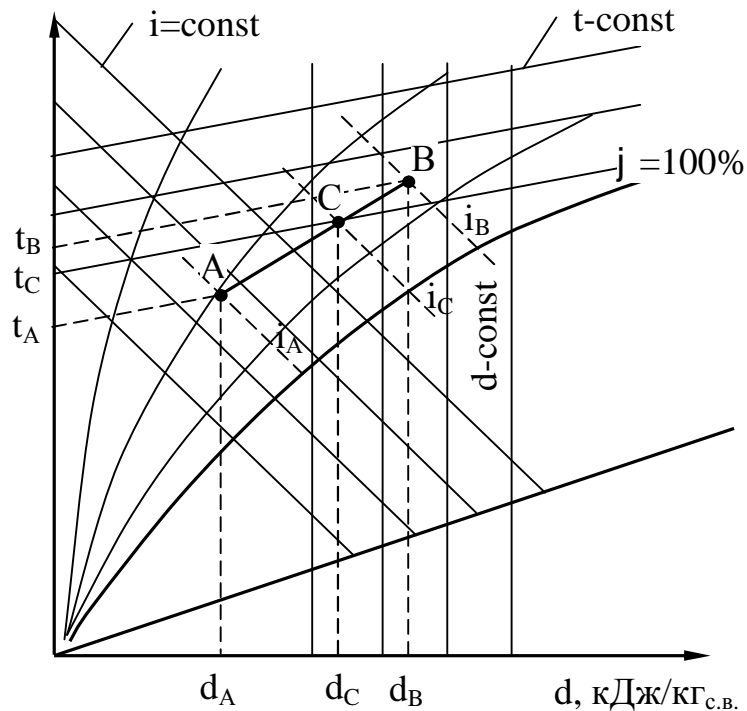


Рис. 5. Процесс смешивания

При этом выполняется следующее соотношение:

$$\frac{CB}{CA} = \frac{m_a}{m_b} = \frac{i_b - i_c}{d_c - d_a} = \frac{d_b - d_c}{d_c - d_a} \quad (5)$$

На основании материального и теплового баланса параметры состояния полученной воздушной смеси определяются по формулам (6) и (7):

$$i_c = \frac{m_a \cdot i_a + m_b \cdot i_b}{m_a + m_b}, \quad (6)$$

$$d_c = \frac{m_a \cdot d_a + m_b \cdot d_b}{m_a + m_b} \quad (7)$$

Тема 3: СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА (СКВ)

План.

1. Классификация систем кондиционирования воздуха .
2. Типы кондиционеров.
3. Центральные однозональные системы кондиционирования воздуха.
4. Центральные многозональные системы.

Литература:

1. Свердлов З.Г. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. – М.: Пищевая промышленность, 1989 г.
2. Меклер В.Я., Овчинников П.А. Промышленная вентиляция и кондиционирование воздуха, М.: Стройиздат, 1978.
3. Пекер Я.Д., Мардер Е.Я. Справочник по выбору оборудования для кондиционирования воздуха. Киев, «Строитель», 1990.-224с.

1. Классификация систем кондиционирования воздуха

Система кондиционирования воздуха (СКВ) – комплекс технических устройств, состоящих из оборудования для получения заданных параметров воздуха (температура, влажность, скорость движения, газовый состав), устройств для подачи и распределения воздуха, устройств тепло- и холодоснабжения и среды, автоматического контроля и регулировки.

В зависимости от выполняемых задач, периодичности работы и других факторов СКВ могут иметь различные схемы обработки воздуха, компоновку составляющих элементов и устройств, а также конструктивное оформление. В общем случае в систему кондиционирования входят: кондиционер, предназначенный для обработки воздуха (тепловлажностная обработка, очистка); воздухозаборная и распределяющая сеть воздухопроводов; вентиляторные агрегаты (вентиляторы, электродвигатели) для транспортирования воздуха; системы тепло- и холодоснабжения для обеспечения кондиционера теплом и холодом нужных параметров; запорно-регулирующие устройства на воздушных каналах, трубопроводах систем тепло- и холодоснабжения; система автоматического регулирования, блокировки, защиты калориферов от замерзания и др. Системы кондиционирования могут иметь полный или сокращенный набор составляющих элементов и устройств, определяемый различным назначением таких систем, применяемых в жилых, общественных и производственных зданиях.

Системы кондиционирования воздуха можно классифицировать по нескольким признакам.

- § По основному назначению (объекту применения): комфортные, технологические и комфортно-технологические.
- § По сезонности обеспечения требуемых параметров воздуха в помещениях: круглогодичные и сезонные (работают в один из периодов

(теплый или холодный), в зависимости от климатических особенностей района).

- § По принципу расположения кондиционера в обслуживаемом помещении: центральные и местные. В центральных системах воздух обрабатывается в кондиционерах, размещаемых в отдельных помещениях, и по системе воздухопроводов подается в обслуживаемые данной системой помещения, в местных - кондиционер располагается в обслуживаемом им помещении.
- § По наличию собственного (входящего в конструкцию кондиционера) источника тепла и холода: автономные и неавтономные; в автономных системах каждый кондиционер имеет свою систему тепло- и холодоснабжения, в неавтономных - тепло и холод приготавливаются централизованно и по трубопроводам подводятся к кондиционерам.
- § По принципу действия: прямоточные, рециркуляционные и комбинированные. В прямоточных системах используется только наружный воздух, который обрабатывается в кондиционере, подается в помещения и после отработки в них выбрасывается наружу. В системах с рециркуляцией в кондиционер поступает наружный воздух и воздух из помещений. После обработки смесь подается в кондиционируемые помещения, откуда воздух частично выбрасывается наружу, а частично вновь подается в кондиционер на рециркуляцию.
- § По способу регулирования выходных параметров кондиционированного воздуха: с качественным (однотрубным) и количественным (двухтрубным) регулированием;
- § по количеству обслуживаемых помещений (локальных зон): однозональные и многозональные;
- § по давлению, создаваемому вентиляторами центральных кондиционеров, подразделяются на системы низкого давления (до 100 кг/м²), среднего давления (от 100 до 300 кг/м²) и высокого давления (выше 300 кг/м²).

Кондиционирование воздуха, согласно СНиП 2.04. 05—91*, по степени обеспечения метеорологических условий подразделяются на три класса:

- первый класс обеспечивает требуемые для технологического процесса параметры в соответствии с нормативными документами;
- второй класс обеспечивает оптимальные санитарно-гигиенические нормы или требуемые технологические нормы;
- третий класс обеспечивает допустимые нормы, если они не могут быть обеспечены вентиляцией в теплый период года без применения искусственного охлаждения воздуха.

2. Типы кондиционеров:

1. сплит-системы (настенные, напольно-потолочные, колонного типа, кассетного типа, многозонональные с изменяемым расходом хладагента);
2. напольные кондиционеры и кондиционеры сплит-системы с приточной вентиляцией;
3. системы с чилерами и фанкойлами;

4. крышные кондиционеры;
5. шкафные кондиционеры;
6. прецизионные кондиционеры;
7. центральные кондиционеры.

Наиболее распространенный вид бытовых кондиционеров - это *сплит-системы*. Они состоят из двух частей: внешний и внутренний блоки, соединенные между собой трассой (специальными медными фреоновыми и электрическим кабелем). Благодаря этому сплит-системы получили преимущество по сравнению с моноблочными кондиционерами: сплит-системы - практически бесшумны, т.к. все шумогенерирующие части находятся на улице, в составе внешнего блока.

Большим преимуществом всех сплит-систем является возможность очищения



Рис. 1 Общий вид сплит-системы

воздуха при помощи антибактериального и угольного фильтров. Контроль и управление агрегатами кондиционера осуществляет микропроцессор.

Мультисплит - системы - это кондиционеры у которых на один внешний блок приходится два и более внутренних блоков, располагаемых в разных изолированных комнатах.

Достоинства сплит – систем:

- § бесшумность: все шумящие части вынесены во внешний блок;
- § незаметность в интерьере, т.к. большинство сплит - систем устанавливается на стене, на потолке или за подвесным потолком;
- § электронное управление: все сплит - системы имеют пульт дистанционного управления (ДУ). С пульта задается желаемая температура в помещении, время включения и отключения (таймер) и выбираются режимы работы агрегата;
- § гибкость в размещении блоков;
- § отсутствие ограничений по мощности.

Недостатки сплит – систем:

- § высокая стоимость: в сплит - системах реализованы последние достижения конструкторской мысли, поэтому данный тип кондиционеров является самым дорогостоящим;
- § необходимость квалифицированного монтажа.
- § высокая стоимость монтажа: при монтаже сплит - систем используются дорогостоящие расходные материалы; для установки внешних блоков иногда задействуют автовышку или промышленного альпиниста.

При монтаже сплит-системы необходимо учитывать следующие факторы:

- § внешний блок выделяет тепло, поэтому не должен устанавливаться в закрытых (без вентиляции) помещениях небольшого объема;
- § внешний блок устанавливается на капитальную стену либо на капитальные перекрытия (при установке на крышу кровля не должна быть мягкой);
- § для установки настенного /потолочного внутреннего блока необходимо иметь ровный участок стены/потолка либо перегородки, размеры которого превосходят размеры внутреннего блока;
- § для установки кассетного кондиционера необходимо пространство над подвесным потолком, геометрические размеры которого превосходят соответствующие размеры внутреннего блока;
- § шланг для слива конденсата должен быть проложен с уклоном к месту слива, поэтому коммуникации должны проходить по стене под углом.

Центральные кондиционеры это промышленные кондиционеры, которые применяются для обработки воздуха в общественных зданиях и в технологических помещениях (рис.2).



Рис.2. Центральный кондиционер

Центральные кондиционеры представляют собой неавтономные кондиционеры, снабжаемые извне холодом (подводом холодной воды от чиллера или фреона от компрессорно-конденсаторного блока), теплом (подводом горячей воды или пара от системы отопления) и электроэнергией для привода вентиляторов, насосов, запорнорегулирующих аппаратов на воздушных и жидкостных коммуникациях.

Центральные кондиционеры могут использоваться для обслуживания нескольких помещений или одного большого помещения. Иногда несколько центральных кондиционеров обслуживают одно помещение больших размеров (театральный зал, закрытый стадион, производственный цех и т.п.).

Этот тип промышленных кондиционеров выпускается в секционном исполнении и классифицируются по ряду признаков (рис. 3). Центральные кондиционеры состоят из унифицированных типовых секций, предназначенных для:

- § подачи и перемещения воздуха,
- § очистки,
- § смешивания,
- § нагревания,
- § охлаждения,
- § осушки,
- § увлажнения воздуха.

Достоинства центральных кондиционеров:

- § возможность эффективного поддержания заданной температуры, влажности и подвижности воздуха в помещениях большого объема;
- § возможность подачи свежего воздуха в помещения;
- § расположение на малоценных площадях;

Недостатки центральных кондиционеров:

- § необходимость проведения сложных монтажностроительных работ, прокладка по зданию протяженных коммуникаций (воздуховодов и трубопроводов);
- § невозможность задания различной температуры для помещений, если эти помещения обслуживаются одним центральным кондиционером, что делает неудобным использование этого типа промышленных кондиционеров для обработки воздуха в офисных, и тем более в жилых помещениях.

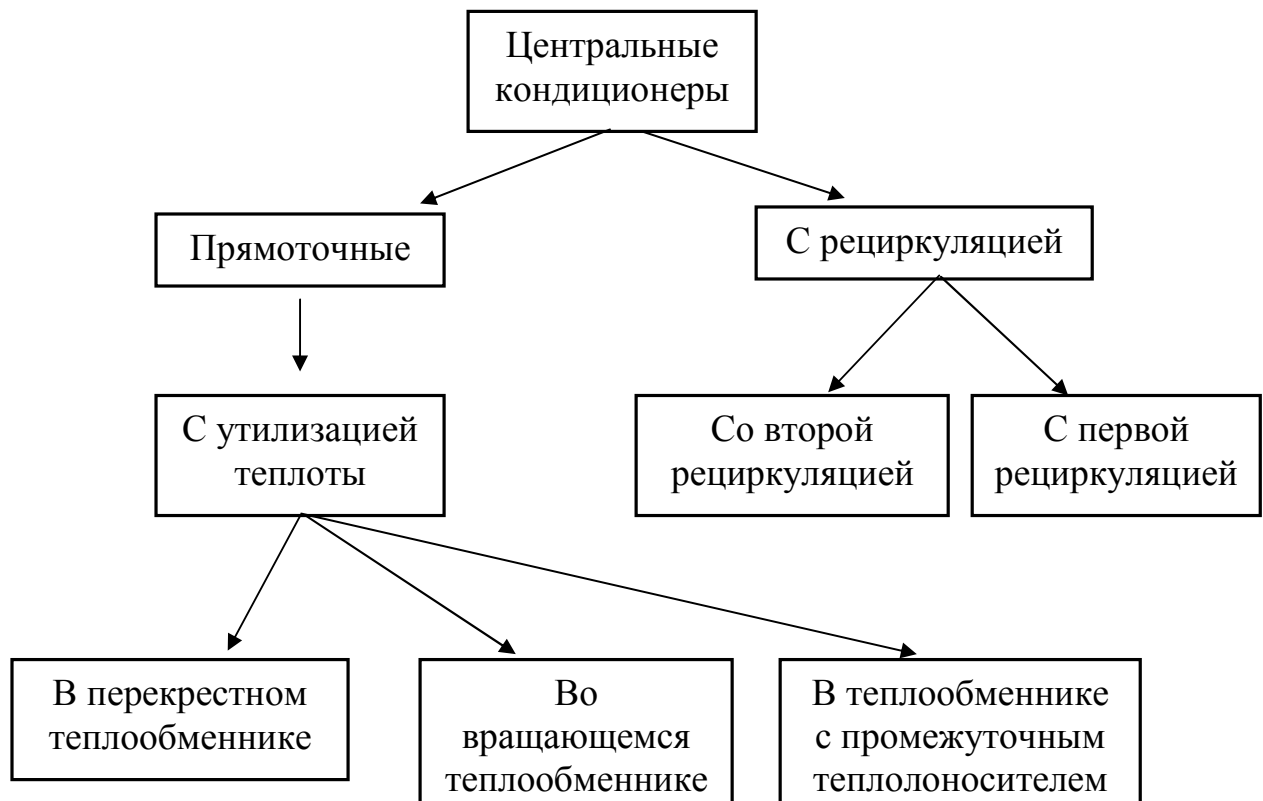


Рис. 3. Классификация центральных кондиционеров

3. Центральные однозональные системы кондиционирования воздуха

Такие системы кондиционирования воздуха применяются для обслуживания одного или нескольких помещений с одинаковыми нормативами температурно-влажностных параметров. Центральные кондиционеры, в которых осуществляется обработка воздуха, собираются на месте из отдельных типовых секций, изготавливаемых на заводах. Они имеют производительность по воздуху до 250 тыс.м³/ч. Намечаются к выпуску кондиционеры производительностью до 500 тыс. м³/ч. Кондиционеры производительностью сотни тысяч кубических метров в час имеют длину десятки метров и высоту до 5...6 м. Для монтажа секций таких кондиционеров поставляются отдельные их элементы, причем корпуса некоторых секций выполняются на месте из монолитного железобетона и отделяются кафелем или другим материалом. В центральных кондиционерах используют различные схемы тепловлажностной обработки воздуха. В соответствии с этим кондиционеры могут быть прямоточными, обрабатывающими только наружный воздух, а также с одной или двумя рециркуляциями - обрабатывающими смесь наружного и рециркуляционного воздуха. Наружный воздух через открытый утепленный клапан поступает в промежуточную секцию, очищается от пыли в фильтрах, в холодный период года подогревается в секциях первого подогрева, затем обрабатывается в камере орошения, при необходимости подогревается в секциях второго подогрева и вентилятором направляется в помещения. Секции подогрева имеют калорифер со сдвоенным (двухпроходным) клапаном около него, позволяющим регулировать теплосъем с калорифера путем изменения расхода воздуха через калорифер и через байпас в обход калорифера. В секции фильтров для очистки воздуха от пыли устанавливаются часто самоочищающиеся масляные фильтры (особенно при большей запыленности воздуха). Промежуточные секции кондиционера предназначены для обслуживания рабочих секций. Системы кондиционирования с первой рециркуляцией применяются при необходимости снижения требуемой теплоотдачи калориферов первого подогрева в холодный период, а также холодопроизводительности камеры орошения в теплый период года. Применение рециркуляции целесообразно в холодный период, если обеспечивается существенное снижение теплопроизводительности калориферов, и в теплый период, если теплосодержание внутреннего воздуха ниже, чем наружного. Применение в системах кондиционирования второй рециркуляции позволяет в ряде случаев избежать необходимости постановки калориферов второго подогрева. Кроме рассмотренных выше кондиционеров, применяются и другие: с байпасом, замкнутые, двухступенчатые. Схема с байпасом может использоваться для прямоточного кондиционера и кондиционера с первой рециркуляцией. При такой схеме калориферы второго подогрева не предусматриваются, и подогрев камерного воздуха осуществляется теплым воздухом, пропускаемым по байпасу в обход камеры. В замкнутой системе используются только рециркуляционный воздух из помещений, который проходит обработку в кондиционере и вновь подается в

помещения. При этом отпадает необходимость в калорифере первого подогрева. При двухступенчатой схеме, применяемой для летнего кондиционирования, охлаждение воздуха осуществляется в две ступени: предварительное нерегулируемое охлаждение в камере I орошения или в поверхностном охладителе и окончательное регулируемое охлаждение в камере II орошения с последующим доведением камерного воздуха до состояния приточного по обычным схемам. При этом холодная вода из системы холодоснабжения подается в камеру II, а предварительное охлаждение в первой ступени осуществляется отработавшей водой из второй ступени. В результате происходит более глубокое охлаждение.

4. Центральные многозональные системы

Многозональные системы применяются при необходимости подачи в отдельные кондиционируемые помещения приточного воздуха с различными температурно-влажностными параметрами. Такая необходимость возникает в случае разных требований к воздушной среде в помещениях, а иногда даже и при одинаковых требованиях в помещениях с разной ориентацией по сторонам света или расположенных на разной высоте в высотных зданиях и др. В многозональных системах воздух, обработанный в центральном кондиционере, окончательно доводится до нужных параметров непосредственно перед поступлением в отдельные зоны или в помещения с разными требованиями к воздушной среде. Применяется несколько схем многозональных СКВ. Простейшая из них - многозональная система с регулированием расхода воздуха. Она рассчитывается на максимальные расходы приточного воздуха для каждой зоны, но с учетом коэффициента одновременности этих расходов. Регулирование параметров приточного воздуха осуществляется изменением его расхода в каждой зоне. От датчиков температуры, установленных в кондиционируемых помещениях, командный импульс поступает на исполнительные механизмы, регулирующие степень открытия воздушных клапанов. В многозональных системах с позонным подогревом или охлаждением приточного воздуха в каждой зоне устанавливается доводчик-нагреватель или охладитель воздуха. Регулирование степени подогрева (охлаждения) воздуха осуществляется изменением количества циркулирующего через доводчик теплоносителя (хладоносителя). Объем приточного воздуха в этом случае остается постоянным. В многозональных двухканальных системах имеется два центральных кондиционера. В одном из них готовится горячий воздух, в другом - холодный, подаваемые самостоятельными воздуховодами к специальным смесительным устройствам. Терморегуляторы, устанавливаемые в помещениях, обеспечивают получение смеси необходимой температуры.

Тема 4: СХЕМЫ СКВ В ЛЕТНИЙ И ЗИМНИЙ ПЕРИОДЫ.

План.

1. Структурная и принципиальная схема СКВ в летний период.
2. Структурная и принципиальная схема СКВ в зимний период.
3. Схема и принцип действия круглогодичной центральной неавтономной СКВ с частичной рециркуляцией.

Литература:

1. Свердлов З.Г. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. – М.: Пищевая промышленность, 1989 г.
2. Меклер В.Я., Овчинников П.А. Промышленная вентиляция и кондиционирование воздуха, М.: Стройиздат, 1978.
3. Пекер Я.Д., Мардер Е.Я. Справочник по выбору оборудования для кондиционирования воздуха. Киев, «Строитель», 1990.-224с.

1. Структурная и принципиальная схема СКВ в летний период.

1.1. Прямоточная СКВ

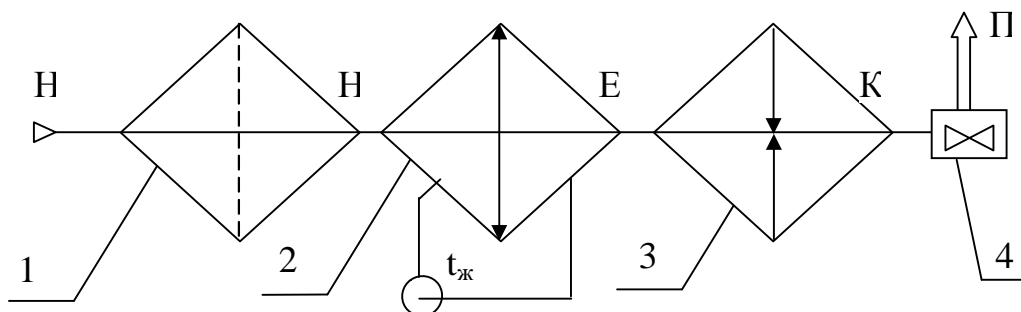


Рис.1. Принципиальная схема прямооточной СКВ в летний период

Наружный воздух очищается в фильтре 1 при температуре t_n , поступает в форсуночную (оросительную) камеру 2, где охлаждается и осушается водой, температура которой t_w ниже температуры точки росы наружного воздуха t_p . Затем воздух поступает в калорифер 3, где подвергается сухому нагреву и подается вентилятором 4 в помещение. В вентиляторе воздух подогревается еще на 1-2 °С.

Построение процессов обработки воздуха в $i-d$ диаграмме выполняются в следующей последовательности:

4. Наносим на диаграмму точки H и B , соответствующие расчетным параметрам наружного и внутреннего воздуха.
5. Через точку B проводим луч процесса изменения параметров воздуха в помещении под углом, соответствующем значению тепловлажностного отношения для летнего периода.
6. По рабочей разности температур Δt_p определяем температуру поступающего в помещение (приточного воздуха).

$$t_n = t_g - D t_p, \text{ } ^\circ\text{C},$$

где $D t_p = 4 \dots 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ – разность температур между приточным и внутренним воздухом при комфортном или комфортно-технологическом кондиционировании.

7. Наносим на диаграмму точку Π , соответствующую параметрам приточного воздуха. Она лежит на пересечении изотермы t_n с линией $E_{\text{л-const}}$.
8. Через точку Π проводим линию $d\text{-const}$, соответствующую процессу нагревания воздуха в калорифере и вентиляторе. На пересечении этой линии ($d_n\text{-const}$) с линией $j = 95\%$ наносим точку E , соответствующую параметрам воздуха на выходе из камеры орошения.
9. Через точки H и E проводим прямую до пересечения с $j = 100\%$. По полученной точке D определяется температура холодной воды, разбрызгиваемой в форсуночной камере.
10. Обобщающий процесс влажностной обработки воздуха в оросительной камере HE состоит из процесса адиабатного ($i\text{-const}$) увлажнения в оросительной камере - линия HA и осушения при $j = 100\%$ - линия AD и процесса смешивания воздуха в этих устройствах - линия DE .
11. На линии $E\Pi$, соответствующей нагреву воздуха в калорифере и вентиляторе, наносится точка K , характеризующая параметры воздуха перед вентилятором на выходе из калорифера. Точка K лежит ниже точки Π на $1\text{-}2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Поступивший в помещение воздух (состояние Π) воспринимает имеющее место тепло- и влагопритоки и приобретает параметры, соответствующие точки B - процесс ΠB .

1.2. СКВ с рециркуляцией.

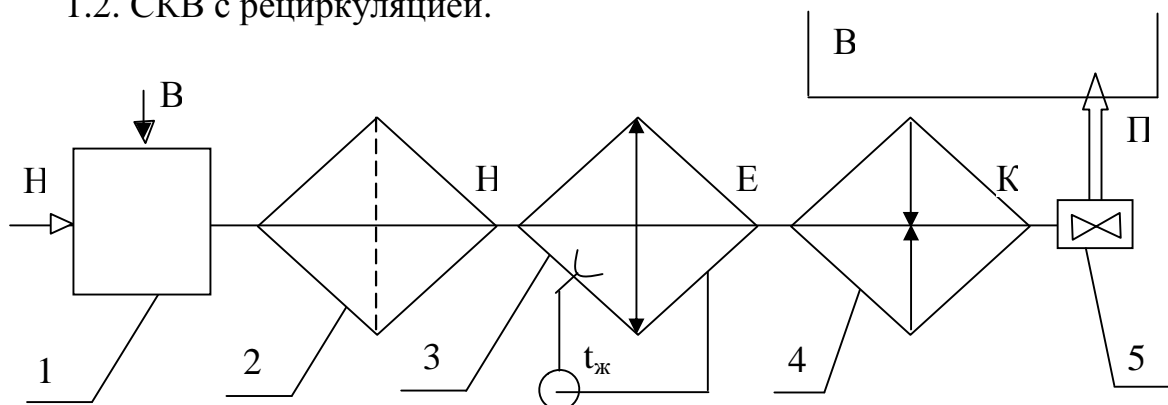


Рис.2. Принципиальная схема СКВ с рециркуляцией в летний период

Наружный воздух в количестве не менее 20 м^3 в час на одного человека смешивается с внутренним воздухом в камере смешивания 1. Смесь, проходя через фильтр 2, подается на воздухоохладитель 3, где охлаждается и осушается.

Затем воздух подается на калорифер 4, где подвергается сухому нагреву. Нагретый воздух вентилятором подается в помещение. В вентиляторе воздух нагревается на 1-2 °С.

Построение процессов обработки воздуха в *i-d* диаграмме выполняются в следующей последовательности:

1. Наносим на диаграмму точки *H* и *B*, соответствующие расчетным параметрам наружного и внутреннего воздуха.
2. Через точку *B* проводим луч процесса изменения параметров воздуха в помещении под углом, соответствующем значению тепловлажностного отношения E_d для летнего периода.
3. По рабочей разности температур Dt_p определяем температуру поступающего в помещение (приточного воздуха).

$$t_n = t_e - Dt_p, \text{ } ^\circ\text{C}$$

4. Наносим на диаграмму точку *П*, соответствующую параметрам приточного воздуха. Она лежит на пересечении изотермы t_n с линией $E_d\text{-const}$.
5. Через точку *П* проводим линию $d\text{-const}$, соответствующую процессу нагревания воздуха в калорифере и вентиляторе. На пересечении этой линии ($d_n\text{-const}$) с линией $j = 0,95$ наносим точку *E*, соответствующую параметрам воздуха на выходе из камеры орошения.
6. Через точки *H* и *B* проводится прямая, соответствующая процессу смешения наружного и внутреннего воздуха, и на ней наносится точка *C*, характеризующая параметры воздуха после смешения.

Положение точки *C* на линии *HB* может быть найдено из соотношения:

$$\frac{HC}{HB} = \frac{V_p}{V_n} = K_p,$$

где *HC*, *HB* – длины соответствующих отрезков (определяются путем измерения линейкой по диаграмме);

K_p – коэффициент рециркуляции.

Максимальное значение K_p может быть найдено из соотношения:

$$K_p = 1 - \frac{V_{H\min}}{V_n},$$

где $V_{H\min} = n * V_{нор}$ - минимальный объем наружного воздуха, м³/ч;

$V_{нор} = 20$ - норма приточного воздуха на одного человека, м³/ч;

V_n - объем приточного воздуха, м³/ч.

8. Через точки *C* и *E* проводим прямую до пересечения с $j = 1,0$. По полученной точке *Д* определяется температура холодной воды, разбрызгиваемой в форсуночной камере.
9. Обобщающий процесс влажностной обработки воздуха в оросительной камере *CE* состоит из процесса охлаждения до точки росы в

поверхностном воздухоохладителе - линия CA и осушения при $j = 1,0$ - линия AD и процесса смешивания воздуха в этих устройствах - линия DE .

10. На линии EP , соответствующей нагреву воздуха в калорифере и вентиляторе, наносится точка K , характеризующая параметры воздуха перед вентилятором на выходе из калорифера. Точка K лежит ниже точки P на 1°C .

Поступивший в помещение воздух (состояние Π) воспринимает имеющиеся место тепло- и влаготитоки и приобретает параметры, соответствующие точке B - процесс PB .

2. Принципиальная схема прямоточной СКВ в зимний период.

2.1. СКВ прямоточная

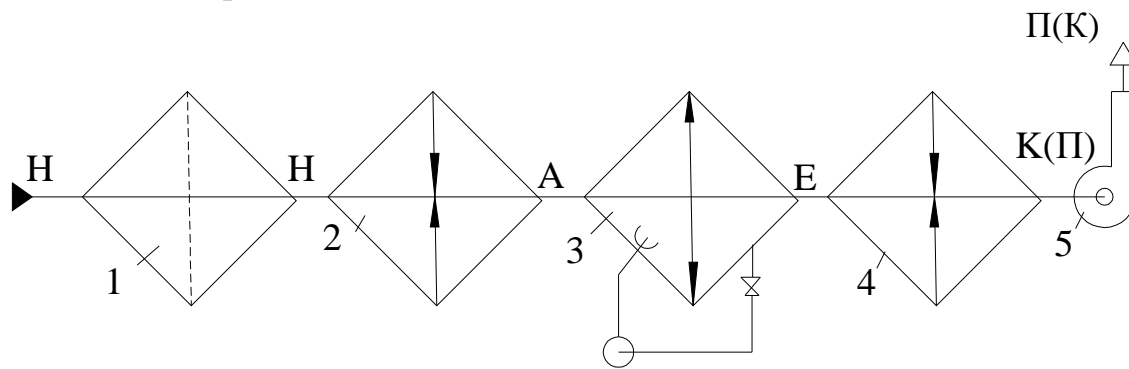


Рис.3. Принципиальная схема прямоточной СКВ в зимний период

Наружный воздух очищается в фильтре 1 и при температуре t_n поступает в калорифер (воздухоподогреватель) 2 первой ступени и нагревается, затем поступает в оросительную камеру 3, где адиабатно увлажняется с понижением температуры. Проходя калорифер 2 ступени 4 воздух снова нагревается и вентилятором подается в помещение. В вентиляторе воздух подогревается еще на $1-2^\circ\text{C}$.

Построение процесса обработки воздуха в $i-d$ диаграмме выполняется в следующей последовательности:

1. Наносим на диаграмму точки H и B , соответствующие расчетным параметрам наружного и внутреннего воздуха.
2. Через точку B проводим луч процесса изменения параметров воздуха в помещении под углом, соответствующим значению тепловлажностного отношения E_3 для зимнего периода.
3. По рабочей разности температур Dt_n определяем температуру поступающего в помещение воздуха.

$$t_n = t_e + Dt_p, \text{ } ^\circ\text{C}$$

4. Наносим на диаграмму точку Π , соответствующую параметрам приточного воздуха. Она лежит на пересечении изотеры t_n с линией E_3 -const.
5. Через точку Π проводим линию d -const, соответствующую процессу нагревания воздуха в калорифере вторичного подогрева до пересечения с линией $j = 95\%$. Полученная точка E соответствует параметрам воздуха на выходе из оросительной камеры.
6. Через точку E проводим линию i -const, соответствующую процессу адиабатного увлажнения воздуха в камере орошения.
7. Через точку H проводим линию d -const, соответствующую процессу подогрева воздуха в калорифере 1 ступени.
8. На пересечении линии d -const и i_E -const наносится точка A , соответствующая параметрам воздуха на выходе из калорифера первичного подогрева и на входе в оросительную камеру.
9. На пересечении линии i_E -const с $j = 1,0$ наносится точка D , которая характеризует температуру разбрызгиваемой в форсуночной камере воды t_w .

Поступивший в помещение воздух (состояние Π) воспринимает имеющиеся место тепло- и влаготпритоки и приобретает параметры соответствующие точке B – процесс ΠB .

2.2. СВК с рециркуляцией.

П. 1-6 построения см. раздел 3.1.

7. Через точки H и B проводится прямая, соответствующая процессу смешения наружного и внутреннего воздуха. На этой прямой наносится точка C . Положение этой точки определяем так же как и для летнего периода (см. пункт 7). Если $V_n > V_{п}$, то рассчитываем прямоточную СКВ для зимнего периода.

8. Через точку C проводим линию d -const, соответствующую процессу подогрева воздуха в калорифере 1 ступени.

12. На пересечении линии d -const и i_E -const наносится точка A , соответствующая параметрам воздуха на выходе из калорифера первичного подогрева и на входе в оросительную камеру.

13. На пересечении линии i_E -const с $j = 1,0$ наносится точка D , которая характеризует температуру разбрызгиваемой в форсуночной камере воды t_w .

Поступивший в помещение воздух (состояние Π) воспринимает имеющиеся место тепло- и влаготпритоки и приобретает параметры соответствующие точке B – процесс ΠB .

3. Схема и принцип действия круглогодичной центральной неавтономной СКВ с частичной рециркуляцией

Схема круглогодичной центральной неавтономной СКВ с частичной рециркуляцией приведена на рис. 4 и 5.

Воздух из помещения вентилятором удаляется частично в атмосферу по 2, частично на повторной обработке по 3. Рециркуляционный воздух попадает в смешительную камеру, туда же наружный воздух, который очищается в фильтре. Получается смесь. В зимний период нагревается в первичном калорифере, а в летний – через обводной канал в калорифере. Далее в оросительной камере воздух летом охлаждается и осушается (процесс может происходить и в воздухоохладителе холодильной камеры). Далее на калорифере нагревается, очищается в дополнительном фильтре и вентилятором подается в помещение. В помещении воздух воспринимает выделяемые теплоту и влагу и удаляется из помещения.

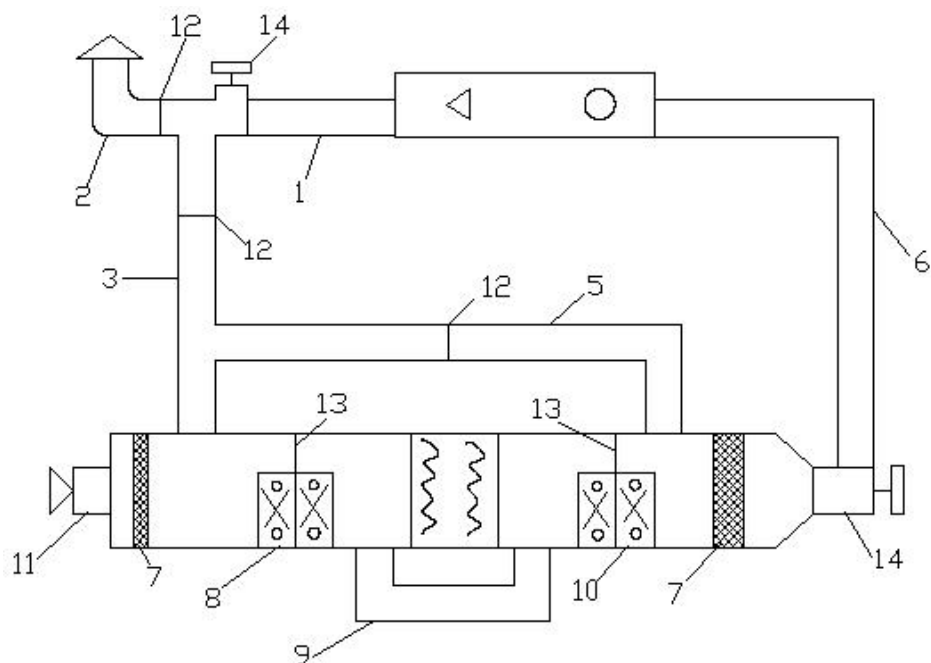


Рис. 4. Структурная схема круглогодичной центральной неавтономной СКВ с частичной рециркуляцией:

1 – воздуховод внутреннего воздуха; 2 – воздуховод удаляемого воздуха; 3 – воздуховод рециркуляционного воздуха; 4 – воздуховод наружного воздуха; 5 – обводной воздуховод внутреннего воздуха; 6 – воздуховод приточного воздуха; 7 – фильтр; 8 – первичный калорифер; 9 – оросительная камера; 10 – вторичный калорифер; 11 – клапан запорный; 12 – клапан проходной; 13 – клапан двухпозиционный; 14 – вентилятор; 15 – смешительная камера.

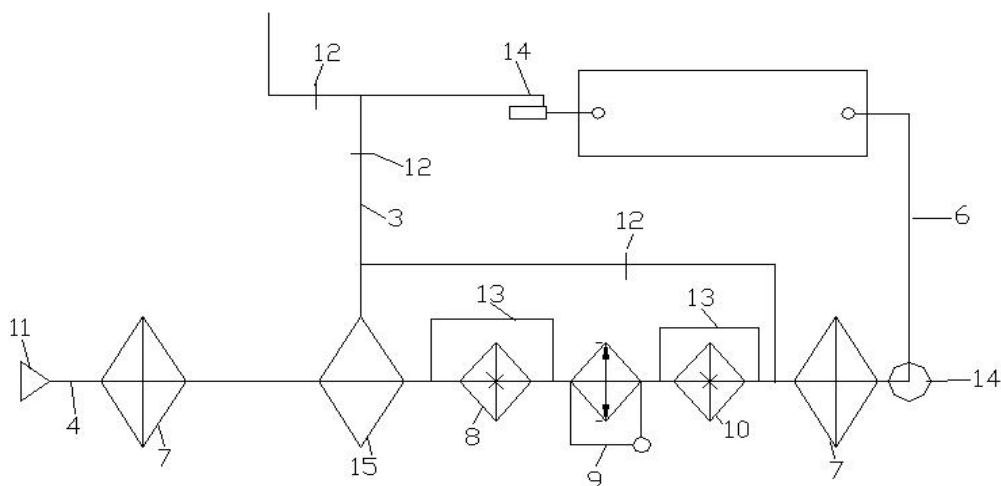


Рис. 5. Принципиальная схема круглогодичной центральной неавтономной СКВ с частичной рециркуляцией (обозначения по рис.4).

Контрольные вопросы по курсу:

1. Что такое влажный воздух?
2. Параметры, характеризующие влажный воздух?
3. Какие виды влажности, характеризуют влажный воздух?
4. Физический смысл влагосодержания?
5. Что такое точка росы, температура мокрого термометра? Изображение на диаграмме?
6. Что такое кондиционирование? Отличительные особенности от вентиляции?
7. Что такое комфортное кондиционирование?
8. Что такое сплит-система?
9. Особенности монтажа сплит-систем.
10. Где целесообразно устанавливать центральные кондиционеры?
11. Схема и принцип действия автономного кондиционера.
12. Схема и принцип действия центрального кондиционера.
13. Классификация центральных кондиционеров.
14. Какое назначение оросительной камеры?
15. Какое назначение калорифера второй ступени в зимней схеме СКВ?

$$D_1 = 0,72(t_c - t_m) + 40,6$$

Индекс дискомфорта	Степень дискомфорта
70 и менее	Комфортно
70...75	Некоторые люди чувствуют себя дискомфортно
75...80	50% людей чувствуют себя некомфортно
80...85	Все чувствуют себя некомфортно
86 и более	Невыносимый дискомфорт

