

Лекция 1

Естественные источники холода в системах кондиционирования воздуха (СКВ). СКВ с использованием прямого, косвенного и комбинированного испарительного охлаждения. Принципиальные схемы.

Построение процессов кондиционирования воздуха для теплого периода года с использованием прямого, косвенного и двухступенчатого испарительного охлаждения воздуха. Расчет технологических показателей.

Охлаждением называется процесс отвода теплоты или отдачи работы, который сопровождается понижением температуры, в этом процессе участвуют не менее двух сред: охлаждаемая и охлаждающая. Различают естественное и искусственное охлаждение.

Структурная схема холодоснабжения СКВ может быть представлена в виде трех основных элементов:

1. Генератора - источника холода;
2. Холодопроводов, передающих теплоту от потребителя к генератору;
3. Потребителя – охлаждаемый воздух.

Для классификации холодоснабжения СКВ выделяются три признака:

1. Способ производства холода в генераторе;
2. Способ связи источника и потребителя;
3. Способ использования холода.

По способу производства холода на нужды охлаждения воздуха кондиционируемого помещения выделяются такие источник холода:

1. Природные источники холода, к которым можно отнести и испарительное охлаждение
2. Искусственные источники холода
3. Комбинированные источники холода.

Естественное охлаждение осуществляется вследствие самопроизвольной передачи теплоты от охлаждаемого тела(среды) к окружающей среде (наружному воздуху, воде естественных водоемов или артезианской воде,

грунту), имеющей более низкую температуру. Параметры наружного воздуха подвержены значительным колебаниям как в течение суток, так и в течение года. Это создает трудности в использовании природных источников холода, но и дает возможность сохранять и аккумулировать естественный холод, например в виде водного льда, который заготавливают зимой, чтобы в теплое время года использовать для охлаждения.

Систему холодоснабжения следует проектировать, используя естественные и искусственные источники холода.

В качестве естественного источника холода следует использовать:

а) артезианскую и питьевую воду – в теплый период года в установках прямого и косвенного испарительного охлаждения воздуха. Использование артезианской воды для непосредственного охлаждения теплообменников без системы водооборота не допускается;

б) наружный воздух – для поглощения теплоизбытков, удаляемых из помещений, охлаждения оборотной воды и охлаждения хладоносителя;

в) грунт поверхностных и более глубоких слоев – для поглощения тепловых избытков, удаляемых из помещений, а также для охлаждения хладоносителя при условии регенерации потребляемой теплоты грунта в течение года (для сохранения несущей способности грунта запрещается применять данный метод на многолетнемерзлых грунтах).

Для достижения заданных параметров микроклимата в помещении наружный воздух обрабатывают в тепломассообменных аппаратах системы кондиционирования воздуха, чтобы он достиг состояния приточного воздуха. В теплое время года воздух необходимо охладить. Охлаждение воздуха может быть реализовано с использованием искусственных источников холода или способом испарительного охлаждения. Возможно снизить затраты на выработку искусственного холода или полностью отказаться от него путем применения прямого и косвенного испарительного охлаждения воздуха.

Исходными данными для построения для теплого периода года являются: расчетные параметры наружного воздуха: температура t_n и энтальпия i_n , внутреннего воздуха: температура t_b и относительная влажность воздуха ϕ_b , избыточное количество явной Q^j_y и полной теплоты Q^n_n , количество влаги W^l ; схема организации воздухообмена, температура приточного t_n и удаляемого воздуха t_y , минимальный расход наружного воздуха $G_n^{мин}$.

Требуется определить: параметры характерных точек изменения состояния воздуха для принципиальной схемы его обработки, расходы приточного, а, если используется рециркуляция, то рециркуляционного воздуха, расход воздуха через соответствующее оборудование (воздухонагреватель, воздухоохладитель, блок увлажнения, байпас), расходы теплоты и холода в теплообменных аппаратах обработки воздуха. Относительная влажность внутреннего воздуха может уточняться в ходе построения.

Построение начинают с нанесения на I - d диаграмму точек Н и В, характеризующих состояние наружного (t_n и i_n) и внутреннего воздуха (t_b , ϕ_b) для расчетных условий (рис. 1).

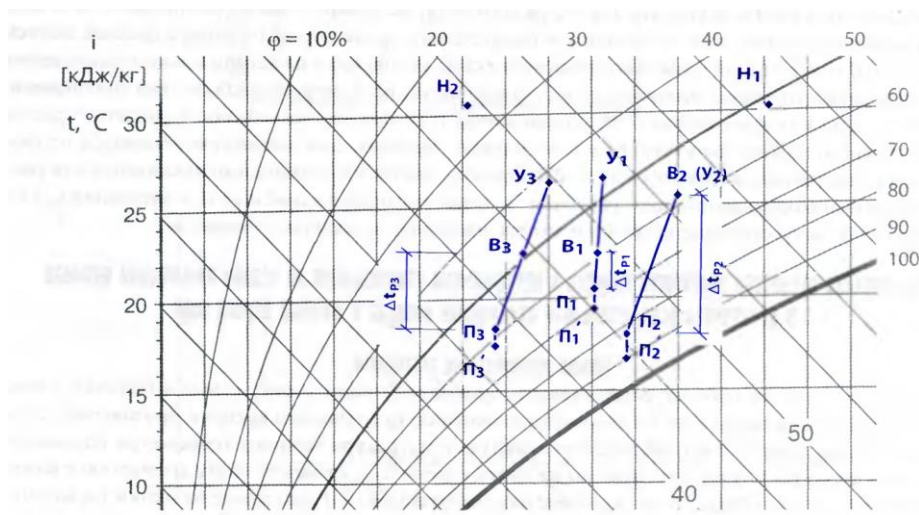


Рис. 1 Процессы изменения состояния воздуха в помещении:

- а) при вытесняющей вентиляции $P_1'P_1B_1U_1$; б) при перемешивающей вентиляции $P_2'P_2B_2(U_2)$;
в) распределение воздуха из-под пола $P_3'P_3B_3U_3$; $\Delta t_{p2} > \Delta t_{p3} > \Delta t_{p1}$

Затем определяют угловой коэффициент процесса изменения состояния воздуха в помещении

$$\varepsilon^n = \frac{3,6Q_n^n}{W^n} = \frac{3,6Q_{я}^n + 2540W^n}{W^n},$$

где Q_n^n - полная избыточная теплота в помещение в теплый период, Вт;

$Q_{я}^n$ - явная избыточная теплота в помещение в теплый период, Вт;

W^n - влагопоступления в помещение в теплый период, кг / ч.

Наносят процесс изменения состояния воздуха в помещении и определяют на этой линии положение точек, характеризующих состояние приточного и удаляемого воздуха: т.П (пересечение линии процесса изменения состояния воздуха в помещении и изотермы $t_n = const$), т.У (то же и изотермы $t_y = const$). Температуру приточного и удаляемого воздуха определяют и проверяют расчетом воздухораспределения в зависимости от выбранного способа вентиляции: перемешивающая, вытесняющая или распределение из-под пола. При перемешивающей вентиляции и распределении воздуха в теплый период года струями, настилающимися на потолок, коэффициент воздухообмена по теплоте можно принимать равным единице, поэтому температура удаляемого воздуха будет равна температуре внутреннего воздуха и точка У будет совпадать с точкой В. При вытесняющей вентиляции и распределении воздуха из-под пола температура удаляемого воздуха должна быть определена расчетом. Из т.П проводят линию постоянного влагосодержания $d_n = const$ до пересечения с изотермой $t_n^1 = t_n - 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ в точке П¹.

Отрезок П - П¹ учитывает подогрев воздуха в вентиляторе за счет перехода механической энергии в тепловую и в воздуховодах вследствие трения и теплопередачи через стенки. Это повышение температуры ориентировочно оценивают с помощью формулы:

$$\Delta t = 0,001\Delta P,$$

где P_6 – полное давление, развиваемое вентилятором, Па.

Обычно на этапе, когда еще не подобран вентилятор, принимают повышение температуры $\Delta t = 1 \div 1,5$ °C.

В зависимости от взаимного расположения точек Н и П¹ решается вопрос о способе обработки наружного воздуха для доведения его до состояния приточного. В районах с сухим и жарким климатом, например, с параметрами т.Н₂, если влагосодержание наружного воздуха меньше влагосодержания приточного воздуха $d_{н2} < d_{п}$, а энтальпия наружного воздуха больше энтальпии приточного воздуха $i_{н2} \geq i_{п}$, а также в помещениях с большими избытками явной теплоты и допустимой повышенной влажностью воздуха необходимо охлаждение и увлажнение наружного воздуха, что можно реализовать на основе использования прямого или косвенного испарительного охлаждения. В районах средней полосы Европейской части России возможно применение схем, основанных на испарительном охлаждении, таких, как двухступенчатое испарительное охлаждение или бескомпрессорная система кондиционирования воздуха, разработанная Л.М. Зусмановичем. Это дает возможность сократить расход искусственного холода, получаемого в холодильных машинах, или полностью отказаться от них. Если взаимное расположение точек на i-d диаграмме таково, что необходимо охлаждение и осушение наружного воздуха, например, для точки Н₁, когда влагосодержание наружного воздуха больше влагосодержания приточного воздуха $d_{н1} > d_{п}$ и энтальпия наружного воздуха больше энтальпии приточного воздуха $i_{н1} > i_{п}$, то применяют искусственные источники холода, например, холодильные машины.

Построение процессов обработки воздуха в центральном кондиционере на основе применения прямого и косвенного испарительного охлаждения воздуха в теплый период года

Прямое испарительное охлаждение

В контактных аппаратах, таких, как оросительные камеры и блоки сотового увлажнения, если организовать процесс рециркуляции орошающей воды, то с течением времени при контакте воды с воздухом она приобретает температуру, равную температуре мокрого термометра начального состояния воздуха. Воздух при этом также будет стремиться к равновесному состоянию с водой; предельному его состоянию будет соответствовать точка на I-d диаграмме на линии насыщения $\varphi = 100\%$ при температуре, равной температуре мокрого термометра. Воздух будет охлаждаться и увлажняться, при этом явное количество теплоты, отбираемое у воздуха, будет затрачиваться на испарение воды, а скрытое количество теплоты, содержащееся в водяных парах, будет возвращаться в воздух. С некоторой долей допущения можно считать, что процесс идет без подвода и отвода теплоты извне и энтальпия воздуха остается неизменной. Реальный процесс несколько отклоняется от теоретического, но в инженерных расчетах это не учитывают. Конечное состояние воздуха будет характеризовать точка на линии процесса адиабатного увлажнения при $\varphi = 90-95\%$.

Для построения процесса прямого испарительного охлаждения следует из точки Н провести линию постоянной энтальпии до пересечения с линией $\varphi = 95\%$ в точке О, характеризующей конечное состояние воздуха на выходе из блока адиабатного увлажнения (рис.2). Приточный воздух с помощью вентилятора, проходя через воздуховоды, поступает в обслуживаемое помещение. По пути движения его температура повышается в результате перехода механической энергии в тепловую энергию в вентиляторе и теплопередачи через стенки воздуховодов. Через точку О проводят линию постоянного влагосодержания. Принимаем $\Delta t = 1^\circ\text{C}$. Тогда точка П будет находиться на линии постоянного влагосодержания $d_o = \text{const}$ и иметь температуру на 1°C выше, чем точка О. Через точку П проводят линию с угловым коэффициентом процесса в помещении ε , и на пересечении ее с

линией постоянной температуры $t_g = const$ при заданном значении температуры внутреннего воздуха получают точку В, характеризующую состояние внутреннего воздуха в помещении, и точку У, характеризующую состояние удаляемого воздуха. Определяют значение относительной влажности воздуха в помещении. Если относительная влажность внутреннего воздуха не превышает максимальное значение $\varphi_g = 60\%$, то построение закончено. Таким образом, отрезок НО – адиабатное охлаждение и увлажнение воздуха, ОП- подогрев воздуха в вентиляторе и воздуховодах, ПВ(У) – процесс изменения состояния воздуха в помещении.

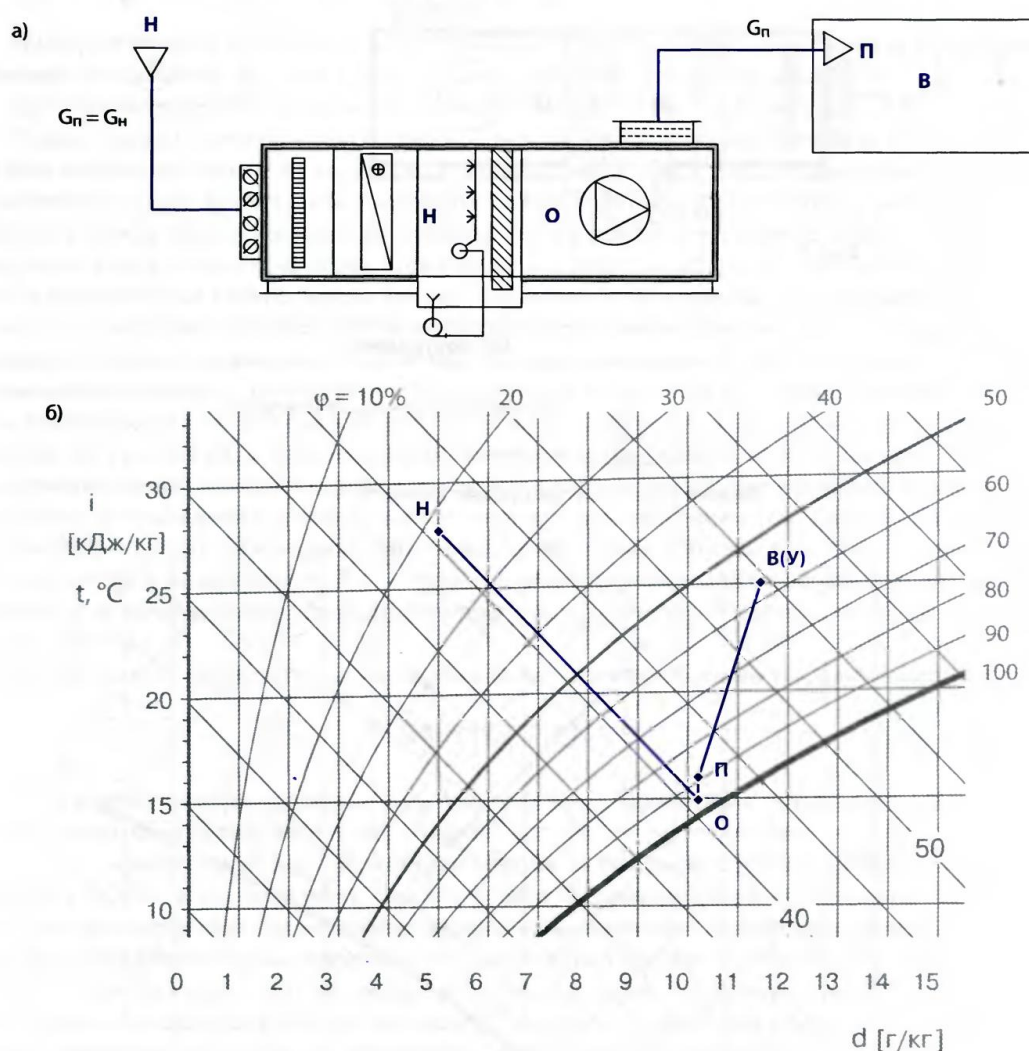


Рис.2. СКВ на основе применения прямого испарительного охлаждения:

а) схема компоновки оборудования; б) процессы обработки воздуха на i - d диаграмме

Расход приточного воздуха G_n определяют из условия удаления избыточной полной теплоты, кг/час:

$$G_n = \frac{3,6Q_n}{(i_y - i_n)}, \quad (1)$$

где Q_n - полное избыточное количество теплоты в помещении, Вт;

i_y - энтальпия удаляемого воздуха, °С;

i_n - энтальпия приточного воздуха, °С;

Полученное значение расхода приточного воздуха следует сравнить с минимально необходимым расходом наружного воздуха $G_n^{мин}$, кг/час. Если расход приточного воздуха меньше минимально необходимого расхода наружного воздуха, то принимают $G_n = G_n^{мин}$ и корректируют построение, вычисляя энтальпию приточного воздуха:

$$i_n = i_y - \frac{3,6Q_n}{G_n}.$$

Температура воздуха в точке О', характеризующей требуемое состояние воздуха после блока адиабатного увлажнения, будет на один градус Цельсия меньше температуры приточного воздуха: $t_{o'} = t_n - 1$. На линию $i_n = const$ наносят точку О', затем выполняют построение точек П' и В(рис. 2 б).

Таким образом, требуется менее глубокое увлажнение и охлаждение воздуха в блоке адиабатного увлажнения. На выходе из контактного аппарата может быть получено значение относительной влажности воздуха $\phi < 90\%$, если уменьшить количество воды, подаваемой на распыление, применить форсунки, обеспечивающие распыление воды в широком диапазоне изменения давления перед ними в оросительных камерах. При изменении расхода воды достигается регулируемый процесс в оросительной камере, изменение расхода может быть ступенчатым или плавным, что связано с

типом применяемого насоса. В блоке сотового увлажнения есть возможность применить насадки разной глубины, следовательно, изменять поверхность контакта воздуха и воды, что также дает возможность изменять параметры воздуха на выходе из аппарата и достигать определенного значения коэффициента эффективности (0,65; 0,85; 0,95). Однако это нельзя назвать управляемым процессом, хотя расход воды здесь также изменяется при уменьшении глубины насадки.

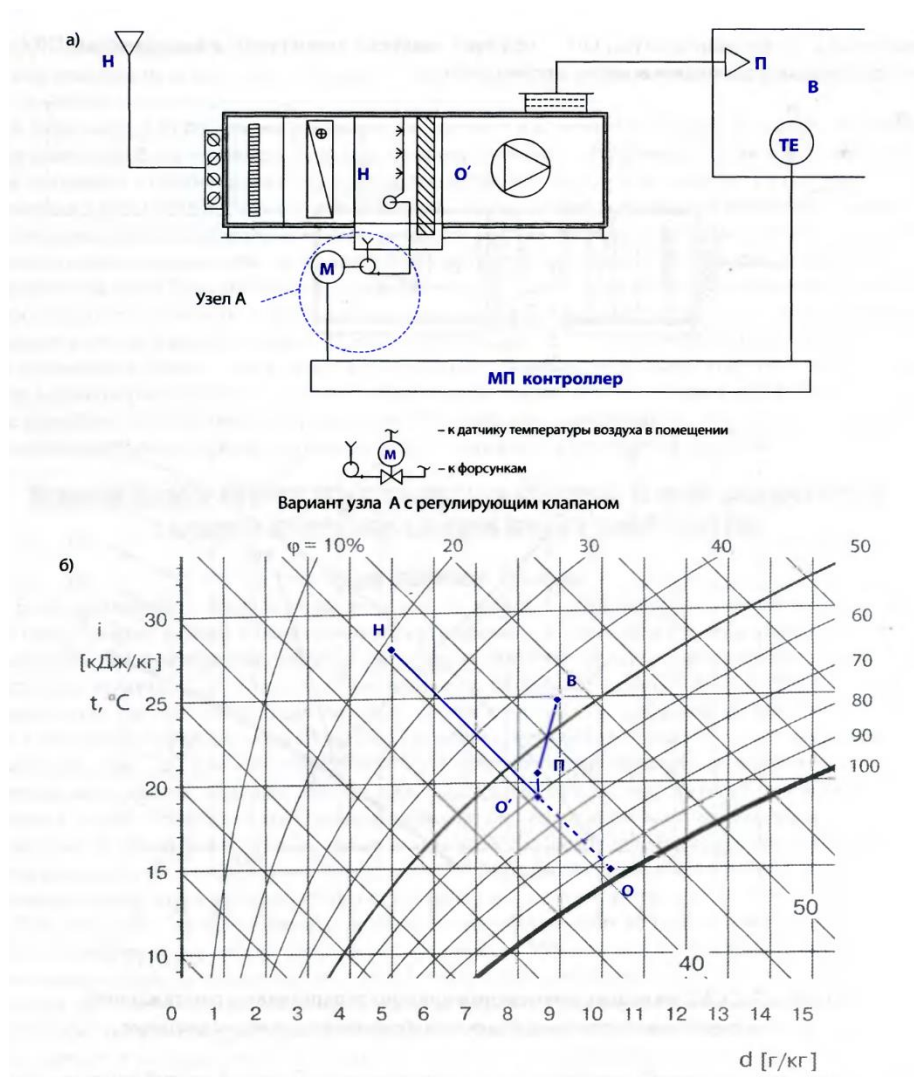


Рис.3. СКВ на основе применения прямого управляемого испарительного охлаждения:

а) схема компоновки оборудования; б) процессы обработки воздуха на i - d диаграмме

В этом случае построение следует откорректировать так, чтобы значение коэффициента эффективности процесса адиабатного увлажнения

соответствовало стандартным значениям. Таким образом, отрезок НО' – управляемое адиабатное охлаждение и увлажнение воздуха, О'П – подогрев воздуха в вентиляторе и воздуховодах, ПВ- процесс изменения состояния воздуха в помещении. Схема компоновки оборудования, соответствующая такому способу обработки воздуха, представлена на рис.3 а.

Расход воды, для возмещения испарившейся в блоке адиабатного увлажнения, составит, кг/час:

$$W = G_n(d_o - d_n) \cdot 10^{-3},$$

где d_o - конечное влагосодержание воздуха после блока адиабатного увлажнения, г/кг.

Для достижения требуемых параметров воздуха на выходе из контактного аппарата также применяется байпас, когда часть наружного воздуха проходит через оросительное пространство, а другая его часть проходит без обработки через байпас, после чего происходит смешивание. В блоках сотового увлажнения байпас предусмотрен в конструкции аппарата. Этот способ обработки воздуха применяется также в том случае, когда при первоначальном построении относительная влажность внутреннего воздуха превысила максимальное значение. При построении данного процесса следует принимать максимальное значение относительной влажности внутреннего воздуха $\varphi = 60\%$ при определении положения точки В, характеризующей состояние внутреннего воздуха. Наносим по двум параметрам точки $B(t_e, \varphi_e)$ и $H(t_n, i_n)$ (рис. 4 б) . Через точку Н проводят линию постоянной энтальпии до пересечения с линией $\varphi = 95\%$ в точке О, характеризующей конечное состояние части наружного воздуха на выходе из блока адиабатного увлажнения. Для вспомогательного построения точки В' по линии постоянного влагосодержания $d_e = const$ опускаются на один градус вниз. Через точку В' проводят линию с угловым коэффициентом процесса в помещении ε

и на пересечении ее с линией постоянной энтальпии $i_n = const$ получают точку С, характеризующую состояние смеси наружного необработанного воздуха, проходящего через байпас (точка Н), и потока воздуха, охлажденного в блоке адиабатного увлажнения (точка О). Через точку С проводят линию постоянного влагосодержания и на ее пересечении с линией процесса изменения состояния воздуха в помещении, проходящей через точку В, получают точку П, характеризующую состояние приточного воздуха в помещении. Таким образом, отрезок НО – адиабатное охлаждение и увлажнение части приточного воздуха, НСО – процесс смешения потока воздуха, охлажденного и увлажненного в блоке адиабатного увлажнения, и наружного воздуха, СП – подогрев воздуха в вентиляторе и воздуховодах, ПВ – процесс изменения состояния воздуха в помещении. Схема компоновки оборудования СКВ с байпасом представлена на рис. 4 а.

Расход приточного воздуха находят по формуле 1. Расход воздуха, проходящего через оросительное пространство, определяют из уравнения баланса по влаге для смешиваемых потоков воздуха:

$$G_o d_o + (G_n - G_o) d_n = G_n d_c \quad (2)$$

Из уравнения 2 получают:

$$G_o = G_n \frac{d_c - d_n}{d_o - d_n},$$

где G_n - расход приточного воздуха, кг/час;

G_o - расход воздуха через блок адиабатного увлажнения, кг/час;

d_o - влагосодержание воздуха после блока адиабатного увлажнения, г/кг;

d_c - влагосодержание приточного воздуха, г/кг;

d_n - влагосодержание наружного воздуха, г/кг.

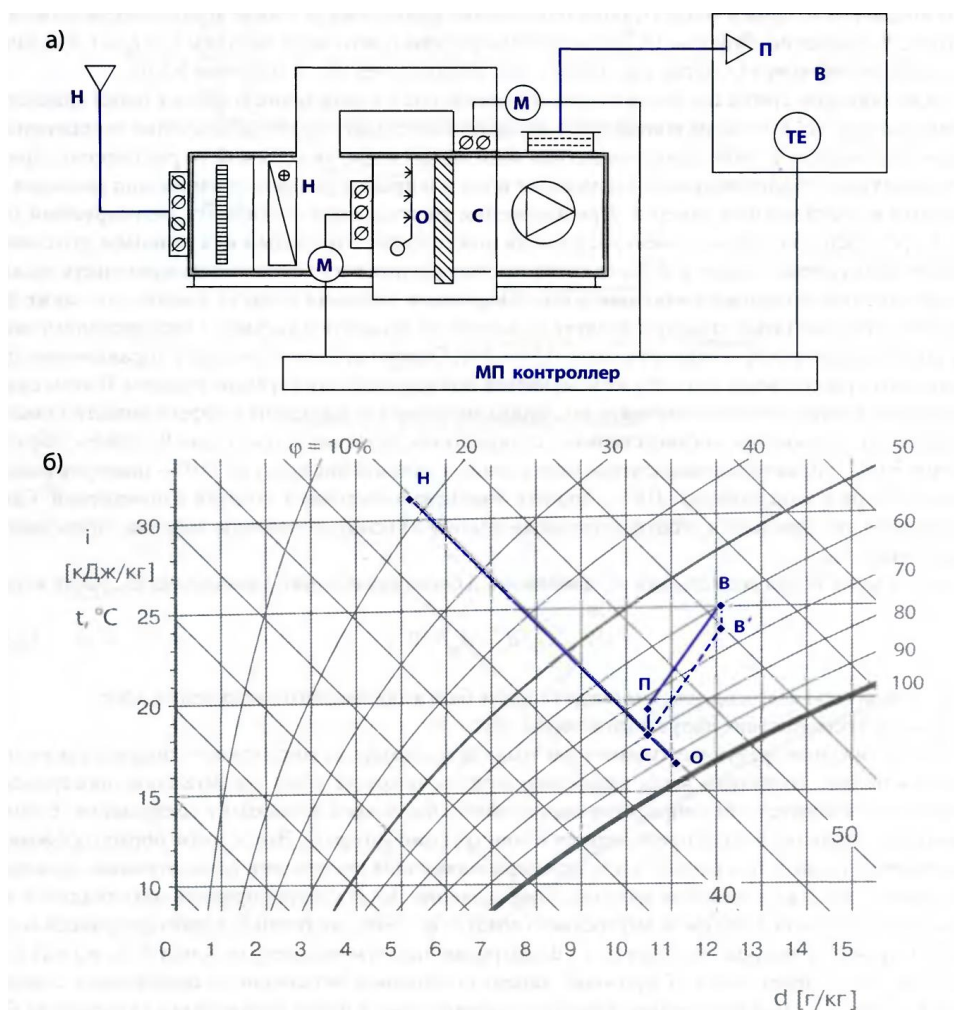


Рис.4. СКВ на основе применения прямого испарительного охлаждения с байпасом:

а) схема компоновки оборудования; б) процессы обработки воздуха на i - d диаграмме

Косвенное испарительное охлаждение

Схема обработки воздуха с прямым испарительным охлаждением имеет ограниченное применение, так как параметры приточного воздуха в значительной степени определяются параметрами наружного воздуха, и достаточно сложно поддерживать относительную влажность воздуха в помещении не выше максимально допустимого уровня для большинства климатических районов России. Более широкое применение получило косвенное испарительное охлаждение. Под косвенным испарительным охлаждением понимается охлаждение основного потока воздуха в поверхностном теплообменнике водой, циркулирующей в контуре орошения

вспомогательного потока воздуха в контактном аппарате. Схема компоновки оборудования центрального кондиционера, соответствующая косвенному испарительному охлаждению воздуха, представлена на рис.5 а.

Вспомогательный поток воздуха охлаждается и увлажняется, вода приобретает температуру, близкую к температуре мокрого термометра начального состояния вспомогательного потока воздуха:

$$t_{w1} = t_{mm} + \Delta t,$$

где t_{w1} – температура воды, поступающей в поверхностный воздухоохладитель, °С;

t_{mm} – температура мокрого термометра начального состояния воздуха во вспомогательном потоке, °С;

Δt - перепад температур, принимается равным $\Delta t = 2 \div 6$ °С.

В качестве вспомогательного потока воздуха может использоваться наружный воздух или воздух, удаляемый из помещения, если его энтальпия ниже, чем энтальпия наружного воздуха. Для охлаждения воды во вспомогательном потоке воздуха могут использоваться оросительные камеры центральных кондиционеров, блоки сотового увлажнения, градирни и брызгальные бассейны. Теплота от основного потока отводится через разделяющую стенку поверхностного теплообменника.

Температура воздуха на выходе из поверхностного теплообменника определяется из соотношения:

$$t_{\kappa} = t_{w1} + \Delta t, \quad (3)$$

где t_{κ} – температура воздуха после косвенного испарительного охлаждения, °С;

Δt – перепад температуры, принимается равным $\Delta t \geq 3$ °С.

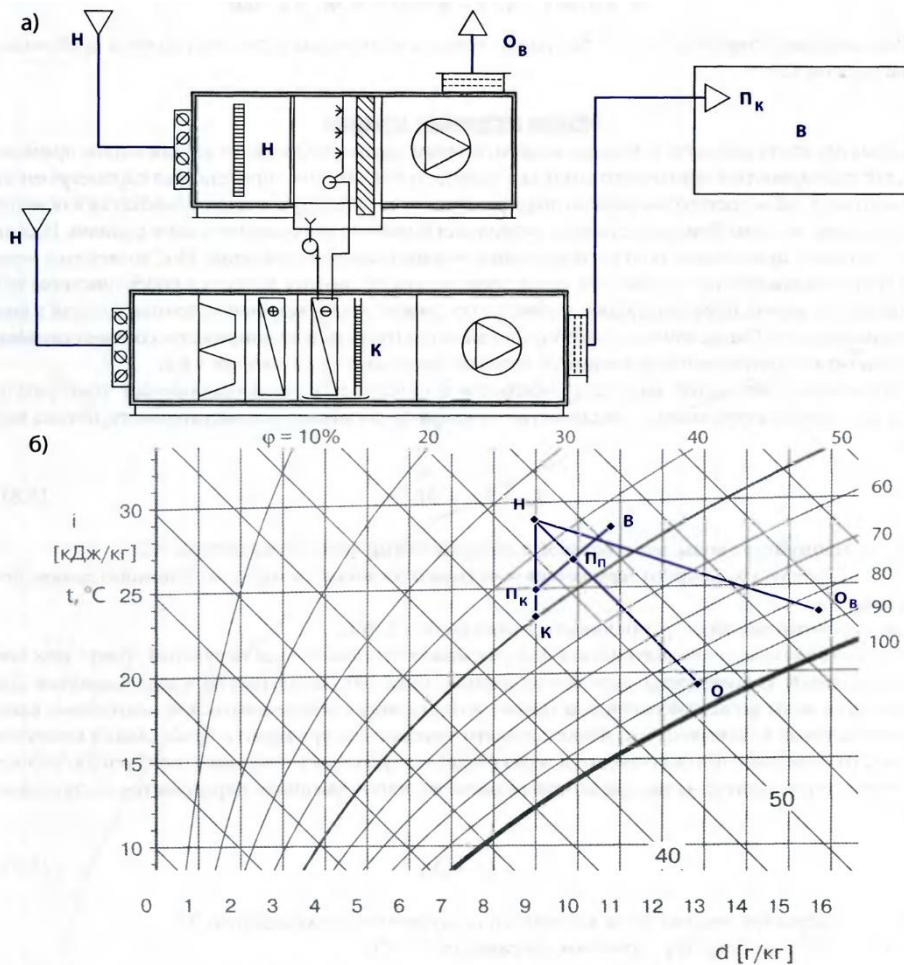


Рис.5. СКВ на основе применения косвенного испарительного охлаждения с байпасом:

а) схема компоновки оборудования; б) процессы обработки воздуха на i - d диаграмме

Температура воды, полученной при прямом испарительном охлаждении вспомогательного потока воздуха, всегда будет выше температуры точки росы основного потока воздуха, поэтому охлаждение будет происходить без изменения влагосодержания.

Для построения процесса косвенного испарительного охлаждения из точки Н проводят линию постоянного влагосодержания (рис. 5 б) до пересечения с изотермой $t_{\text{к}} = \text{const}$ в точке К, характеризующей конечное состояние воздуха на выходе из поверхностного воздухоохладителя. Точка П_к, характеризующая состояние приточного воздуха для данного процесса, находится на линии постоянного влагосодержания при температуре на 1°C выше, чем температура точки К. Из точки П_к проводят линию углового

процесса в помещении и на пересечении ее с линией постоянной температуры внутреннего воздуха получают точку В, характеризующую состояние внутреннего воздуха. Определяют относительную влажность внутреннего воздуха и проверяют, не вышла ли она за границы области оптимальных или допустимых значений.

Энтальпию вспомогательного потока воздуха на выходе из контактного аппарата определяют из уравнения теплового баланса для основного и вспомогательного потока воздуха

$$i_{ov} = i_n + \frac{c_w G_n (t_n - t_k)}{G_{en}}, \quad (4)$$

где G_{en} - расход воздуха во вспомогательном потоке, кг/час. Температуру конечного состояния воздуха по мокрому термометру в диапазоне температур $18 \div 24^\circ\text{C}$ можно ориентировочно определить по зависимости, $^\circ\text{C}$:

$$t_{mm} \approx \frac{i}{0.7c_w},$$

где i – энтальпия воздуха, кДж/кг; c_w – теплоемкость воды, кДж/кг $^\circ\text{C}$.

Температуру конечного состояния воздуха по сухому термометру определяют из соотношения:

$$t_{ov} = t_n - E_A(t_n - t_{mto}), \quad (5)$$

где E_A – коэффициент адиабатной эффективности блока увлажнения, который зависит от коэффициента орошения – отношения расхода распыляемой воды к расходу вторичного потока воздуха; при построении ориентировочно может быть принят равным 0,9. Точное определение конечных параметров воздуха и воды во вспомогательном потоке воздуха возможно при поверочном расчете контактного аппарата. Точку O_B находят на пересечении линий: $t_{ov} = const$ и $i_{ov} = const$. Таким образом, отрезок НК-

охлаждение основного потока воздуха в поверхностном воздухоохладителе, КП – подогрев воздуха в вентиляторе и воздуховодах, ПВ- процесс изменения состояния воздуха в помещении. Вспомогательный поток воздуха изменяет свое состояние по линии НО_в.

Расход приточного воздуха в системе с косвенным испарительным охлаждением определяют аналогично по формуле 1. При одинаковых заданных значениях параметров внутреннего воздуха расход приточного воздуха при косвенном испарительном охлаждении будет ниже, чем при прямом испарительном охлаждении. Для сравнения на i-d диаграмму нанесена линия НП_п, характеризующая процесс охлаждения воздуха при прямом испарительном охлаждении с байпасом. Если в помещении полная избыточная теплота составляет Q_n^* , то при косвенном испарительном охлаждении расход приточного воздуха составит:

$$G_{нк} = \frac{3,6Q_n^*}{(i_в - i_{нк})},$$

а при прямом испарительном охлаждении:

$$G_{пн} = \frac{3,6Q_n^*}{(i_в - i_{пн})}.$$

Разность энтальпий $i_в - i_{нк}$ больше, чем разность энтальпий $i_в - i_{пн}$, поэтому $G_{пн} > G_{нк}$.

Кроме того, при косвенном испарительном охлаждении влагосодержание приточного воздуха меньше, чем влагосодержание приточного воздуха при прямом испарительном охлаждении $d_{нк} < d_{пн}$, что позволяет расширить область возможного использования принципа испарительного охлаждения воздуха. Он может использоваться для экономии искусственного холода как первая ступень охлаждения воздуха.

В настоящее время применяют схемы косвенного испарительного охлаждения с использованием в качестве вторичного потока удаляемого из помещения воздуха, в потоке которого происходит распыление воды и реализуется процесс прямого испарительного охлаждения. Первичный поток охлаждается в пластинчатом воздуховоздушном теплообменнике (Рис.6). В качестве вторичного потока может использоваться удаляемый из помещения воздух, как в представленной схеме, или смесь предварительно охлажденного наружного воздуха и обработанного удаляемого воздуха. Процессы увлажнения вторичного потока могут быть реализованы как в отдельных аппаратах адиабатного увлажнения контактного типа, так и в пластинчатом теплообменнике с применением орошаемых насадок.

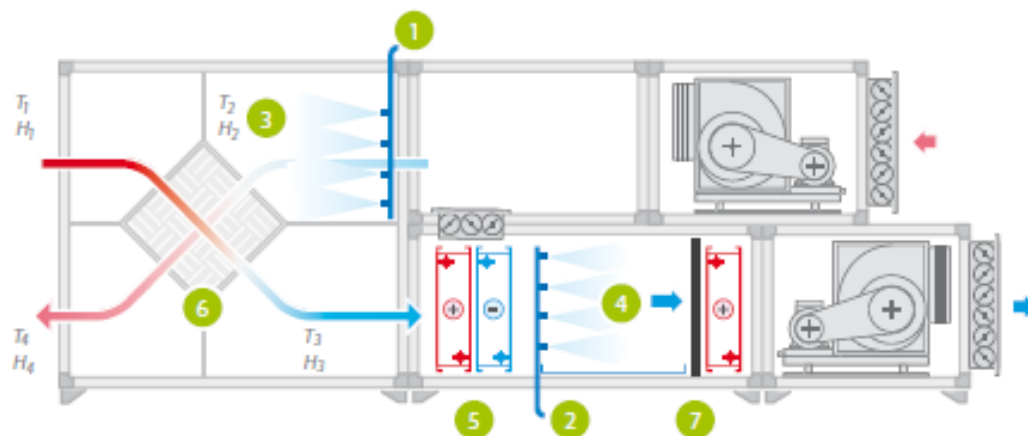


Рис. 6 Система косвенного испарительного охлаждения с использованием удаляемого воздуха и воздуховоздушного пластинчатого теплообменника:

1, 2-линии подачи воды под высоким давлением от атомайзера, 3-коллектор с форсунками высокого давления для испарительного охлаждения удаляемого воздуха в теплый период года, 4-коллектор с форсунками высокого давления для испарительного охлаждения наружного воздуха в холодный период года, 5-воздухонагреватель и воздухоохладитель, 6- пластинчатый воздуховоздушный теплообменник, 7- каплеуловитель.

Двухступенчатое испарительное охлаждение

Температура мокрого термометра основного потока воздуха после охлаждения в поверхностном теплообменнике косвенного испарительного охлаждения имеет более низкое значение по сравнению с температурой мокрого термометра наружного воздуха, как естественный предел испарительного охлаждения. Поэтому при последующей обработке основного потока в контактном аппарате методом прямого испарительного охлаждения можно получить более низкие параметры воздуха по сравнению с естественным пределом. Такая схема последовательной обработки воздуха основного потока воздуха методом косвенного и прямого испарительного охлаждения называется двухступенчатым испарительным охлаждением. Схема компоновки оборудования центрального кондиционера, соответствующая двухступенчатому испарительному охлаждению воздуха, представлена на рис. 7а. Для нее также характерно наличие двух потоков воздуха: основного и вспомогательного. Наружный воздух, имеющий более низкую температуру по мокрому термометру, чем внутренний воздух в обслуживаемом помещении, поступает в основной кондиционер. В первом воздухоохладителе он охлаждается с помощью косвенного испарительного охлаждения. Далее он поступает в блок адиабатного увлажнения, где охлаждается и увлажняется. Испарительное охлаждение воды, циркулирующей через поверхностные воздухоохладители основного кондиционера, осуществляется при ее распылении в блоке адиабатного увлажнения во вспомогательном потоке.

Циркуляционный насос забирает воду из поддона блока адиабатного увлажнения вспомогательного потока и подает ее в воздухоохладители основного потока и далее на распыление во вспомогательном потоке. Убыль воды от испарения в основном и вспомогательном потоке восполняется через поплавковые клапаны. После двух ступеней охлаждения воздух подается в помещение.

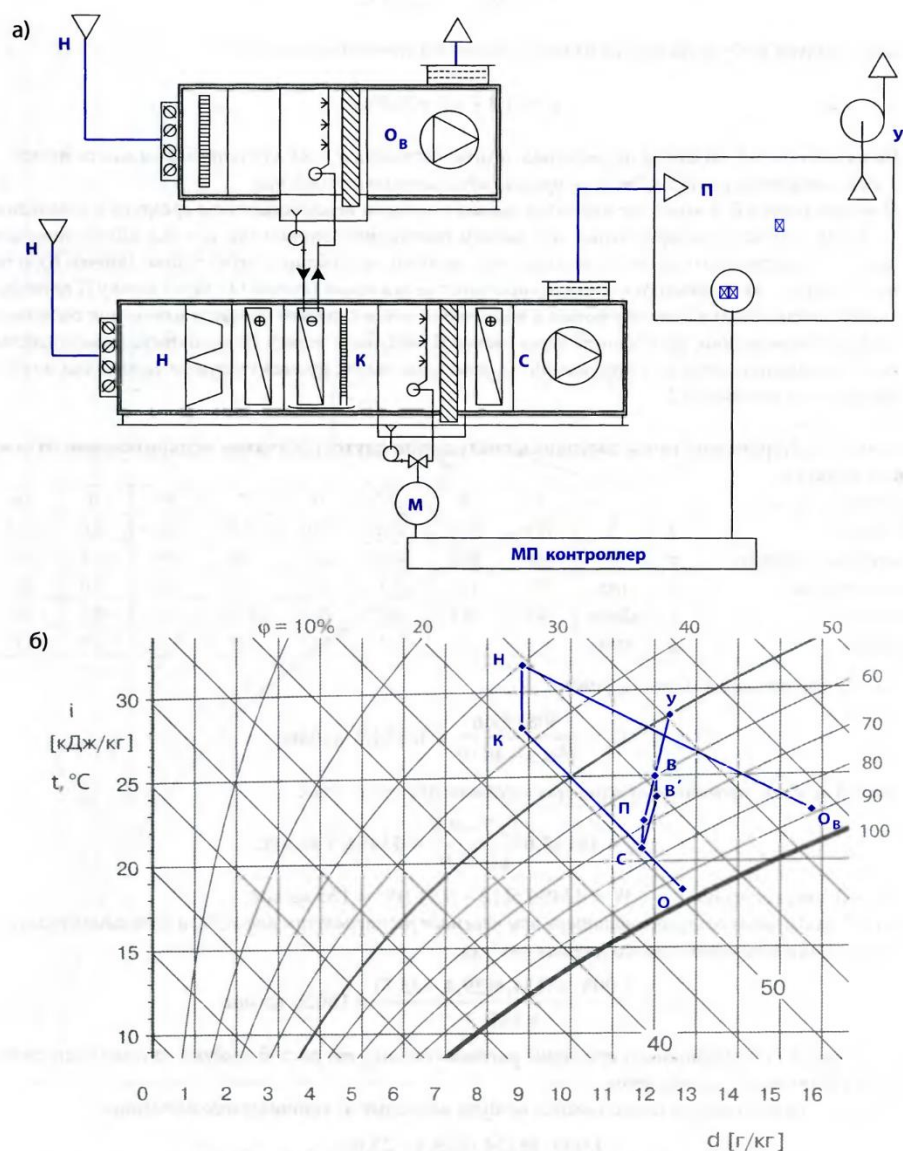


Рис.7. СКВ на основе применения двухступенчатого испарительного охлаждения с байпасом:

а) схема компоновки оборудования; б) процессы обработки воздуха на i - d диаграмме

Построение процессов изменения состояния воздуха при двухступенчатом испарительном охлаждении представлено на рис. 7 б. Через точку Н проводят линию постоянного влагосодержания до пересечения с изотермой $t_k = const$ в точке К, характеризующей конечное состояние воздуха на выходе из поверхностного воздухоохладителя. Температуру в точке К определяют по формуле 3, конечные параметры воздуха во вспомогательном потоке – по формулам 4, 5. Через точку К проводят линию постоянной энтальпии до пересечения с линией $\phi = 95\%$ в точке О, характеризующей конечное состояние части наружного воздуха на выходе из блока адиабатного

увлажнения. Для вспомогательного построения точки В' по линии постоянного влагосодержания $d_g = const$ от точки В опускаются на один градус вниз. Через точку В' проводят линию с угловым коэффициентом процесса в помещении ε и на пересечении ее с линией постоянной энтальпии $i_k = const$ получают точку С, характеризующую состояние смеси воздуха, проходящего через байпас (точка К), и потока воздуха, охлажденного в блоке адиабатного увлажнения (точка О). Через точку С проводят линию постоянного влагосодержания и на ее пересечении с линией процесса изменения состояния воздуха в помещении, проходящей через точку В, получают точку П, характеризующую состояние приточного воздуха в помещении. Таким образом, отрезок НК- охлаждение основного потока воздуха в поверхностном воздухоохладителе, КО – адиабатное охлаждение и увлажнение части приточного воздуха, КСО – процесс смешения потока воздуха, охлажденного и увлажненного в блоке адиабатного увлажнения, и наружного воздуха, СП – подогрев воздуха в вентиляторе и воздуховодах, ПВ- процесс изменения состояния воздуха в помещении. Вспомогательный поток воздуха изменяет свое состояние по линии НО_В.