

Б. Н. Сребницкий

**Примеры расчёта систем
кондиционирования воздуха**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621
ББК 34.4
Б11

Б11 **Б. Н. Сребницкий**
Примеры расчёта систем кондиционирования воздуха / Б. Н. Сребницкий –
М.: Книга по Требованию, 2012. – 160 с.

ISBN 978-5-458-35827-9

ISBN 978-5-458-35827-9

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2012

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2012

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

Объемный вес влажного воздуха — это вес 1 м³ влажного воздуха

$$\gamma = 1,293 \cdot \frac{273}{T} \left(\frac{P_6}{760} - 0,378 \cdot \frac{p_n}{760} \right) \text{ кг/м}^3. \quad (5)$$

Объемный вес влажного воздуха меньше веса сухого при тех же t и P_6 . В пределах температур, встречающихся в расчетах систем КВ, разница между γ и $\gamma_{\text{сух}}$ незначительна, и в практических расчетах объемный вес влажного воздуха принимается равным объемному весу сухого воздуха.

Пример 3. Определить объемный вес насыщенного воздуха при $t = +20^\circ$ и $P_6 = 760$ мм рт. ст.

По приложению 1 находим $p_n = 17,53$ мм рт. ст. и подставляем в уравнение (5)

$$\begin{aligned} \gamma &= 1,293 \cdot \frac{273}{T} \left(\frac{P_6}{760} - 0,378 \cdot \frac{p_n}{760} \right) = 1,293 \cdot \frac{273}{273 + 20,0} \times \\ &\times \left(\frac{760}{760} - 0,378 \cdot \frac{17,53}{760} \right) = 1,178 \text{ кг/м}^3. \end{aligned}$$

Объемный вес сухого воздуха при этих условиях $\gamma = 1,205$ кг/м³.
Расхождение $\frac{1,205 - 1,178}{1,178} \cdot 100 = 2,9\%$.

Теплосодержание влажного воздуха I — это количество тепла, которое содержится в объеме влажного воздуха, сухая часть которого G_c весит 1,0 кг. Теплосодержание влажного воздуха равно сумме теплосодержания сухого воздуха и пара. При температуре влажного воздуха t и влагосодержании d

$$I = I_{\text{сух}} + I_n = G_c c t + i_n \frac{d}{1000} \text{ ккал/кг}, \quad (6)$$

где c — удельная весовая теплоемкость сухого воздуха, которая зависит от t ; в пределах температур, встречающихся в расчетах систем КВ, принимается постоянной $c = 0,24$ ккал/кг град;
 i_n — энтальпия пара при давлении P_6 и температуре t .

Для расчетов систем КВ значение i_n целесообразно определять по уравнению П. Н. Каменева [5]

$$i_n = 597,3 + 0,44t.$$

Подставляя значения i_n в уравнение (6), получим

$$I = 0,24t + (597,3 + 0,44t) \frac{d}{1000}. \quad (7)$$

Пример 4. Определить теплосодержание влажного воздуха при $t = +24^\circ$; $\varphi = 60\%$; $P_6 = 760$ мм рт. ст.

По приложению 1 и уравнению (4) находим

$$d = \frac{\varphi}{100} d_n = \frac{60}{100} 19,0 = 11,4 \text{ г/кг.}$$

Подставляем в уравнение (7) значение d

$$\begin{aligned} I &= 0,24t + (597,3 + 0,44t) \frac{d}{1000} = 0,24 \cdot 24 + \\ &+ (597,3 + 0,44 \cdot 24) \frac{11,4}{1000} = 12,69 \text{ ккал/кг.} \end{aligned}$$

При нагревании либо охлаждении влажного воздуха происходит изменение его температуры t и теплосодержания I при постоянном влагосодержании d ; изменяется также относительная влажность φ .

Пример 5. Наружный воздух в количестве $G_n = 36000$ кг/ч с параметрами $t_n = -24^\circ$; $I_n = -5,6$ ккал/кг нагревается в калориферах до $t_r = +22^\circ$. Найти параметры нагретого воздуха и определить расход тепла в калориферах.

Пользуясь уравнением (7), определяем d_n

$$-5,6 = -0,24 \cdot 24,0 + (597,3 - 0,44 \cdot 24,0) \frac{d_n}{1000},$$

откуда $d_n = 0,27$ г/кг.

Так как при нагревании воздуха в калориферах его влагосодержание не изменяется, теплосодержание нагретого воздуха

$$I_r = 0,24 \cdot 22,0 + (597,3 + 0,44 \cdot 22,0) \frac{0,27}{1000} = 5,4 \text{ ккал/кг.}$$

Расход тепла в калориферах по уравнению (10)

$$Q_r = G_n (I_r - I_n) = 36000 (5,4 + 5,6) = 396000 \text{ ккал/ч.}$$

Температурой точки росы называется температура, при которой начнется конденсация пара в процессе охлаждения воздуха при постоянном влагосодержании.

Если влажный воздух с начальными параметрами t_1 , d_1 , I_1 , φ_1 охлаждать при неизменном влагосодержании, то будет снижаться теплосодержание, падать температура и увеличиваться относительная влажность. Настанет момент, когда воздух станет насыщенным и его относительная влажность будет $\varphi_p = 100\%$.

Дальнейшее охлаждение воздуха вызовет конденсацию пара, т.е. выпадение из воздуха влаги в виде росы.

Точка росы является пределом возможного охлаждения влажного воздуха при неизменном влагосодержании. Для определения точки росы необходимо найти такую температуру, при которой влагосодержание данного влажного воздуха равно его влагоемкости.

Пример 6. Для радиационного охлаждения помещения предусмотрена система охлаждения потолка при помощи замоноточенных змеевиков с холодной водой. Определить минимальную допустимую температуру поверхности потолка из условия конденсации влаги при условии, что в помещении $t_{\text{в}} = +23^\circ$, $\varphi_{\text{в}} = 60\%$.

Конденсация влаги на потолке произойдет в том случае, если температура на его поверхности равна температуре точки росы.

Влагосодержание воздуха помещения (по приложению 1 и уравнению 4)

$$d_{\text{в}} = \frac{\varphi_{\text{в}}}{100} d_{\text{н}} = \frac{60}{100} \cdot 17,9 = 10,8 \text{ г/кг.}$$

Отыскиваем по приложению 1 такую температуру, которой соответствует влагоемкость воздуха 10,8 г/кг. Температура точки росы $t_{\text{р}} = 15,2^\circ$. Это и будет минимальная допустимая температура поверхности потолка.

Температурой мокрого термометра называется предельно возможная температура его охлаждения при адиабатическом процессе. Если влажный воздух с параметрами t , d , I и φ имеет контакт с открытой поверхностью воды, происходит тепло- и массообмен между водой и воздухом. Вследствие наличия разности парциальных давлений пара у поверхности воды и в воздухе, вода испаряется и влагосодержание воздуха возрастает. Так как процесс происходит без подвода и отвода тепла (адиабатически), общее теплосодержание участвующих в процессе тел не изменяется, а тепло на испарение воды отбирается от сухой части влажного воздуха. При этом теплосодержание сухой части $I_{\text{с}} = 0,24 t$ уменьшается, а теплосодержание пара $I_{\text{п}} = (597,3 + 0,44 t) \frac{d}{1000}$ возрастает.

В результате температура воздуха t понижается, а относительная влажность φ возрастает; возрастает также теплосодержание влажного воздуха за счет тепла воды, испарившейся в воздух. Однако прирост теплосодержания воздуха незначителен и для практических расчетов приближенно принимается тепло-

содержание влажного воздуха постоянным, а процесс его изменения — адиабатическим.

Испарительное охлаждение воздуха может происходить до предела, когда воздух станет насыщенным, а $\varphi = 100\%$. Дальнейшее испарение воды в воздух и понижение его температуры будет невозможным. Температура воздуха станет минимально возможной для данного случая; вода приобретает такую же температуру. Эта температура и называется температурой мокрого термометра t_m и может быть замерена термометром, у которого шарик постоянно смачивается водой. Вода, испаряясь с поверхности шарика, отбирает от него тепло, и температура шарика падает. Мокрый термометр воспроизводит процесс адиабатического испарительного охлаждения воздуха.

В ненасыщенном влажном воздухе показания мокрого термометра будут всегда ниже показаний сухого термометра. Разность температур, замеренных сухим и мокрым термометрами называется психометрической разностью $\Delta t_n = t - t_m$.

Психометрическая разность будет тем больше, чем меньшую относительную влажность φ имеет влажный воздух. При $\varphi = 100\%$ величина $\Delta t_n = 0$. На этом основании построен прибор для измерения φ влажного воздуха — п с и х р о м е т р.

Адиабатический процесс широко используется в системах КВ для испарительного охлаждения и увлажнения воздуха.

Пример 7. Воздух в количестве $G = 15000$ кг/ч, имеющий температуру $t = +24^\circ$ и влагосодержание $d = 0,7$ г/кг, увлажняется в форсуночной камере орошения кондиционера до $\varphi_k = 95\%$ рециркулирующей водой. Определить параметры воздуха после камеры t_k , d_k , I_k , температуру воды t_w и расход ее G_w на добавление в оборотный цикл. Определяем начальное теплосодержание воздуха по уравнению (7)

$$I = 0,24 \cdot t + (597,3 + 0,44t) \frac{d}{1000} = 0,24 \cdot 24,0 + \\ + (597,3 + 0,44 \cdot 24,0) \frac{0,7}{1000} = 6,2 \text{ ккал/кг.}$$

Так как увлажнение воздуха осуществляется рециркулирующей водой, процесс будет адиабатическим, при $I = \text{const}$; $I_k = I = 6,2$ ккал/кг. Пределом увлажнения воздуха будет $\varphi_k = 100\%$ при температуре мокрого термометра t_m и $I = 6,2$ ккал/кг. По уравнению (7)

$$6,2 = 0,24 \cdot t_m + (597,3 + 0,44 \cdot t_m) \frac{d_m^M}{1000}.$$

Решая уравнение методом подбора, находим $t_m = 5,7^\circ$; $d_n^m = 6,9$ г/кг.

При $\varphi_k = 95\%$ уравнение (7) имеет вид

$$6,2 = 0,24 \cdot t_k + (597,3 + 0,44t_k) - \frac{95}{100} \cdot \frac{d_n^k}{1000},$$

откуда $t_k = 5,8^\circ$; $d_k = 6,7$ г/кг. Температура рециркулирующей воды равна температуре мокрого термометра $t_w = t_m = 5,7^\circ$.

Расход воды на добавление в цикл равно количеству воды, испарившейся при увлажнении воздуха, т. е. равно приросту влагосодержания воздуха

$$G_w = \frac{G(d_k - d)}{1000} = \frac{15000(6,7 - 0,7)}{1000} = 9,0 \text{ кг/ч.}$$

Смесь влажного воздуха G_1 с параметрами t_1, d_1, I_1 с G_2 влажного воздуха с параметрами t_2, d_2, I_2 , дает смесь весом $G = G_1 + G_2$. Параметры воздуха смеси t, d, I могут быть получены следующим образом.

Количество тепла в смеси $Q = G_1 I_1 + G_2 I_2 = GI$; количество влаги $W = G_1 d_1 + G_2 d_2 = Gd$, откуда

$$I = \frac{G_1 I_1 + G_2 I_2}{G}; \quad (8)$$

$$d = \frac{G_1 d_1 + G_2 d_2}{G}. \quad (9)$$

Температуру смеси определяем, пользуясь уравнением (7), в котором I и d известны.

Пример 8. Из камеры орошения кондиционера выходит воздух в количестве $G_k = 8000$ кг/ч с $t_k = +12^\circ$ и $\varphi_k = 95\%$. Воздух, подаваемый в помещение, должен иметь влагосодержание $d_n = 9,2$ г/кг. Для получения такого влагосодержания к воздуху после камеры подмешивается наружный воздух с параметрами $t_n = 31,5^\circ$; $I_n = 13,5$ ккал/кг. Определить, сколько наружного воздуха необходимо подмешать.

Влагосодержание воздуха после камеры определяем по влагеомости d'_n воздуха при температуре 12° по приложению 1 $d'_n = 8,8$ г/кг.

$$d_k = \frac{\varphi_k}{100} d'_n = \frac{95}{100} \cdot 8,8 = 8,4 \text{ г/кг.}$$

Влагосодержание наружного воздуха определяем, пользуясь уравнением (7)

$$I_n = 0,24t_n + (597,3 + 0,44t_n) \frac{d_n}{1000} = 0,24 \cdot 31,5 + \\ + (597,3 + 0,44 \cdot 31,5) \frac{d_n}{100} = 13,5 ; \\ d_n = 9,7 \text{ г/кг.}$$

По уравнению (9) находим

$$d_n = \frac{G_n d_n + G_k d_k}{G} = \frac{G_n 9,7 + 8000 \cdot 8,4}{G_n + 8000} = 9,2 ; \\ G_n = 12800 \text{ кг/ч}$$

I—d-диаграмма влажного воздуха

I—d-диаграмма представляет собой графическую интерпретацию уравнения теплосодержания влажного воздуха (7). Диаграмма связывает между собой основные параметры, характеризующие состояние влажного воздуха, t, d, I, φ при определенном атмосферном давлении P_6 . По заданным двум параметрам на *I—d-диаграмме* можно определить два остальных.

I—d-диаграмма дает возможность определять параметры влажного воздуха, наглядно изображать процессы его изменения, графически решать практические задачи по расчету систем вентиляции и кондиционирования воздуха, сушильных процессов, испарителей, охладительных установок при сокращении до минимума аналитических расчетов.

При пользовании *I—d-диаграммой* необходимо знать расчетное P_6 для данной местности, которое нормируется СНиП II-Г. 7—62. На территории СССР расчетные давления P_6 находятся в пределах 685—760 мм рт. ст. и нормируются с интервалом в 15 мм рт. ст. В соответствии с этим и *I—d-диаграммы* разработаны для $P_6 = 685, 700, 715, 730, 745$ и 760 мм рт. ст.

Пример 9. Влажный воздух имеет температуру $t_1 = +18^\circ$, влагосодержание $d_1 = 7,0$ г/кг. Определить его теплосодержание I_1 и относительную влажность φ_1 при $P_6 = 745$ мм рт. ст.

На прямой $t_1 = 18^\circ$ находим точку I_1 , имеющую $d_1 = 7,0$ г/кг, и определяем $I_1 = 8,5$ ккал/кг и $\varphi_1 = 53\%$. Отсчет значений на *I—d-диаграмме* следует производить с точностью до 0,1 для t, d ,

I и до 1 для φ . При решении практических задач большая точность не требуется.

Пример 10. Влажный воздух имеет $t_1 = 18^\circ$ и $\varphi_1 = 53\%$. Определить температуру точки росы t'_p , если $P_6 = 745$ мм рт. ст.

На $I-d$ -диаграмме находим точку 1 и определяем для нее $d_1 = 7,0$ г/кг. По вертикали $d = \text{const}$ 7,0 г/кг двигаемся вниз до пересечения с кривой $\varphi = 100\%$, где $t'_p = 8,5^\circ$.

Пример 11. Для условий примера 10 определить температуру мокрого термометра t'_m .

Для точки 1 находим $I_1 = 8,5$ ккал/кг. По линии адиабаты $I = \text{const} = 8,5$ ккал/кг двигаемся до кривой $\varphi = 100\%$ и получаем $t'_m = 12,6^\circ$.

Процесс изменения параметров влажного воздуха (нагревание, охлаждение, увлажнение, осушка, комбинированные процессы) изображается на $I-d$ -диаграмме линией, которая соединяет точки с начальными и конечными параметрами воздуха.

Нагревание влажного воздуха в калориферах от начальной t_n до конечной температуры t_r происходит при неизменном влагосодержании d_n . Процесс изображается вертикальной прямой $d = \text{const}$, направленной вверх от точки H до точки Γ (рис. 1).

При нагревании воздуха повышается его температура и теплосодержание; относительная влажность падает, максимальная температура нагреваемого воздуха может быть равной температуре греющей поверхности калорифера. Расход тепла на нагревание 1 кг равен разности теплосодержаний конечного и начального воздуха $Q_0 = \Delta I = I_\Gamma - I_n$ ккал/кг. Тогда полный расход для G кг/ч воздуха

$$Q = G \cdot \Delta I = G(I_\Gamma - I_n). \quad (10)$$

Пример 12. Наружный воздух в количестве $G = 31000$ кг/ч с параметрами $t_n = -16^\circ$; $I_n = -3,4$ ккал/кг должен быть нагрет в калориферах до $t_r = +24^\circ$. Определить параметры нагретого воздуха d_r , I_r , φ_r и расход тепла Q в калориферах, если $P_6 = 745$ мм рт. ст.

Наносим на $I-d$ -диаграмму точку H с заданными параметрами (рис. 1) и проводим через нее вертикальную прямую $d = \text{const}$ до пересечения с прямой $t_r = +24^\circ$. Читаем параметры нагретого воздуха: $d_r = 0,7$ г/кг, $I_r = +6,2$ ккал/кг. Расход тепла по формуле (10)

$$Q = G(I_r - I_n) = 31000(6,2 + 3,4) = 297600 \text{ ккал/ч.}$$

Охлаждение влажного воздуха в поверхностных воздухоохладителях от начальной t_p до конечной температуры $t_{c''}$ происходит при неизменном влагосодержании d_p . Этот процесс на $I-d$ -диаграмме отражается вертикальной прямой $d_p = \text{const}$, идущей вниз от точки P .

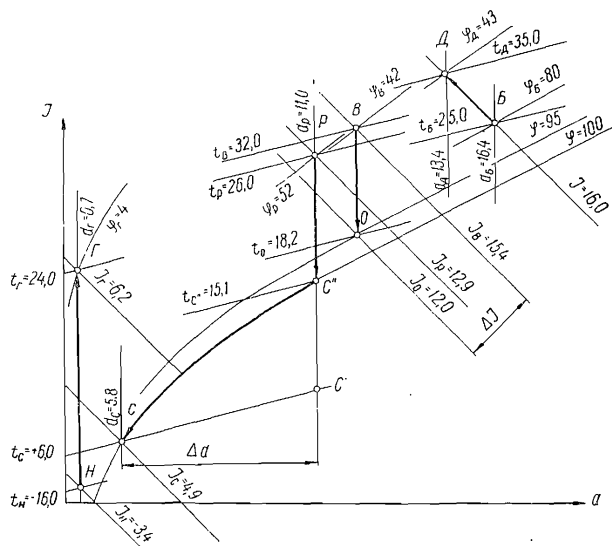


Рис. 1. Построение на $I-d$ -диаграмме процессов к примерам 12—15.

При охлаждении падает температура и теплосодержание воздуха и возрастает относительная влажность. Процесс возможен при непрерывном отборе тепла путем подачи в трубки воздухоохладителя холодоносителя с температурой t_x ниже температуры воздуха. Пределом возможного охлаждения воздуха при $d = \text{const}$ является состояние, характеризуемое точкой C'' на кривой $\varphi = 100\%$. Воздух имеет температуру точки росы $t_{c''}$, при которой влагосодержание равно влагоемкости $d_p^{C''}$. Относительная влажность $\varphi_p = 100\%$.

Дальнейшее охлаждение воздуха вызовет частичную конденсацию пара, и влагосодержание воздуха будет снижаться при постоянной $\varphi = 100\%$. Этот процесс характеризуется линией CC'' . Температура, теплосодержание и влагосодержание снижаются

при постоянной $\varphi=100\%$. Процесс CC'' ограничивается только температурой абсолютного нуля.

«Сухой» процесс охлаждения воздуха возможен только в том случае, когда температура поверхности воздухоохладителя выше точки росы. Если это условие не соблюдается, то на поверхности воздухоохладителя происходит конденсация пара и процесс становится «влажным».

Пример 13. Воздух в количестве $G=17400$ кг/ч с параметрами $t_b=+32^\circ$; $\varphi_b=42\%$; $P_6=745$ мм рт. ст. охлаждается в поверхностном воздухоохладителе до $\varphi_o=95\%$. Определить параметры охлажденного воздуха (точки O на рис. 1) и расход холода в воздухоохладителе Q_x .

От точки B проводим вертикальную прямую вниз до пересечения с кривой $\varphi_o=95\%$. Читаем параметры воздуха: $t_o=18,2^\circ$; $I_o=12,0$ ккал/кг. Расход холода аналогично расходу тепла по формуле (10)

$$Q_x = G\Delta I = G(I_b - I_o) = 17400(15,4 - 12,0) = 59160 \text{ ккал/ч.}$$

Пример 14. Воздух в количестве $G=24200$ кг/ч с параметрами $t_p=+26^\circ$; $\varphi_p=52\%$; $P_6=745$ мм рт. ст. необходимо охладить в поверхностном воздухоохладителе до температуры $t_c=+6^\circ$. Определить параметры охлажденного воздуха и расход холода Q_x .

Наносим на $I-d$ -диаграмму точку P (см. рис. 1) и проводим вертикальную прямую вниз до точки C' пересечения с прямой $t_c=+6^\circ$. Точка C' лежит ниже кривой $\varphi=100\%$ за пределами активного поля $I-d$ -диаграммы. Это свидетельствует о том, что воздух с $t_c=+6^\circ$ и $d_p=11,0$ г/кг существовать не может. Процесс охлаждения будет проходить до точки C'' на кривой $\varphi=100\%$ и далее по этой кривой до точки C , которая имеет $d_c=5,8$ г/кг; $I_c=4,9$ ккал/кг.

Расход холода

$$Q_x = G(I_p - I_c) = 24200(12,9 - 4,9) = 193600 \text{ ккал/ч.}$$

В процессе охлаждения из воздуха выпадает конденсат

$$W = G(d_p - d_c) \frac{1}{1000} = 24200(11,0 - 5,8) \frac{1}{1000} = 125,8 \text{ кг/ч.}$$

В точке C'' получаем температуру точки росы $t_{c''}=15,1^\circ$.

Осушка влажного воздуха абсорбентами проходит без подвода и отвода тепла (адиабатически). Процесс осушки отображается на $I-d$ -диаграмме прямой $I=\text{const}$, направленной влево и вверх (прямая $БД$ на рис. 1), причем влагосодержа-

ние воздуха и относительная влажность снижаются, а температура воздуха возрастает, так как в процессе абсорбции происходит конденсация пара на поверхности абсорбента и освобожденная скрытая теплота пара переходит в явное тепло.

Пределом этого процесса является точка пересечения прямой $I = \text{const}$ с ординатой $d=0$. Воздух в этой точке сухой, полностью освобожденный от влаги.

Пример 15. В кабине выделяется $W=0,6$ кг/ч влаги. Для удаления влаги подается рециркулирующий воздух $G=200$ кг/ч. Из кабины воздух выходит с параметрами $t_B=25^\circ$, $\phi_B=80\%$. Рециркулирующий воздух осушается силикагелем и вновь подается в кабину. Определить параметры воздуха в точке D (см. рис. 1) при входе в кабину. $P_6 = 745$ мм рт. ст.

На $I-d$ -диаграмму наносим точку B и определяем влагосодержание воздуха $d_B=16,4$ г/кг. Процесс адиабатической осушки воздуха будет проходить по линии $I = \text{const} = I_B = 16,0$ ккал/кг.

В кабине каждый килограмм воздуха поглощает влагу в количестве $\Delta d = \frac{W}{G} \cdot 1000 = \frac{0,6}{200} \cdot 1000 = 3,0$ г/кг.

Такое же количество влаги должен поглощать силикагель, поэтому конечное влагосодержание воздуха будет $d_D = d_B - \Delta d = 16,4 - 3,0 = 13,4$ г/кг.

Находим точку D на пересечении линии $I = 16,0$ ккал/кг с вертикалью $d = 13,4$ г/кг и находим остальные параметры воздуха: $t_D = 35^\circ$, $\phi_D = 43\%$.

Адиабатическое увлажнение и охлаждение воздуха от начального состояния в точке H до конечного в точке K отражается на $I-d$ -диаграмме прямой $I = \text{const}$ (рис. 2), направленной вниз.

Процесс происходит при контакте воздуха с водой, постоянно рециркулирующей в обратном цикле. Температура воздуха при этом падает, влагосодержание и относительная влажность возрастают. Пределом процесса является точка K' на кривой $\phi = 100\%$, которая является температурой мокрого термометра t_m . Одновременно эту же температуру приобретает рециркулирующая вода t_w , т. е. $t_{K'} = t_m = t_w$. В реальных адиабатических процессах охлаждения и увлажнения воздух не достигает предельных параметров, при этом $t_K > t_m$; $\phi_K < 100\%$.

Пример 16. Воздух в количестве $G=21800$ кг/ч с параметрами $t_r=22,0^\circ$; $d_r=0,8$ г/кг; $P_6 = 745$ мм рт. ст. увлажняется в адиа-