ПРИДНЕСТРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Т.Г. ШЕВЧЕНКО
Бендерский политехнический филиал

Кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция»

КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА И ХОЛОДИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

методические указания
по выполнению лабораторно-практических работ

Бендеры, 2013

ББК 74.58
К 64

СОСТАВИЛ:
Т.И. Лохвинская – зав. кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция», ст. преподаватель первой квалификационной категории БПФ ГОУ «ПГУ им. Т.Г. Шевченко»
Д.В. Кожушкин – инженер СЗАО «Ди энд Трэйд»

РЕЦЕНЗЕНТЫ:
Р.А. Буга – технический директор ООО «Берегиня»
С.С. Иванова – старший преподаватель спец. дисциплин первой квалификационной категории кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», БПФ ГОУ «ПГУ им. Т.Г. Шевченко»

«Кондиционирование воздуха и холодильные установки». Методические указания по выполнению лабораторно-практических работ/Сост.: Т.И. Лохвинская, Д.В. Кожушкин - Бендеры, 2013

Методические указания включают: методики расчета систем кондиционирования воздуха для летнего и зимнего периода года по тепло-влажностной обработке воздуха с применением I-d диаграммы и методики расчета и подбора оборудования секций типовых кондиционеров. Приведены литературные источники.

Данные методические указания предназначены в качестве учебного пособия для выполнения лабораторно-практических работ студентов высшего профессионального образования дневной и заочной формы обучения по специальности 270109 «Теплогазоснабжение и вентиляция».

ББК 74.58
К 64

Рекомендовано к кафедральному изданию
НМС ПГУ им. Т.Г. Шевченко

Содержание

Стр.

Введение…….…… 4

Лабораторно-практическая работа № 1 ……....…….. 5

Лабораторно-практическая работа № 2 ……..…… 10

Лабораторно-практическая работа № 3 …….……... 14

Лабораторно-практическая работа № 4 …….…….. 19

Лабораторно-практическая работа № 5 ……..……... 23

Лабораторно-практическая работа № 6 …….…… 27

Лабораторно-практическая работа № 7 …… 30

Лабораторно-практическая работа № 8 …… 34

Лабораторно-практическая работа № 9 ……. 39

Приложения …….……. 44

Список литературы ……..…… 49

Введение.

Предлагаемые методические указания посвящены вопросам тепло-влажностной обработки воздуха в системах кондиционирования с различными способами соединения секций кондиционера. Данные методические указания представляют собой перечень лабораторно-практических работ посвященных графоаналитическому методу построения и расчета различных систем кондиционирования воздуха с применением I-d диаграммы влажного воздуха.

Каждая лабораторно-практическая работа начинается изложением целей, хода работы и краткого изложения теоретического материала. Предложена последовательность выполнения построений и расчетов тепло-влажностной обработки воздуха с применением I-d диаграммы влажного воздуха. В конце каждой лабораторно-практической приведены контрольные вопросы, позволяющие проверить усвоение теоретического и практического материала.

Приведен список необходимой литературы для подготовки и выполнения лабораторно-практических работ.

В приложениях представлены все необходимые материалы и технические характеристики в виде таблиц, диаграмм и графиков которые позволят выполнить практические задания.

Лабораторно-практическая работа № 1
по теме № 2: Процессы изменения состояния влажного воздуха в СКВ и способы их реализации.

Наименование лабораторно-практической работы: Построение процессов тепло-влажностной обработки воздуха в I-d диаграмме, обработка данных.

Цель работы: Приобретение навыков построения процессов нагрева, охлаждения, смешивания воздуха в секциях кондиционера; определение расхода тепла, влаги, холода на обработку воздуха в секциях кондиционера.

Ход работы:

1. Описание линий и областей I-d диаграммы влажного воздуха.
2. Изображение процессов нагрева, охлаждения и смешивания воздуха на I-d диаграмме.
3. Обработка данных процесса нагрева воздуха в поверхностном теплообменнике. Исходные данные: воздух нагревается в поверхностном теплообменнике до $t = 38^0$ С. Начальные параметры воздуха $\varphi = 40\%$, $t = 22^0$С и расход G = 1000 кг/час Определить энтальпию и относительную влажность воздуха после нагрева и расход теплоты. Изобразить процесс на I-d диаграмме.
4. Обработка данных процесса охлаждения воздуха. Начальные параметры $\varphi = 40\%$ $t = 22^0$С, воздух охлаждается в поверхностном теплообменнике до t = 5° С. Определить расход холода и количество сконденсировавшейся влаги, если количество воздуха 1000 кг/час. Процесс изобразить на I-d диаграмме.
5. Обработка данных смешивания порций воздуха 1 кг с параметрами (А): $\varphi = 50\%$, d = 5 г/кг и 4 кг, с параметрами (Б): I = 48 кДж/кг, t = 20 ° С. Определить параметры смешенного воздуха (φ_c, t_c). Изобразить процесс на I-d диаграмме.

Методические указания.

I-d диаграмма построена в косоугольной системе координат. Основными осями являются ось ординат, на которой отложены значения энтальпии I, кДж/кг сухого воздуха, и ось абсцисс, по которой отложены значения влагосодержаний, г/кг сухого воздуха.

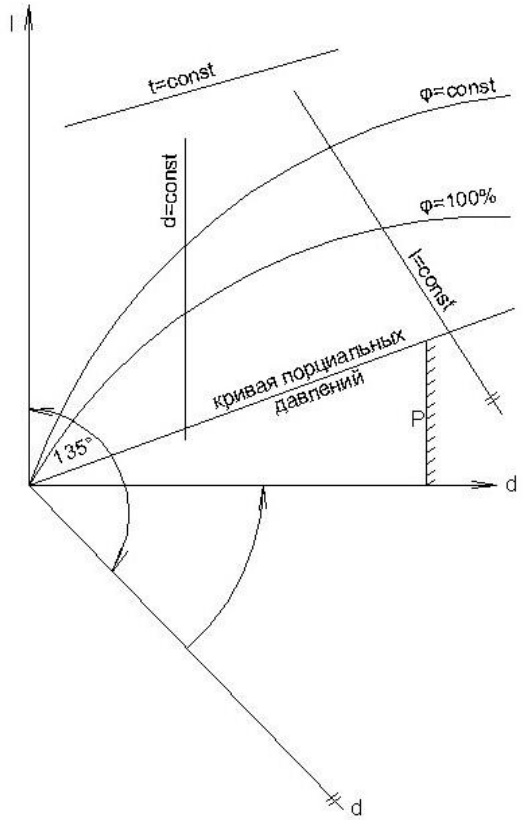

Рис. 1.1. Изолинии I-d диаграммы влажного воздуха.

Угол между осями составляет 135°. Это позволяет расширить на диаграмме область ненасыщенного воздуха, т.е. увеличить рабочую площадь диаграммы. На практике I-d диаграмма влажного воздуха представляется в виде прямоугольной системы координат, в ней осью абсцисс является вспомогательная горизонтальная прямая d, на которой в некотором масштабе снесены значения влагосодержания с основной оси.

На диаграмму нанесены изолинии для воздуха:

- линии постоянных температур;
- линии постоянных влагосодержаний;
- линии постоянных энтальпий;

- линии постоянных относительных влажностей.

В нижней части I-d диаграммы расположена кривая, имеющая самостоятельную ось ординат. Ось ординат этого графика является шкалой парциального давления водяного пара P_n. По контуру I-d диаграммы нанесена шкала угловых коэффициентов лучей процессов изменения состояния воздуха (шкала тепловлажностных отношений).

Все поле диаграммы линией φ = 100 % разделено на 2 части. Выше линии расположена область ненасыщенного влажного воздуха. Линия φ = 100 % соответствует состоянию воздуха, насыщенного водяными парами. Ниже расположена область перенасыщенного состояния воздуха (состояние тумана).

Каждая точка на диаграмме соответствует определенному состоянию воздуха. Линия на I-d диаграмме отвечает процессу тепловлажностной обработки воздуха.

На I-d диаграмме влажного воздуха процессы нагрева, охлаждения воздушной среды изображаются лучами по d = const.

На рис. 1.2. представлены следующие процессы обработки воздуха:

процесс B_1 B_2 - сухой нагрев,

процесс B_1 B_3 - сухое охлаждение,

процесс B_1 B_4 B_5 - охлаждение с осушением воздуха.

Процессы сухого нагрева и сухого охлаждения на практике осуществляют, применяя теплообменники (воздухонагреватели, калориферы, воздухоохладители).

Если влажный воздух в теплообменнике охлаждается ниже точки росы, то процесс сопровождается выпадением конденсата на поверхности и охлаждение воздуха сопровождается его осушкой.

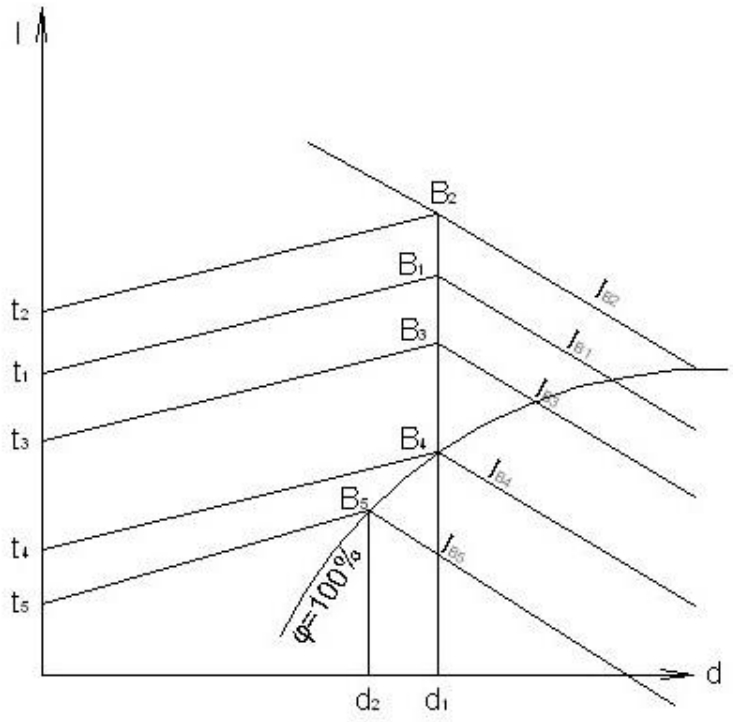

Рис. 1.2. Процессы обработки воздуха

Расход теплоты в теплообменнике на нагрев воздуха массой G, имеющего параметры I_{B1}, t_1 до состояния I_{B2}, t_2 определяется по уравнению:

$$Q = G \cdot c \cdot (t_2 - t_1) = G \cdot (I_{B2} - I_{B1}), \text{ кДж/ч (кВт)} \qquad (1.1)$$

Расход холода при охлаждении воздуха от состояния B_1 (I_{B1}, t_1) до состояния B_5 (I_{B5}, d_5) рассчитывают по уравнению:

$$Q_{хол} = G \cdot c \cdot (t_1 - t_5) = G \cdot (I_{B1} - I_{B5}), \text{ кДж/ч (кВт)} \qquad (1.2)$$

Количество конденсата, образующегося при осушке воздуха от состояния B_1 (t_1, d_1) до состояния B_5 (t_5, d_5) рассчитывают по уравнению:

$$W_k = G \cdot (d_1 - d_2) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/ч} \qquad (1.3)$$

Процессы смешения влажного воздуха изображаются на I-d диаграмме прямой линией, соединяющей исходные состояния смешиваемого воздуха.

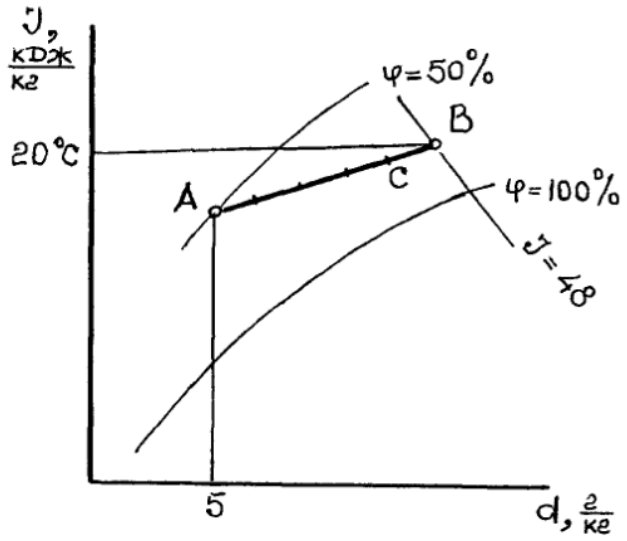

Рис. 1.3. Процесс смешивания воздуха

Причем, параметры смеси определяют по точке С, лежащей на этой прямой. Параметры точки С вычисляют следующим образом:

$$I_c = \frac{G_A I_A + G_B I_B}{G_A + G_B}, кДж/кг \qquad (1.4)$$

$$d_c = \frac{G_A d_A + G_B d_B}{G_A + G_B}, г/кг \qquad (1.5)$$

Контрольные вопросы.

1. Воздух имеет параметры t = 18 ° С φ = 40%. Определить температуру «точки росы» и температуру мокрого термометра.

2. Могут ли температура мокрого термометра и температура точки росы воздуха быть равны друг другу?

3. Воздух внутри помещения имеет параметры t_c = 20 °С, t_p = 10 °С. Определить остальные параметры воздуха (φ, I, d, t_m, P_n).

Лабораторно-практическая работа № 2
по теме № 2: Процессы изменения состояния влажного воздуха в СКВ и способы их реализации.

Наименование лабораторно-практической работы: Построение процессов тепло-влажностной обработки воздуха в I-d диаграмме, обработка данных.

Цель работы: Построение процессов обработки воздуха и воды. Определение расхода воды для адиабатического увлажнения воздуха и расхода холода при осушке воздуха.

Ход работы:

1. Описание возможных направлений процессов взаимодействия воздуха и воды.

2. Анализ процессов тепло-влагообмена между воздухом и водой.

3.Построение процесса обработки воздуха в камере орошения рециркуляционной водой (адиабатное (адиабатическое) увлажнение воздуха). Входящий воздух имеет следующие параметры: φ = 50%, t_c = 24 °C. Определить I, d, t_c, t_m, t_p, φ.

4. Воздух имеет следующие параметры: φ = 50%, t = 18 °C. В каких условиях возможно его адиабатическое увлажнение в камере орошения.

5. Воздух имеет следующие параметры: φ = 60%, t = 20 °C. При каких условиях возможно его осушение в камере орошения.

Методические указания

Обработка воздуха водой осуществляется в оросительных камерах кондиционеров, в которых вода разбрызгивается форсунками. При этом обработка воздуха может осуществляться по адиабатическому или политропическому процессам. Возможные направления процессов взаимодействия воздуха и воды можно представить графически на I-d диаграмме влажного воздуха в области криволинейного треугольника А-6-8. Одной стороной является φ = 100 %, а двумя другими – касательные к этой кривой, проведенные из т. А, характеризующей начальное состояние воздуха.

Любой процесс взаимодействия воздуха с водой постоянной температуры будет изображен в виде луча, находящегося в пределах этого треугольника, так как ни один луч, выходящий из точки А вне треугольника, не может пересечься с кривой φ = 100%. Направление луча процесса зависит от состояния температуры воздуха (t_c, $t^м$, t_p) и температуры воды t_w.

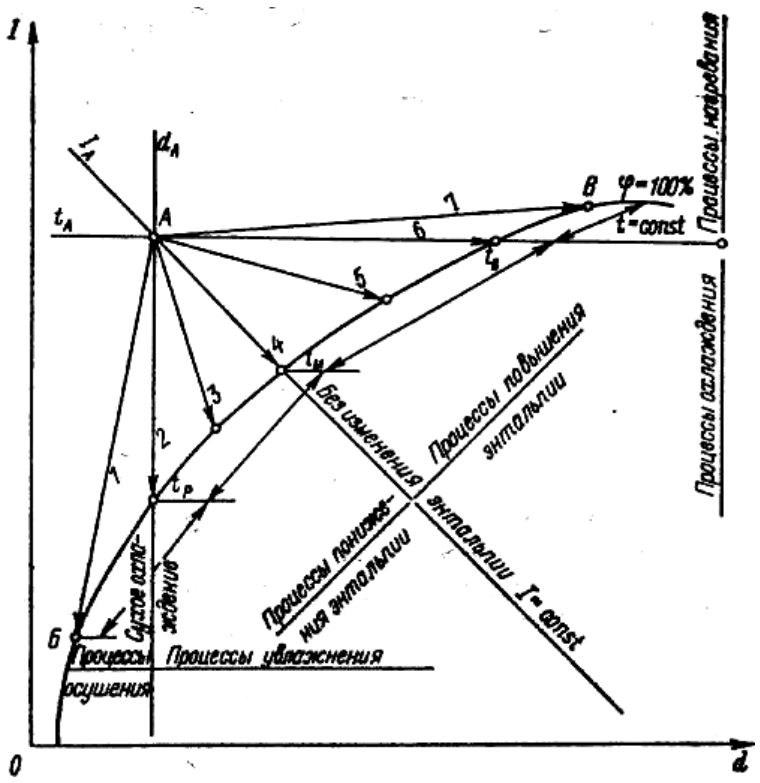

Рис. 2.1. Изображение на I-d диаграмме возможных процессов взаимодействия воздуха с водой постоянной температуры.

Заданный режим процесса обработки воздуха достигается подбором температуры воды, разбрызгиваемой форсунками. Изменение состояния воздуха, находящегося в контакте с водой, имеющей постоянную температуру, изображается на диаграмме прямой линией, проходящей через точку начального состояния воздуха, и точку на кривой φ = 100 % с температурой, равной температуре воды. На практике, в реальных процессах увлажнения воздуха максимальная относительная влажность воздуха на выходе из камеры орошения принимается равной 90 ÷ 95%. Внутри треугольника А-6-8 различают два граничных процесса.

Первый процесс – адиабатический (А-4). Практически осуществляется в оросительной камере, когда орошение производится в рециркуляционной водой

без подвода к ней или отвода тепла. При этом температура воды равна температуре обрабатываемого воздуха, по мокрому термометру $t_w = t_м$. Адиабатический процесс протекает без изменения энтальпии воздуха, температура его понижается за счет потерь явного тепла, затраченного на испарение воды. Вода, испаряясь в воздух, повышает его влагосодержание.

Вторым граничным процессом при контакте воздуха с водой является политропический процесс (А-2), протекающий в случае, когда температура воды равна температуре точки росы обрабатываемого воздуха $t_w = t_р$. Этот процесс протекает без осушения и увлажнения воздуха при постоянном влагосодержании до конечной величины относительной влажности воздуха. Процесс соответствует охлаждению воздуха. При таком процессе понижаются температура воздуха и энтальпия.

Изотермический процесс обработки воздуха t_c = const изображается прямой А-6, проведенной через точку А параллельно изотермам до пересечения с кривой φ = 100 %. При этом происходит изотермическое увлажнение воздуха, которое можно осуществить при подаче в камеру орошения водяного пара. При этом $t_w = t_c$.

При $t_w > t_c$ процесс взаимодействия воды и воздуха изобразится линией А-7, он сопровождается увеличением температуры, энтальпии и влагосодержания воздуха.

При $t_м < t_w < t_c$ процесс изображается линией А-5. в этом случае энтальпия и влагосодержание воздуха увеличивается, а температура уменьшается.

При $t_р < t_w < t_м$ изменение состояния воздуха изображается лучом А-3, происходит охлаждение и увлажнение воздуха.

При $t_w < t_р$ процесс обработки воздуха водой соответствует лучу А-1, происходит уменьшение температуры воздуха и понижение его влагосодержания, т.е. охлаждение и осушение воздуха.

Количество затрачиваемого тепла и холода определяется

$$Q = G\cdot(I_A - Ii_п),\ кДж/ч\ (Вт) \qquad (2.1)$$

Где:
G – масса воздуха, кг/ч

I_A , Ii_n– соответственно, начальная и конечная энтальпия воздуха, кДж/кг

Количество необходимой воды на подпитку при процессах с увлажнением воздуха

$$W = G\cdot(d_1 - d_2)\cdot 10^{-3}, \text{ кг/ч} \qquad (2.2)$$

где:

d_1 – начальное влагосодержание воздуха, г/кг

d_2 – конечное влагосодержание воздуха, г/кг

Контрольные вопросы:

1. При каком режиме работы оросительный камеры температура воздуха по мокрому термометру на входе и выходе из камеры одинакова.

2. Воздух на входе в камеру орошения имеет t = 25°С, φ = 60%, на выходе температура воздуха равна 10 °С. Определить расход холода, если количество воздуха равно 40 000 кг/ч.

3. Определить параметры воздуха на выходе из оросительной камеры, если она работает в режиме адиабатического охлаждения, а параметры воздуха на входе: t_p = 4°С, t_c = 22°С.

4. Воздух характеризуется следующими параметрами: t_c = 24°С, φ = 60%. Возможна ли его осушка в камере орошения, если вода имеет температуру 16 ° С.

5. Воздух имеет параметры: t_c = 20°С, φ = 60%. С помощью какого процесса можно перевести его в состояние, при котором $t_c = t_м$ = 20°С.

Лабораторная работа №3
по теме №3: Процессы изменения состояния влажного воздуха в СКВ и способы их реализации.

Наименование лабораторно-практической работы: Построение комплексного процесса обработки воздуха в контактном аппарате для тепловлажностной обработки воздуха, количественный расчет для теплого периода года.

Цель работы: Приобретение навыков в построении комплексного процесса обработки воздуха в прямоточной СКВ для теплого периода года.

Ход работы:

1. Структура и назначение систем кондиционирования воздуха (СКВ).
2. Схема комплексной обработки воздуха в СКВ в летний период времени.
3. Применяемое оборудование для реализации процессов обработки воздуха.
4. Построить процесс обработки воздуха на I-d диаграмме влажного воздуха для прямоточной системы кондиционирования воздуха в теплый период года, если параметры внутреннего воздуха $t_в$ = 23 °С, φ в = 53 %, параметры наружного воздуха $t_н$ = 25,7 °С, $I_н$ = 52 кДж/кг. Тепловыделения в помещении составляют 53900 Вт, влаговыделения - 11,5 кг/ч, приточный воздух подается непосредственно в рабочую зону. Определить расход теплоты и холода для обработки воздуха.
5. Выполнить выкопировку построенных процессов на кальке.

Методические указания:

1. СКВ предназначены для создания искусственного климата в закрытых помещениях. Кондиционирование воздуха относится к технически совершенным способам создания и поддержания в помещениях условий комфорта для человека и оптимальных параметров воздушной среды для производственных процессов, обеспечения длительной сохранности ценностей культуры и искусства, в общественных зданиях. Особенностью СКВ является наличие систем автоматики, обеспечивающих устойчивый искусственный микроклимат, не зависящий от внешних условий и

технических процессов, протекающих в помещении. Современная установка КВ представляет собой комплекс технических средств, служащих для приготовления, перемещений, распределения воздуха, автоматического регулирования, его параметров дистанционного контроля и управления.

2. В зависимости от использования наружного и рециркуляционного воздуха, различают несколько схем обработки воздуха:

2.1. прямоточную;

2.2. рециркуляционную;

2.3. СКВ с применением рециркуляции.

При этом осуществляется обработка воздуха в следующей последовательности:

а. забор наружного воздуха;

б. тепловлажностная обработка;

в. нагрев;

г. подача и распределение воздуха в помещении.

Если в СКВ возможно применение рециркуляции, к указанной последовательности, необходимо добавить процессы смешивания частей обработанного наружного и рециркуляционного воздуха.

3. Для того чтобы реализовать указанные схемы обработки воздуха, применяют следующее оборудование:

3.1. воздухозаборные решетки;

3.2. воздухоохладители;

3.3. воздухонагреватели;

3.4. камеры орошения;

3.5. вентилятор;

3.6. камеры смешивания;

3.7. сеть магистральных каналов;

3.8. система воздухораспределения в помещении.

4. Приточный воздух, подаваемый в помещение, в котором выделяется тепло и влага, нагревается; влагосодержание его повышается и постепенно его параметры достигают параметров рабочей зоны помещения. Изменение

параметров приточного воздуха протекает по прямой, проведенной через точку, характеризующую параметры воздуха рабочей зоны. Эта прямая параллельна лучу процесса ε.

ε - отношение количества избыточного тепла, выделенного в помещении, к массе влаги выделенной в помещении:

$$\varepsilon = \frac{3{,}6\Sigma Qn}{\Sigma W} \qquad (3.1)$$

Точка, характеризующая параметры приточного воздуха, всегда лежит на прямой луча процесса, ее местоположение на этой прямой зависит от количества подаваемого воздуха в помещение и соотношения тепла и влаговыделений. Для расчета количества подаваемого воздуха и количества тепла и холода для обработки воздуха необходимо выполнить построение на I-d диаграмме комплексного процесса обработки воздуха. При построении исходными данными являются: заданные параметры воздуха в помещении для теплого периода года; расчетные параметры наружного воздуха; количество выделяющихся в помещении тепла и влаги; перепад температур между приточным воздухом и воздухом рабочей зоны помещения.

4.1. Последовательность построения комплексного процесса обработки воздуха:

4.1.1. определить числовое значение углового коэффициента луча процесса ε;

4.1.2. на I-d диаграмме влажного воздуха определить положение точки В, Н, характеризующих параметры внутреннего и наружного воздуха;

4.1.3. через точку В провести луч процесса;

4.1.4. определить температуру приточного воздуха $t_п = t_в – \Delta t_{доп}$,

где $\Delta t_{доп}$ – допустимая разность температур; при условии подачи приточного воздуха непосредственно в рабочую зону $\Delta t = 2$ °С;

4.1.5. определить положение точки П на пересечении изотермы $t_п$ с лучом процесса

4.1.6. определить положение точки О, характеризующей параметры воздуха на выходе из камеры орошения, на пересечении $d_п$ и $\varphi = 90\%$;

4.1.7. определить положение точки $П_1$ - состояние воздуха на выходе из воздухонагревателя второго подогрева. Для этого откладывается отрезок вертикально вниз от точки П на 15 ÷ 2 °С;

4.1.8. соединить базовые точки Н, О, $П_1$, П, В;

4.1.9. описать процессы комплексной обработки воздуха.

4.2.Расход теплоты в воздухонагревателе

$$Q = G \cdot (I_П - I_O);\ \text{кДж/ч·(кВт)} \qquad (3.2)$$

где G – расход приточного воздуха

$$G = \frac{3{,}6 \cdot Q_П}{I_В - I_П};\ \text{кДж/ч} \qquad (3.3)$$

4.3. Расход холода на охлаждение в камере орошения

$$Q_X = G \cdot (I_Н - I_O);\ \text{кДж/ч·(кВт)} \quad (4.4)$$

5. Отразить все построения на выкопировке I-d диаграмме.

<u>Контрольные вопросы:</u>

1. Определение параметров удаляемого и приточного воздуха.
2. Определения производительности СКВ.
3. При каких условиях возможно осушение воздуха в камере орошения.
4. Определение температуры мокрого термометра и температуры «точки росы» на I-d диаграмме.

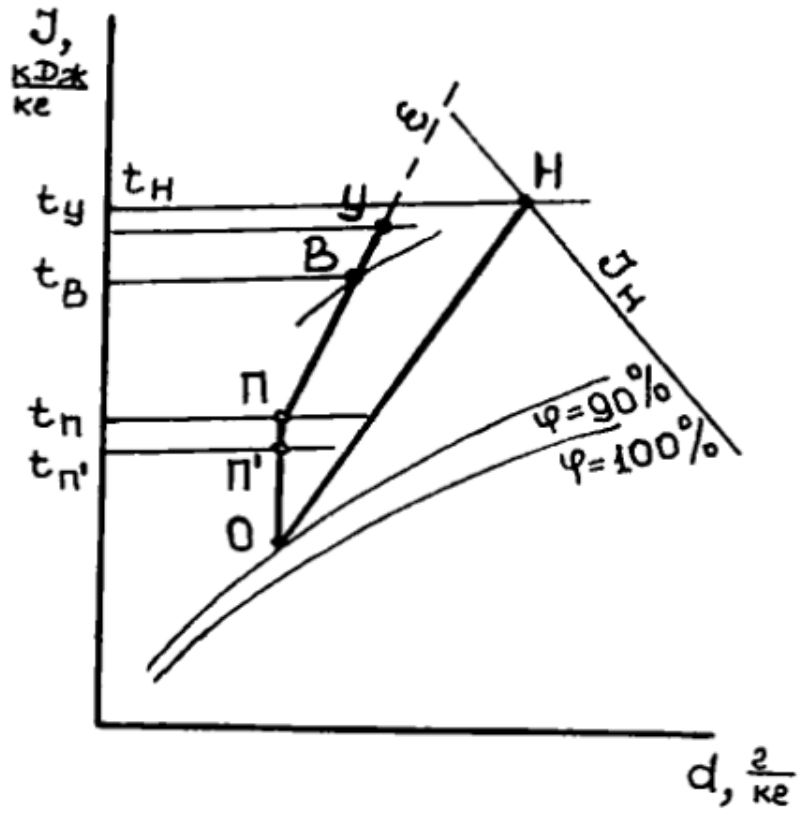

Рис. 3.2. Выкопировка на I-d диаграмме влажного воздуха прямоточная схема СКВ для теплого периода

Лабораторная работа №4
по теме №3: Процессы изменения состояния влажного воздуха в СКВ и способы их реализации.

Наименование лабораторно-практической работы: Построение комплексного процесса обработки воздуха в контактном аппарате для тепло-влажностной обработки воздуха, количественный расчет для холодного периода года.

Цель работы: Приобретение навыков построения комплексного процесса обработки воздуха в прямоточной СКВ для холодного периода года.

Ход работы:

Задание: Определить расход теплоты и воды для тепло-влажностной обработки воздуха в холодный период в СКВ, работающей по прямоточной схеме. Исходные данные:

- параметры наружного воздуха $t_н$ = - 15°С, $I_н$ = - 14 кДж/кг;
- расчетные параметры внутреннего воздуха $t_в$ = 20 °С, $\varphi_в$ = 50%;
- температура удаляемого воздуха $t_у$ = 20 °С;
- теплопоступления в помещение $\Sigma Q_п$ = 60 000 кДж/кг;
- влагопоступления в помещение ΣW = 10 кг/ч;
- расход приточного воздуха составляет G = 30 000 кг/ч;

К выполненному заданию приложить выкопировку комплексного процесса обработки воздуха на I-d диаграмме.

Данная схема предполагает следующий порядок построения на I-d диаграмме влажного воздуха.

1. Нахождение на I-d диаграмме положений базовых точек В и Н, характеризующих состояние наружного и внутреннего воздуха.

2. Определение углового коэффициента луча процесса в помещении

$$\varepsilon = \frac{3{,}6\Sigma Qn}{\Sigma W} \qquad (4.1)$$

3. Проведение через точку В луча процесса с учетом значения углового коэффициента $\acute{\varepsilon}$.

4. Определение положения точек П, У, О, К на I-d диаграмме.

- точка У располагается на пересечении изотермы $t_у$ с лучом процесса.

- точка П располагается на пересечении изотермы $t_п$ с лучом процесса; численное значение удельной энтальпии $I_п$ приточного воздуха для холодного периода года вычисляют:

$$I_п = I_у - \Sigma Q_п / 0{,}278 \cdot G \qquad (4.2)$$

$I_у$ – удельная энтальпия воздуха, уходящего из помещения в холодный период года, которую по положению т. У на I-d диаграмме, кДж/кг;

$\Sigma Q_п$ – суммарные теплопоступления в помещении, Вт;

G – расход приточного воздуха, кг/ч.

- точка О расположена на пересечении линии $d_п$ с линией φ = 90%;- состояние воздуха на выходе из оросительной камеры,

- точка К (состояние воздуха на выходе из воздухонагревателя 1-й ступени), расположенной на пересечении $d_н$ с изоэнтальпой I_0 = const.

5. Соединение базовых точек прямыми; получение ломаной линии НКОПВУ – комплексного процесса обработки воздуха в холодный период года.

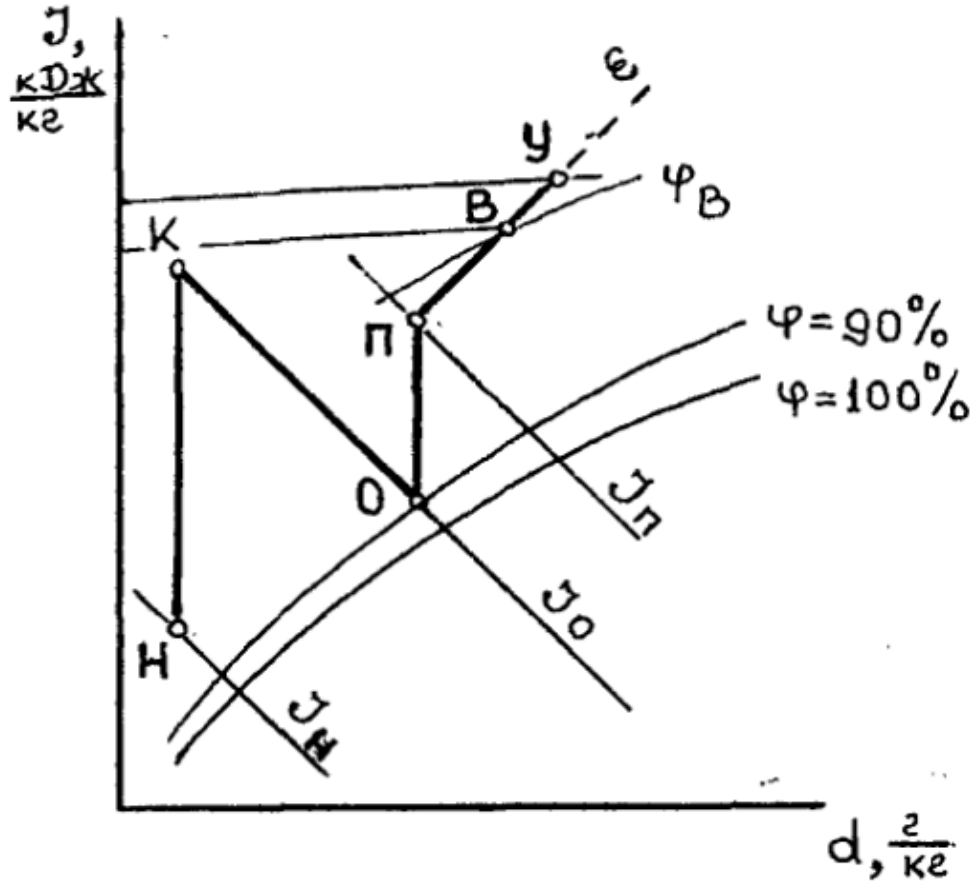

Рис. 4.1. Выкопировка комплексного процесса обработки воздуха в холодный период года в прямоточной СКВ с применением рециркуляционной воды.

Физический смысл отрезков на выкировке:

НК – нагрев воздуха в воздухонагревателе 1-й ступени подогрева;

КО – адиабатическое (изоэнтальпийное) охлаждение воздуха в камере орошения;

ОП – нагрев воздуха в воздухонагревателе 1-й ступени подогрева;

ПВУ – процесс в помещении.

6. Расход теплоты в первом воздухонагревателе

$$Q_{ВН1} = G \cdot (I_о - I_н), \text{ кДж/ч} \qquad (4.3)$$

7. Расход теплоты во втором воздухонагревателе

$$Q_{ВН2} = G \cdot (I_п - I_о), \text{ кДж/ч} \qquad (4.4)$$

8. Количество воды, испарившейся при адиабатическом увлажнении воздуха в камере орошения

$$W_{исп} = G \cdot (d_о - d_к) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/ч} \qquad (4.5)$$

Контрольные вопросы:

1. Способ реализации обработки воздуха рециркуляционной водой в камере орошения.

2. Анализ изменения параметров состояния воздуха при адиабатическом (изоэнтальпийном) увлажнении, изображение процесса на I-d диаграмме.

3. Устройство воздухонагревателей приточного воздуха.

4. Определение температуры приточного воздуха.

5. Как при помощи I-d диаграммы можно определить температуру разбрызгиваемой воды в камере орошения.

Лабораторная работа №5
по теме №4: Основное оборудование центральных систем кондиционирования воздуха, методы расчета и подбора.

Наименование лабораторно-практической работы: Расчет процессов обработки влажного воздуха в прямоточных кондиционерах.

Цель работы: Приобретение навыков компоновки секций центральных кондиционеров (КД) в соответствии со схемой обработки воздуха в СКВ.

Ход работы:

1. Построение процессов обработки воздуха в СКВ на I-d диаграмме по предложенной схеме, определение параметров точек на диаграмме.

2. Описать последовательность обработки воздуха по схеме СКВ.

3. Описать схему компоновки секций центрального кондиционера, в котором реализуется данная последовательность обработки воздуха.

4. Определить, на какой высоте распределяют воздух в помещении.

5. Определить производительность КД по воздуху, его марку, количество базовых секций в агрегате.

6. Определить расход холода, тепла в СКВ, приняв расход приточного воздуха 100 000 кг/ч.

7. Сделать выкопировку процессов на I-d диаграмме.

Методические указания.

1. Предложенная схема обработки воздуха в СКВ на схеме I-d диаграммы.

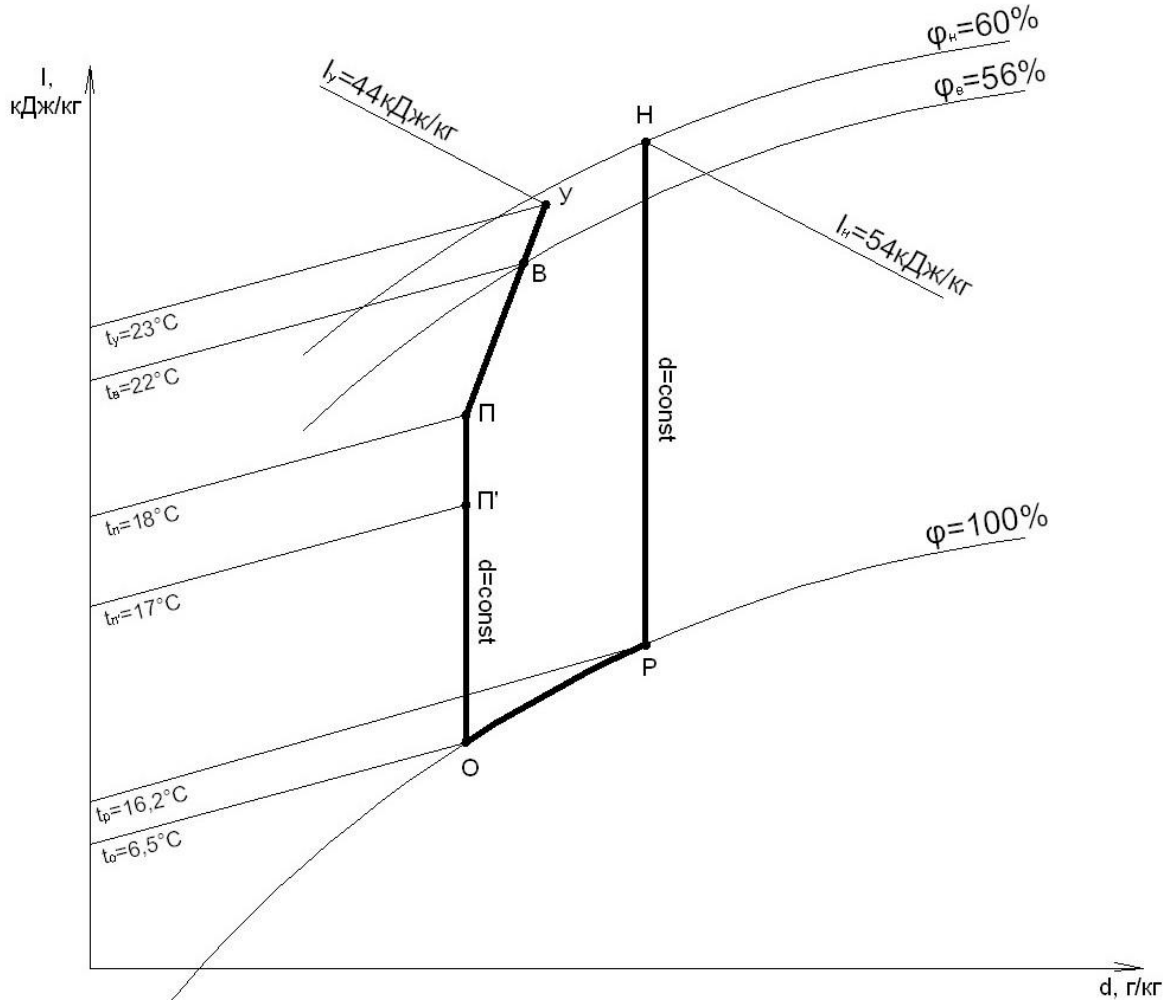

Рис. 5.1. Выкопировка комплексного процесса обработки воздуха в холодный период года в прямоточной СКВ с применением рециркуляционной воды.

2.1. Наружный воздух т. Н с параметрами $\varphi_н$ = 60%, $I_н$ = 54 кДж/кг через воздухозаборную шахту подается в воздухоохладитель, где происходит сухое охлаждение с осушением воздуха до t_0 = 6,5°С. Реализуемый процесс в воздухоохладителе – ломаная линия НРО.

НР – сухое охлаждение до $t_р$ = 16,2 °С.

РО – процесс охлаждения ниже точки росы, сопровождается выпадением конденсата на поверхности воздухоохладителя. Охлаждение воздуха сопровождается его осушкой.

т. Р ($I_р$ = 45 кДж/кг; $d_р$ = $d_н$ = 11,5 г/кг; $t_р$ = 16,2; φ = 100 %)

т. О ($I_о$ = 21,5 кДж/кг; $d_о$ = 6 г/кг; t = 6,5 °С; φ = 100 %)

2.2. Осушенный и охлажденный воздух подается в воздухонагреватель, где нагревается до t =17°С.

ОП’ – подогрев воздуха в воздухонагревателе.

т. П’ ($I_{п'}$ = 32 кДж/кг; t = 17 °С; φ = 50%; $d_{п'}$ = do = 6 г/кг).

2.3. Каждая секция КД, в которой происходит обработка воздуха соединяется с соседней при помощи соединительных секций (секций обслуживания).

2.4. Обработанный в КД воздух вентилятором подается в сеть магистральных и приточных воздуховодов, на этом пути происходит дополнительный подогрев воздуха на 1°С.

П’П – процесс дополнительного прогрева в вентиляторе и воздуховодах.

2.5. Приточный воздух параметров т. П ($t_п$ = 18 °С; $φ_п$ = 52%; $d_п$ = 6 г/кг; I = 33 кДж/кг) подается в помещение на высоте 2,5 - 4 м от пола (т.к. $t_в$ – $t_п$ = 22 – 18 = 4, Δ $t_{доп}$ = 4°С), в помещении происходит процесс ассимиляции тепла и влаги.

ПВУ – процесс ассимиляции тепла и влаги в помещении.

точка В – параметры внутреннего воздуха ($φ_в$ = 50%; $I_в$ = 42%; $t_в$ = 22°С; d = 8 г/кг)

точка У – параметры удаляемого воздуха из помещения через воздухозаборные отверстия ($φ_у$ = 52%; $I_у$ = 44%; $t_у$ = 23°С; $d_у$ = 8,1 г/кг).

Схема компоновки секций центрального кондиционера для реализации данной последовательности обработки воздуха.

3.1. Воздухозаборная шахта.

3.2. Воздухонагреватель.

3.3. Секция обслуживания.

3.4. Воздухонагреватель.

3.5. Секция обслуживания.

3.6. Вентилятор.

3.7. Магистральный воздуховод.

3.8. Приточные воздуховоды с воздухораспределителями.

4. Температура приточного воздуха определяется по следующей формуле:

$$t_п = t_в - Δt_{доп} \qquad (5.1)$$

$t_п$, $t_в$ – даны по заданию; $\Delta t_{доп}$ = 4 °С.

Если допустимый перепад температур $\Delta t_{доп}$ лежит в пределах 4÷6°С, то схема воздухораспределения расположена на высоте 2,5÷4 м от пола.

5. Производительность промышленных секционных кондиционеров определяется по условию удаления полной теплоты:

5.1. $$G = \frac{3{,}6 \cdot \Sigma Q_П}{I_Н - I_О}, кг/ч \quad (5.2)$$

$\sum Q_П$ – поток полной теплоты, кДж/кг определяется при помощи величины углового коэффициента (луча процесса) ε.

5.2. $$\varepsilon = \frac{3{,}6 \Sigma Qn}{\Sigma W} \quad (5.3)$$

W – расход влаги в помещении, кг/ч

5.3. $W = G_п \cdot (d_у - d_п) \cdot 10^{-3}$, кг/ч.

Величина луча процесса определяется по I-d диаграмме.

6.1. Расход холода в воздухоохладителе

$Q_{хол} = G_п \cdot (I_н - I_о)$, кДж/ч, кВт. (5.4)

6.2. Расход тепла на подогрев в воздухонагревателе

$Q_т = G_п \cdot (I_{п'} - I_о)$, кДж/ч, кВт. (5.5)

<u>Контрольные вопросы:</u>

1. Маркировка типовых кондиционеров, производительность базовых секций.
2. Определение температуры точки росы на I-d диаграмме влажного воздуха.
3. Определение температуры приточного воздуха, подаваемого в помещение.
4. Устройство, классификация воздухоохладителей.
5. Устройство, классификация воздухонагревателей.

Лабораторная работа №6
по теме №4. Основное оборудование систем кондиционирования воздуха, методы расчета и подбора.

Наименование лабораторно-практической работы: Расчет процессов обработки рециркуляционного воздуха в кондиционере.

Цель работы: Приобретение навыков построения процессов обработки воздуха для СКВ, работающей с одной рециркуляцией, расчет расхода холода на обработку.

Ход работы:

1. Построить процесс обработки воздуха на I-d диаграмме влажного воздуха для прямоточной системы КВ в теплый период года, если параметры внутреннего воздуха $t_в$ = 25°С, $\varphi_в$ = 30%; параметры наружного воздуха $t_н$ = 28,5°С, $I_н$ = 52 кДж/кг. Теплоизбытки в помещении составляют 45000 Вт, влагоизбытки 10 кг/ч. Приточный воздух подается непосредственно в рабочую зону. Расход наружного воздуха принять равным $G_н$ = 30000 кг/ч.

2. Определить расход холода для СКВ, работающей с одной рециркуляцией в сравнении с расходом холода без рециркуляции.

3. К выполненному заданию приложить выкопировку комплексного процесса обработки воздуха на I-d диаграмме.

Методические указания.

1. Для расчета расход холода в СКВ для обработки воздуха необходимо выполнить построение на I-d диаграмме комплексного процесса обработки воздуха. При построении исходными данными являются: заданные параметры воздуха в помещении для теплого периода года, расчетные параметры наружного воздуха.

Последовательность построения комплексного процесса обработки воздуха:

1.1. Определение числового значения углового коэффициента луча процесса ε

$$\varepsilon = \frac{3{,}6\Sigma Qn}{\Sigma W} \qquad (6.1)$$

1.2. Определение положения точек В и Н, характеризующих параметры внутреннего и наружного воздуха.

1.3. Через точку В параметров внутреннего воздуха провести луч процесса.

1.4. Определение положения точки П – параметров приточного воздуха.

$$t_п = t_в - \Delta t_{доп} \qquad (6.2)$$

где $\Delta t_{доп}$ - допустима разность температур; при условии подачи приточного воздуха непосредственно в рабочую зону $\Delta t_{доп}$ = 2°С. Точка П расположена на пересечении изотермы $t_п$ с лучом процесса.

1.5. Определение положения т. О, характеризующей параметры воздуха на выходе из КО на пересечении $d_п$ и φ = 90÷95%.

1.6. Определение положения точки П’ состояния воздуха на выходе из ВН второго подогрева. Для этого откладывается отрезок вертикально вниз по $d_п$ = const от т. П на 1,5÷2°С.

1.7. Соединение базовых точек Н, О, П’, П, В.

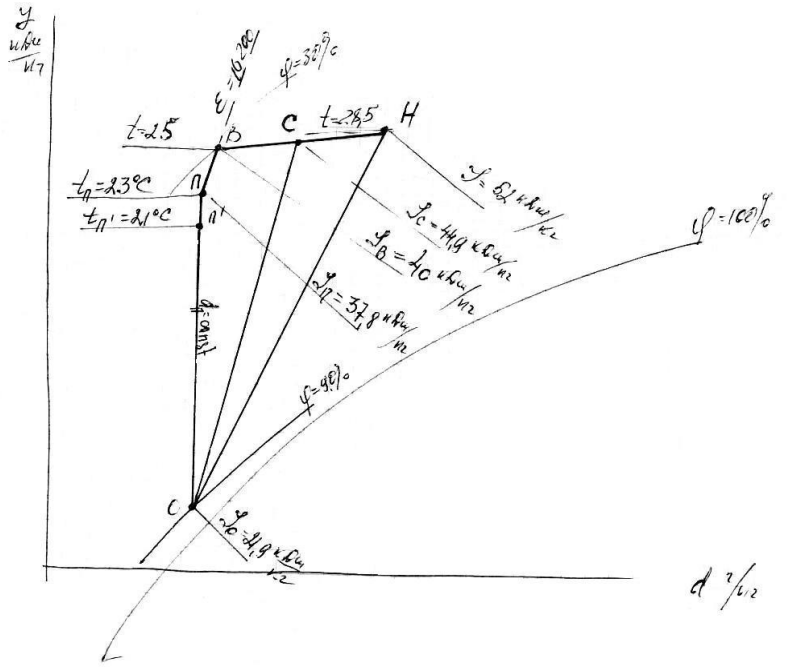

Рис. 6.1. Выкопировка комплексного процесса обработки воздуха в теплый период года в СКВ с применением первой рециркуляцией воздуха.

1.8. Определение положения точки С – состояние смешанного воздуха. Точка С находится на прямой АВ при пересечении с изоэнтальпой I_c

$$I_c = \frac{G_H \cdot I_H + G_{p1} \cdot I_B}{G}, \text{ кДж/кг} \qquad (6.3)$$

$$G = \frac{3{,}6 Q_П}{I_B - I_П}, \text{ кг/ч} \qquad (6.4)$$

$$G_{p1} = (G - G_н), \text{ кг/ч} \qquad (6.5)$$

2.1. Определение расхода холода при рециркуляции

$$Q_{хол}^{рец} = G \cdot (I_c - I_o), \text{кДж/ч} \qquad (6.6)$$

2.2. Определение расхода холода без рециркуляции

$$Q_{хол} = G \cdot (I_н - I_o), \text{ кДж/ч} \qquad (6.7)$$

<u>Контрольные вопросы:</u>

1. Описать последовательность тепловлажностной обработки воздуха данного задания.
2. Определить последовательность компоновки секций КД для данной обработки воздуха.
3. Описать второй способ определения параметров смешанного воздуха посредством количества смешиваемых масс воздуха.
4. Описать устройство поверхностного воздухонагревателя.

Лабораторная работа №7
по теме №4. Основное оборудование систем кондиционирования воздуха, методы расчета и подбора.

Наименование лабораторно-практической работы: Расчет процессов обработки рециркуляционного воздуха в кондиционере с первой и второй рециркуляцией.

Цель работы: Приобретение навыков в выборе способа обработки воздуха при применении рециркуляции.

Ход работы:

1. Определить возможность подмешивания рециркуляционного воздуха перед воздухонагревателем первой ступени в СКВ в холодный период года при следующих исходных данных:

расчетные параметры наружного воздуха: $t_н$ = -27°С, $I_н$ = -27 кДж/кг, $d_н$ = 0,1 г/кг;

расчетные параметры внутреннего воздуха: $t_в$ = 18°С, $\varphi_в$ = 40%,;

температура удаляемого воздуха $t_у$ = 22°С;

расход приточного воздуха – 40000 кг/ч;

количество рециркуляционного воздуха – 26000 кг/ч;

полные тепловыделения в помещении – 120000 Вт,

влаговыделения – 25 кг/ч.

2. К выполненному заданию приложить выкопировку комплексного процесса обработки воздухообмена на I-d диаграмме.

Методические указания.

В схеме СКВ с первой рециркуляцией для холодного периода возможны два варианта:

1 вариант – смешение наружного и рециркуляционного воздуха производят до первого воздухоподогревателя.

2 вариант – смешивание наружного и рециркуляционного воздуха производят после первого воздухоподогревателя.

По первому варианту предполагается следующий порядок построения обработки воздуха по I-d диаграмме:

- Определение положения т. Н, В, У, П, О.

- Определение положения т. С (состояние воздуха после смешивания наружного воздуха и рециркуляционного).

Точка Н и У соединяется прямой. Отрезок НУ характеризует процесс смешивания рециркуляционного и наружного воздуха. Точка С находится на прямой НУ (на пересечении с I_c). I_c определяют по уравнению:

$$I_c = \frac{G_н \cdot I_н + G_{p1} I_y}{G_c} \qquad (7.1)$$

Величину G'_{p1} – расход воздуха первой рециркуляции определяют:

$$G_{p1} = G - G_н \qquad (7.2)$$

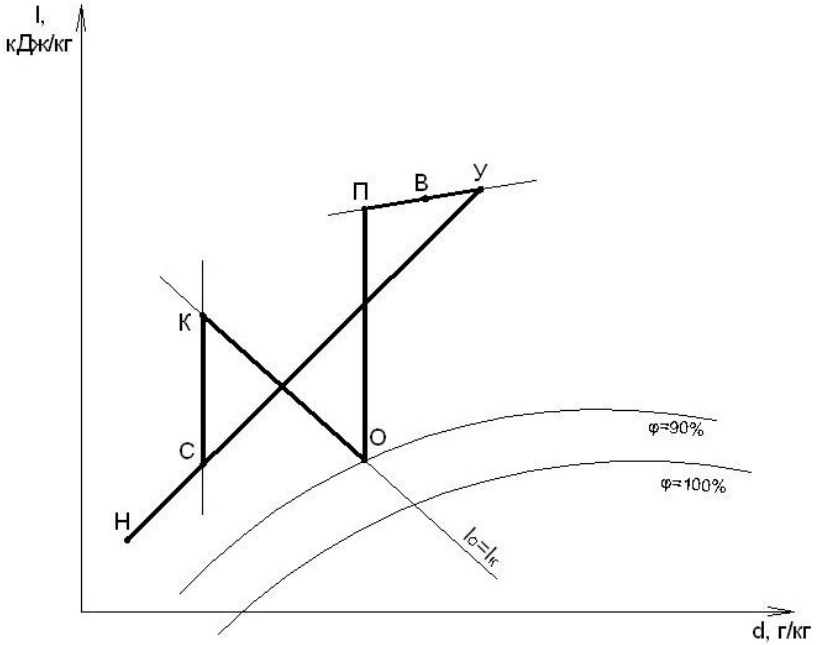

Рис. 7.1. Выкопировка комплексного процесса обработки воздуха в холодный период года в СКВ с применением рециркуляции воздуха.

- Определение положения точки К, характеризующей состояние воздуха на выходе из первого воздухонагревателя, находящегося на пресечении линии d_c с изоэнтальпой I_o.

Таким образом построены следующие процессы обработки воздуха:

- НУ – смешивание наружного и рециркуляционного воздуха;

- СК – нагрев смешанного воздуха воздухонагревателем первой ступени;

- КО – обработка воздуха в оросительной камере;

- ОП – нагрев воздуха воздухонагревателем второй ступени;

- ПВУ – процесс изменения состояния воздуха в помещении.

По второму варианту предлагается следующий порядок построения процессов по I-d диаграмме:

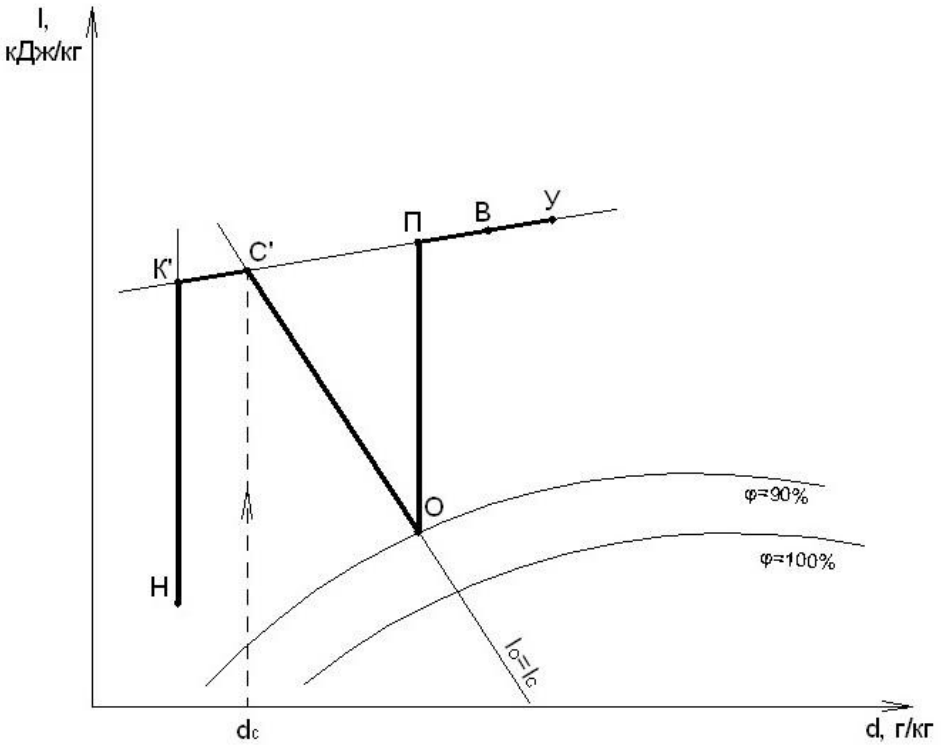

Рис. 7.2 Выкопировка комплексного процесса обработки воздуха в холодный период года в СКВ с применением рециркуляции воздуха.

- Определение положения точек Н, В, У, П, О;

- Определение положения точки С расположенной на пересечении изоэнтальпы I_o с линией d_c вычисляется из уравнения (состояние воздуха после смешивания наружного воздуха, прошедшего нагрев в первом воздухонагревателе с воздухом из помещения),:

$$d_c = \frac{G_н \cdot I_н + G_{p1} d_y}{G} \qquad (7.3)$$

- Определение положения точки К, характеризующей состояние воздуха на выходе из первого воздухоподогревателя (находится на пересечении линии $d_н$ - влагосодержание наружного воздуха, с продолжением прямой I_c).

Таким образом, построены следующие процессы обработки воздуха:

- НК – процесс нагрева наружного воздуха в первом ВН;
- КУ – процесс смешивания нагретого наружного и рециркуляционного воздуха;
- СО – процесс адиабатического увлажнения воздуха в оросительной камере;
- ПВУ – процесс в помещении.

Контрольные вопросы:

1. Описать условия реализации адиабатического увлажнения воздуха в камере орошения.
2. Классификация и устройство поверхностных воздухонагревателей.
3. Как определить температуру воды для увлажнения воздуха в камере орошения.
4. Опишите состояние насыщенного воздуха.

Лабораторная работа №8
по тема №4. Основное оборудование систем кондиционирования воздуха, методы расчета и подбора.

Наименование лабораторно-практической работы: Расчет и подбор секций подогрева.

Цель работы: Приобретение навыков в расчете и подборе воздухонагревателя второго подогрева.

Задание: Выполнить поверочный расчет воздухонагревателя второго подогрева для холодного периода года по предложенной схеме процессов кондиционирования воздуха, если расход приточного воздуха составляет $G_п$ = 40825 кг/ч; в качестве теплоносителя применяют перегретую воду с параметрами $t_{wн}$ = 150°С, $t_{wк}$ = 70°С.

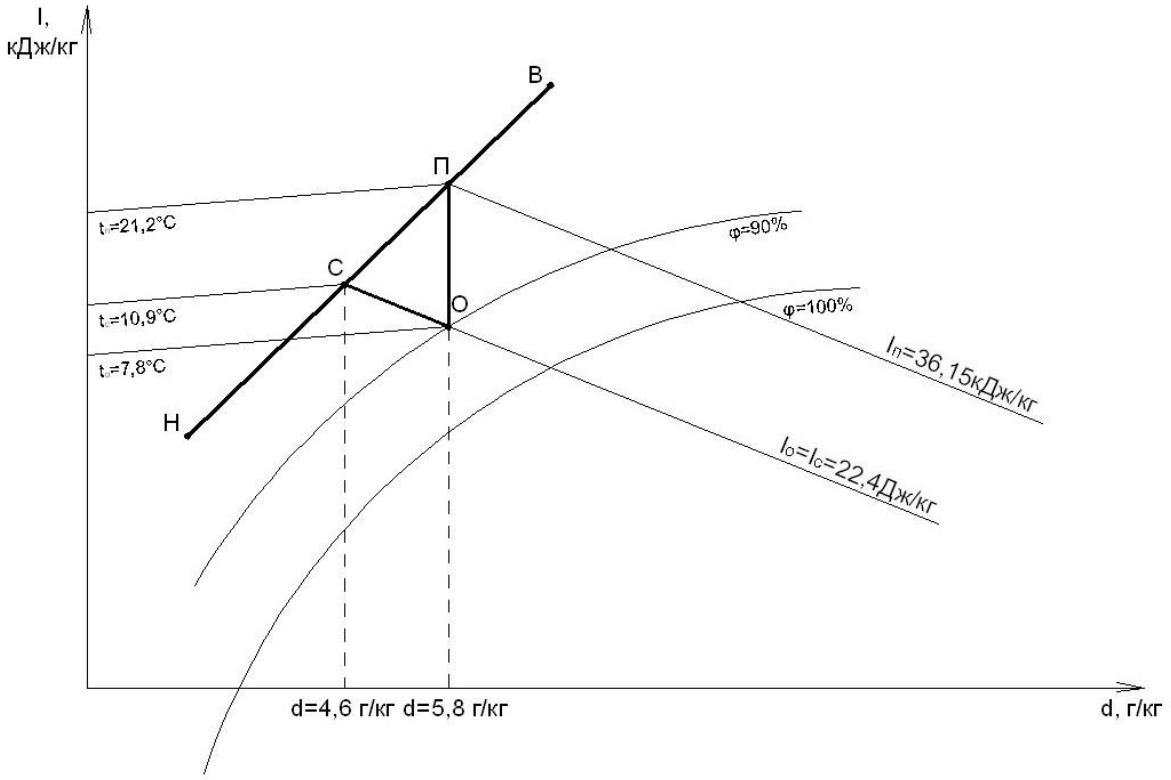

Рис. 8.1. Выкопировка комплексного процесса обработки воздуха в холодный период года в СКВ с применением рециркуляции воздуха.

Ход работы:

1. Согласно табл. прил. 5 принять базовый теплообменник по объемному расходу приточного воздуха

$$G_V = \frac{G_n}{1,2}, м^3/ч \qquad (8.9)$$

2. Расход теплоты для нагрева воздуха

$$Q_B = 0,278 \cdot G_n \cdot (I_П - I_O), Вт \qquad (8.10)$$

3. Расход горячей воды

$$G_W = \frac{3,6 \cdot Q_B}{4,19 \cdot (t_{wн} - t_{wк})}, кг/ч \qquad (8.11)$$

4. Массовая скорость движения воздуха в живом сечении воздухонагревателя

$$\rho V = \frac{G'_{воз}}{3600 \cdot f_{воз}}, кг/м^2 \cdot с \qquad (8.12)$$

5. Скорость движения воды по трубам воздухонагревателя

$$W = \frac{G_w}{\rho_w \cdot f_w \cdot 3600}, м/с \qquad (8.13)$$

6. Коэффициенты теплопередачи

$$K = a \cdot (\rho \cdot V)^q \cdot W^r, Вт/м^2 \cdot K \qquad (8.14)$$

численное значение коэффициентов a, q, k выбирается из табл. 8.1. с учетом количества рядов теплообменника.

7. Средняя скорость температур между теплоносителями

$$\Delta t_{ср} = \frac{t_{wн} + t_{wк}}{2} - \frac{t_н + t_к}{2}, ^\circ C \qquad (8.15)$$

8. Требуемая площадь теплообменника

$$F_p = \frac{Q_{воз}}{K \cdot \Delta t_{ср}}, м^2 \qquad (8.16)$$

9. Проверка условия соответствия $F_р$, $F_{тр}$.

$$\frac{F_P - F_{TP}}{F_{TP}} \cdot 100\% \le 15\% \qquad (8.17)$$

Методические указания:

Расчет воздухонагревателя осуществляется для холодного и теплого периода года. Отдельно производится расчет воздухонагревателей первого и второго подогрева.

Целью расчета воздухонагревателя является определение режима работы требуемой и располагаемой поверхностей теплоотдачи.

Исходными данными для расчета являются:

- Массовый расход воздуха через воздухонагреватель $G_{воз}$, кг/ч;

- Начальная и конечная температура воздуха, °С;

- Начальная и конечная температура теплоносителя (перегретой воды),°С.

При поверочном расчете задаются типом и числом базовых воздухонагревателей исходя из марки кондиционера по таблице приложения 5, т.е. вначале принимают стандартную компоновку, а расчетом ее уточняют.

При расчете вычисляют:

- Теплоту, необходимую для нагрева воздуха, Вт

$$Q_{воз} = 0{,}278 \cdot G_п \cdot c \cdot (t_к - t_н) \qquad (8.1)$$

с - удельная теплоемкость воздуха с = 1 кДж/кг·К

- Расход горячей воды:

$$G_w = \frac{3{,}6 Q_{воз}}{4{,}19 \cdot (t_{wн} - t_{wк})} = 0{,}859 \frac{Q_{воз}}{(t_{wн} - t_{wк})} кг/ч \qquad (8.2)$$

- Коэффициент теплопередачи

$$К = a \cdot (\rho \cdot V)^q \cdot W^r, \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К} \qquad (8.3)$$

a,q,k – коэффициенты, их численные значения приведены в Табл. 8.1.

Расчетные коэффициенты Табл.8.1.

Количество рядов теплообменника	a	q	r	b	m
1	28,0	0,448	0,129	4,16	1,707
1,5	25,3	0,470	0,087	3,92	1,761
2	25,5	0,485	0,127	0,94	1,716

В зависимости от марки кондиционера выбирают число и тип базовых теплообменников (табл. прил. 5) для которых вычисляют массовую скорость движения воздуха в живом сечении воздухонагревателя

$$\rho V = \frac{G'_{воз}}{3600 \cdot f_{воз}}, кг/м^2 \cdot с \qquad (8.4)$$

$f_{воз}$ - площадь живого сечения для прохода воздуха в воздухонагревателе, м^2.

- Скорость движения горячей воды по трубам теплообменника

$$W = \frac{G_w}{\rho_w \cdot f_w \cdot 3600}, м/с \qquad (8.5)$$

ρ_w - плотность воды при ее средней температуре, кг/м^3;

f_w - площадь сечения для прохода воды (примечание к прил. 5), м^2.

- Среднюю скорость температур между теплоносителями

$$\Delta t_{ср} = \frac{t_{wн} + t_{wк}}{2} - \frac{t_н + t_к}{2}, ^\circ C \qquad (8.6)$$

- Требуемую площадь теплообменника

$$F_p = \frac{Q_{воз}}{K \cdot \Delta t_{ср}}, м^2 \qquad (8.7)$$

При этом необходимо выполнить следующее: между располагаемой поверхностью $F_р$ (предварительно выбранным воздухонагревателем) и требуемой поверхностью $F_{тр}$ запас поверхности теплообменника не должен превышать 15%.

$$\frac{F_P - F_{TP}}{F_{TP}} \cdot 100\% \leq 15\% \quad (8.8)$$

При большем, чем на 15% расхождении величин ($F_р > F_{тр}$) рекомендуют уменьшить скорость движения воды до минимума, равного 0,15 м/с, откорректировать расход воды и ее конечную температуру, а также повторно произвести расчет требуемой поверхности теплообменника.

При наличии двух и более базовых теплообменников на каждой ступени кондиционера выполнить условие (8.8) возможно путем изменения схемы обвязки воздухонагревателя. Снизить $F_р$ можно путем уменьшения рядности теплообменника.

Контрольные вопросы:

1. Описать условия реализации адиабатического увлажнения воздуха в камере орошения.
2. Классификация и устройство поверхностных воздухонагревателей.
3. Как определить температуру воды для увлажнения воздуха в камере орошения.
4. Описать состояние насыщенного воздуха.

Лабораторная работа №9
по теме №4. Основное оборудование систем кондиционирования воздуха, методы расчета и подбора.

Наименование лабораторно-практической работы: Расчет и подбор оросительных камер.

Цель работы: Приобретение навыков в расчете и подборе камеры орошения.

Задание: Выполнить расчет камеры орошения ОКФЗ для теплого периода по предложенной схеме процессов кондиционирования воздуха, если расход приточного воздуха составляет $G_m = 40825$ кг/ч.

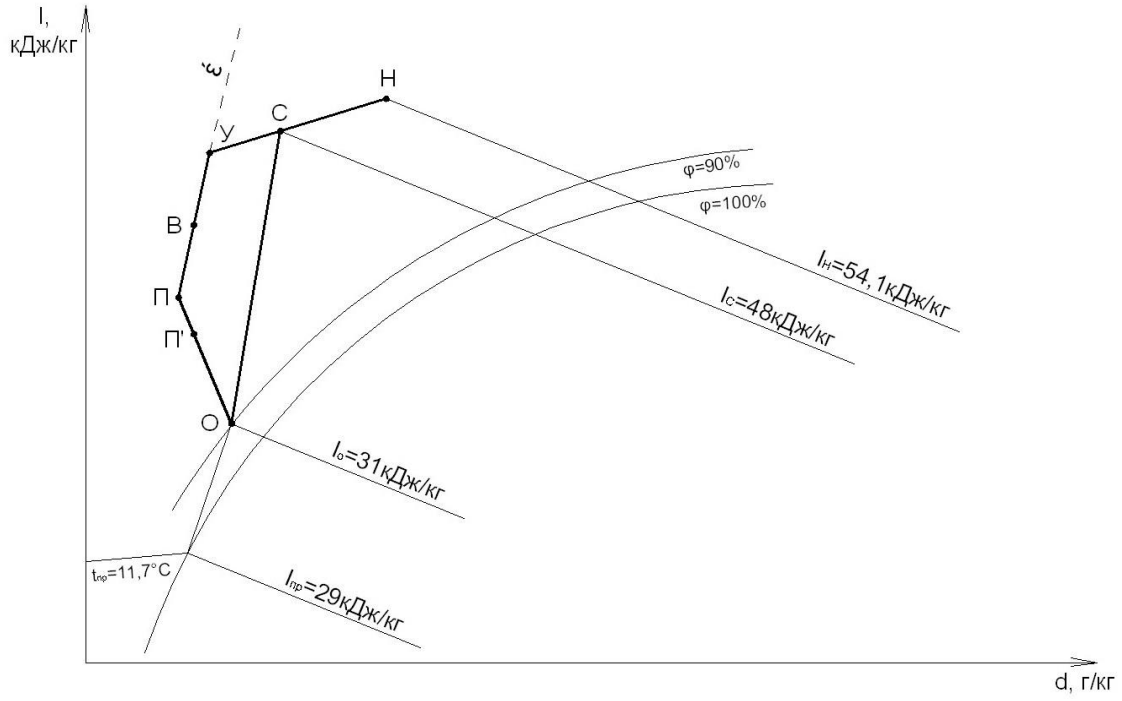

Рис. 9.1. Схема кондиционирования воздуха

Ход работы:

1. Объемная производительность СКВ

$$G_V = \frac{G_m}{1{,}2}, м^3/ч$$

2. В соответствии с приложением 4 принимаем тип камеры, индекс, ее исполнение и общее число форсунок.

3. Определить коэффициент адиабатической эффективности процесса с учетом характеристик луча процесса камеры (отрезок СО по схеме КВ)

$$E_a = \frac{I_1 - I_2}{I_1 - I_{пр}}$$

4. Вычислить коэффициент орошения

$$\mu = \left(\frac{\ln \frac{1}{1 - E_a} - 0{,}15}{A_1} \right)^{\frac{1}{d_1}}$$

a_1, A_1 – коэффициенты, определяемые по табл. 9.1.

5. Используя графическую зависимость $E_a = f(\mu)$ по приложению 4, рис Б определить коэффициент орошения μ и коэффициент приведенной энтальпийной эффективности $E_п$.

6. Определить относительный перепад температур по формуле

$$\theta = 0{,}33 \cdot C_W \cdot \mu \cdot \left(\frac{1}{E_n} - \frac{1}{E_a} \right)$$

7. Температура на входе в камеру

$$t_{W1} = t_{впр} - \frac{\theta \cdot (I_1 - I_2)}{C_W \cdot \mu}, ^\circ C$$

8. Температура на выходе из камеры

$$t_{W2} = t_{W1} + \frac{(I_1 - I_2)}{C_W \cdot \mu}, ^\circ C$$

9. Расход разбрызгиваемой воды

$$G'_w = \mu \cdot G_m$$

10. Расход воды через форсунку

$$g_ф = \frac{G'_W}{n_ф}$$

11. Давление воды перед форсункой выбирать по приложению 4. Рис А

12. Определить расход холодной воды от холодильной станции

$$G_{wx} = \frac{Q_{хол}}{G_w \cdot \left(t_{w_2} - t_{w_1}\right)}, м^3/ч$$

Методические указания:

Целью расчета камеры орошения (КО) являются:

- выбор типа камеры;

- определение режимных параметров (расхода и давления воды перед форсунками, температуры воды на входе и выходе из камеры).

Ниже приведен порядок расчета двухрядных оросительных камер ОКФЗ по методике ВНИИ Кондиционирования.

Тип оросительной камеры определяют с рекомендаций, приведенных в табл. 4. Приложения, производительность КО по воздуху соответствует производительности кондиционера.

Расчет режимных параметров ОКФЗ производят с учетом характеристик луча процесса камеры, при политропической обработке в теплый период года (отрезок СО на схеме процессов кондиционирования воздуха).

Определяют коэффициенты адиабатной эффективности процесса:

$$E_a = \frac{I_1 - I_2}{I_1 - I_{пр}} \qquad (9.1)$$

I_1,I_2 – энтальпия воздуха на входе и выходе из камеры орошения, кДж/ч;

$I_{пр}$ – энтальпия предельного состояния воздуха на I-d диаграмме, кДж/ч, определяется практически как точка пересечения луча процесса обработки воздуха в камере с линией φ = 100%.

Вычисляют коэффициент орошения:

$$\mu = \left(\frac{\ln \frac{1}{1 - E_a} - 0{,}15}{A_1} \right)^{\frac{1}{d_1}} \qquad (9.2)$$

a_1, A_1 – коэффициенты, определяемые по табл. 9.1.

Численные значения коэффициентов a_1, A_1

табл. 9.1.

Производительность ОКФЗ, тыс. м^3/ч	Исполнение	Коэффициенты	
		A_1	a_1
10; 20	2	0,503	1,91
20	1	-	-
63;… 160; 250	2	0,611	1,96
10; 63;… 160; 250	1	0,655	2,02
31,5; 40; 200	2	-	-
31,5; 40; 200	1	0,716	2,07

Коэффициент орошения можно определить из графической зависимости $E_a = f(\mu)$ окончание приложение 4. Рис. Б

Также графическим путем по значению μ находят численное значение коэффициента приведенной энтальпийной эффективности $E_п$ (окончание приложение 4. Рис. Б). Определяют относительный перепад температур воздуха:

$$\theta = 0{,}33 \cdot C_W \cdot \mu \cdot \left(\frac{1}{E_n} - \frac{1}{E_a} \right) \qquad (9.3)$$

C_w – удельная теплоемкость воздуха.

Вычисляют начальную температуру воздуха в камере орошения:

$$t_{W1} = t_{впр} - \frac{\theta \cdot (I_1 - I_2)}{C_W \cdot \mu}, ^\circ C \qquad (9.4)$$

$t_{впр}$ – предельная температура воздуха, определяется графически на I-d диаграмме как температура пересечения луча процесса камеры с линией φ = 100%.

Рассчитывают конечную температуру воды (на выходе из камеры)

$$t_{W2} = t_{W1} + \frac{(I_1 - I_2)}{C_W \cdot \mu}, ^\circ C \qquad (9.5)$$

Определяют расход разбрызгиваемой воды

$$G'_w = \mu \cdot G_m \qquad (9.6)$$

Вычисляют расход воды через форсунку (производительность форсунки)

$$g_ф = \frac{G'_W}{n_ф} \qquad (9.7)$$

Необходимое давление перед форсункой типа ЭШФ 7/10

$$\Delta P_ф = \left(\frac{g_ф}{93{,}4}\right)^{1/49} \qquad (9.8)$$

Давление воды перед форсунками можно определить и графически по известной зависимости (продолжение приложения 4, рис А). Устойчивая работа форсунок соответствует условию 20 кПа ≤ $P_ф$ ≤ 300 кПа.

Если условие не выполняется, принимают другой вариант исполнения АКФЗ (продолжение приложения 4, рис А) или другой режим ее работы.

Расход холодной воды от холодильной станции

$$G_{wx} = \frac{Q_{хол}}{G_w \cdot (t_{w_2} - t_{w_1})}, м^3/ч \qquad (9.9)$$

Приложения

Приложение 4

Справочные данные к расчету ОКФЗ

Таблица

Количество форсунок в оросительных камерах

Индекс	Кондиционер	Исполнение	Количество форсунок в ряду стояков по ходу воздуха		
			первом	втором	всего
01.01304	КТЦЗ-10	1	12	6	18
		2	12	12	24
02.01304	КТЦЗ-20	1	24	18	42
		2	24	24	48
03.01304	КТЦЗ-31,5	1	36	27	63
		2	36	36	72
04.01304	КТЦЗ-40	1	48	36	84
		2	48	48	96
06.01304	КТЦЗ-63	1	81	63	144
		2	81	81	162
08.01304	КТЦЗ-80	1	108	84	192
		2	108	108	216
12.01304	КТЦЗ-125	1	162	126	288
		2	162	162	324
16.01304	КТЦЗ-160	1	216	168	384
		2	216	216	432
20.01305	КТЦЗ-200	1	234	180	414
		2	234	234	468
25.01304	КТЦЗ-250	1	312	240	552
		2	312	312	624

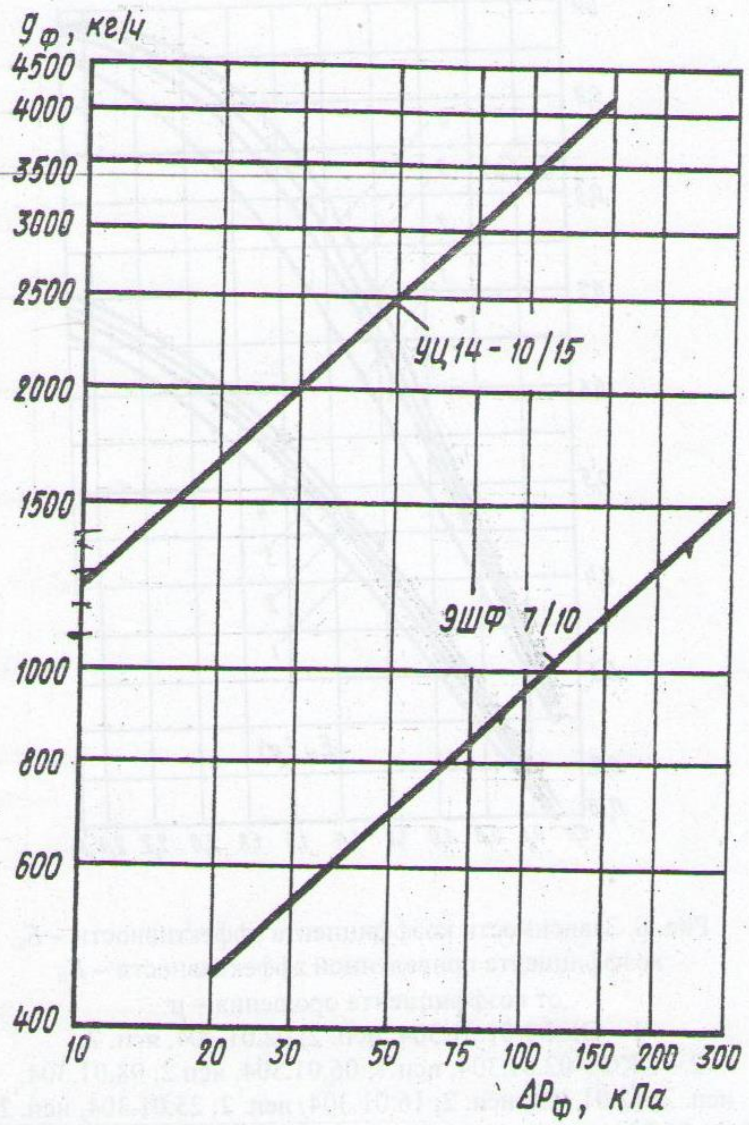

Рис. А. Зависимость производительности механических форсунок – $g_ф$ от давления воды перед форсунками – $\Delta P_ф$

Окончание прил. 4

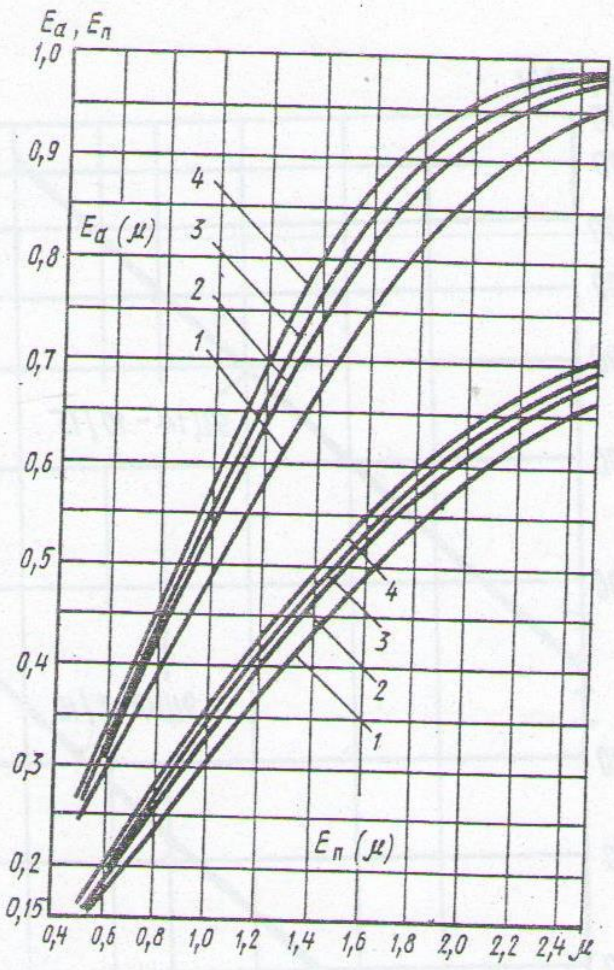

Рис. Б. Зависимости коэффициента эффективности – $E_а$, коэффициента приведенной эффективности – $E_п$ от коэффициента орошения – μ:
1 – ОКФ3-01.01.304, исп. 2; 02.01.304, исп. 2;
2 – ОКФ3-02.01.304, исп.1; 06.01.304. исп.2; 08.01.304. исп. 2; 12.01.304, исп. 2; 16.01.304, исп. 2; 25.01.304, исп. 2;
3 – ОКФ-3-01.01.304, исп. 1; 03.01.304, исп. 1; 06.01.304, исп. 1; 08.01.304, исп. 1; 04.01.304, исп. 1; 12.01.304, исп. 1; 16.01.304, исп. 1; 20.01.304, исп. 1; 25.01.304, исп. 1;
4 – ОКФ3-03.01.304, исп. 1; 04.01.304, исп. 1; 25.01.304, исп. 1

Приложение 5

Технические характеристики воздухонагревателей (без обводного канала)

№ п/п	Тип и индекс кондиционера	Кол-во рядов	Число базовых теплообменников при высоте m				Площадь поверхности $F_р$	Площадь фронтального сечения, м^3
			1,0	1,25	1,50	2,0		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	КТЦ3-10 01.10114	1,0	0	1	0	0	18,40	1,030
2	КТЦ3-10 01.10214	2,0	0	1	0	0	36,80	1,030
3	КТЦ3-20 02.10114	1,0	0	1	0	0	37,30	2,070
4	КТЦ3-20 02.10214	2,0	0	1	0	0	74,60	2,070
5	КТЦ3-31.5 03.10114	1,0	0	0	0	1	60,40	3,315
6	КТЦ3-31.5 03.10214	2,0	0	0	0	1	120,80	3,315
7	КТЦ3-40 04.10114	1,0	0	2	0	0	74,60	4,140
8	КТЦ3-40 04.10214	2,0	0	2	0	0	149,20	4,140
9	КТЦ3-63 06.10114	1,0	0	0	0	2	120,80	6,630
10	КТЦ3-63 06.10214	2,0	0	0	0	2	241,60	6,630
11	КТЦ3-80 08.10114	1,0	0	4	0	0	149,20	8,280
12	КТЦ3-80 08.10214	2,0	0	4	0	0	298,40	8,280
13	КТЦ3-125 12.10114	1,0	0	0	0	4	241,60	13,250
14	КТЦ3-125 12.10214	2,0	0	0	0	4	483,20	13,250
15	КТЦ3-160 16.10114	1,0	0	0	4	2	300,80	16,550
16	КТЦ3-160 16.10214	2,0	0	0	4	2	601,60	16,550
1	2	3	4	5	6	7	8	9
17	КТЦ3-200 20.10114	1,0	0	0	0	6	362,40	19,880
18	КТЦ3-200 20.10214	2,0	0	0	0	6	724,80	19,880
19	КТЦ3-250 25.10114	1,0	0	0	6	3	451,20	24,840
20	КТЦ3-250 25.10214	2,0	0	0	6	3	902,40	24,840
21	КТЦ3-10 01.10314	1,5	0	1	0	0	24,20	1,030
22	КТЦ3-20 02.10314	1,5	0	1	0	0	55,25	2,070
23	КТЦ3-31.5 03.10314	1,5	0	0	0	1	88,70	3,315
24	КТЦ3-40 04.10314	1,5	0	2	0	0	110,50	4,140
25	КТЦ3-63 06.10314	1,5	0	0	0	2	177,40	6,63
26	КТЦ3-80 08.10314	1,5	0	4	0	0	221,00	8,280
27	КТЦ3-125 12.10314	1,5	0	0	0	4	354,80	13,250
28	КТЦ3-160 16.10314	1,5	0	0	4	2	439,40	16,550
29	КТЦ3-200 20.10314	1,5	0	0	0	6	532,20	19,880
30	КТЦ3-250 25.10314	1,5	0	0	6	3	659,10	24,840

Примечание. Площадь сечения для прохода воды принимают равной 0,00148 м – для однорядных (одно-, полутора-, двухметровых), 0,00296 м – для двухрядных (одно-, полутора-, двухметровых) теплообменников и 0,00215 м – для полуторарядного теплообменника.

Приложение 5

Технические характеристики воздухонагревателей (без обводного канала)

№ п/п	Тип и индекс кондиционера	Кол-во рядов	Число базовых теплообменников при высоте m				Площадь поверхности $F_р$	Площадь фронтального сечения, м^3
			1,0	1,25	1,50	2,0		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	КТЦ3-10 01.10114	1,0	0	1	0	0	18,40	1,030
2	КТЦ3-10 01.10214	2,0	0	1	0	0	36,80	1,030
3	КТЦ3-20 02.10114	1,0	0	1	0	0	37,30	2,070
4	КТЦ3-20 02.10214	2,0	0	1	0	0	74,60	2,070
5	КТЦ3-31.5 03.10114	1,0	0	0	0	1	60,40	3,315
6	КТЦ3-31.5 03.10214	2,0	0	0	0	1	120,80	3,315
7	КТЦ3-40 04.10114	1,0	0	2	0	0	74,60	4,140
8	КТЦ3-40 04.10214	2,0	0	2	0	0	149,20	4,140
9	КТЦ3-63 06.10114	1,0	0	0	0	2	120,80	6,630
10	КТЦ3-63 06.10214	2,0	0	0	0	2	241,60	6,630
11	КТЦ3-80 08.10114	1,0	0	4	0	0	149,20	8,280
12	КТЦ3-80 08.10214	2,0	0	4	0	0	298,40	8,280
13	КТЦ3-125 12.10114	1,0	0	0	0	4	241,60	13,250
14	КТЦ3-125 12.10214	2,0	0	0	0	4	483,20	13,250
15	КТЦ3-160 16.10114	1,0	0	0	4	2	300,80	16,550
16	КТЦ3-160 16.10214	2,0	0	0	4	2	601,60	16,550
1	2	3	4	5	6	7	8	9
17	КТЦ3-200 20.10114	1,0	0	0	0	6	362,40	19,880
18	КТЦ3-200 20.10214	2,0	0	0	0	6	724,80	19,880
19	КТЦ3-250 25.10114	1,0	0	0	6	3	451,20	24,840
20	КТЦ3-250 25.10214	2,0	0	0	6	3	902,40	24,840
21	КТЦ3-10 01.10314	1,5	0	1	0	0	24,20	1,030
22	КТЦ3-20 02.10314	1,5	0	1	0	0	55,25	2,070
23	КТЦ3-31.5 03.10314	1,5	0	0	0	1	88,70	3,315
24	КТЦ3-40 04.10314	1,5	0	2	0	0	110,50	4,140
25	КТЦ3-63 06.10314	1,5	0	0	0	2	177,40	6,63
26	КТЦ3-80 08.10314	1,5	0	4	0	0	221,00	8,280
27	КТЦ3-125 12.10314	1,5	0	0	0	4	354,80	13,250
28	КТЦ3-160 16.10314	1,5	0	0	4	2	439,40	16,550
29	КТЦ3-200 20.10314	1,5	0	0	0	6	532,20	19,880
30	КТЦ3-250 25.10314	1,5	0	0	6	3	659,10	24,840

Примечание. Площадь сечения для прохода воды принимают равной 0,00148 м – для однорядных (одно-, полутора-, двухметровых), 0,00296 м – для двухрядных (одно-, полутора-, двухметровых) теплообменников и 0,00215 м – для полуторарядного теплообменни-

Таблица .1

Численные значения коэффициентов A_1, α_1

Производительность ОКФ3, тыс. м^3/ч	Исполнение	Коэффициенты	
		A_1	α_1
10; 20	2	0,503	1,91
20	1		
63…160; 250	2	0,611	1,96
10; 63…160; 250	1	0,655	2,02
31,5; 40; 200	2		
31,5; 40; 200	1	0,716	2,07

Список литературы

1. Аверкин А.Г. «Примеры и задачи по курсу «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение»: Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2003 г.
2. Ладыженский Р.М. «Кондиционирование воздуха» учебник для ВУЗов: Москва, 1992 г.
3. Меклер В.Я. Промышленная вентиляция и кондиционирование воздуха учебник для тех-ов: Москва «Стройиздат», 2004 г.
4. Петров Ю.С. «Вентиляция и кондиционирование воздуха» учебник: Ленинград «Судостроение», 2004 г.
5. СНиП ПМР 41-01-2011 Отопление, вентиляция и кондиционирование.
6. СанПиН МЗиСЗ ПМР 2.2.4.548-06 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
7. СанПиН МЗиСЗ ПМР 2.2.1.1312-07 «Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных объектов».