

Введение

Область применения кондиционирования в настоящее время очень широка, и для описания всех ее технических приложений, даже в кратком виде, потребуется большая работа. В данном учебном пособии не ставилась цель дать подробное изложение всех вопросов, которые входят в общий курс кондиционирования для строительных и технических специальностей вуза, так как многие разделы этой дисциплины выделены в настоящее время в отдельные курсы.

Настоящее учебное пособие является расширенным курсом лекций, которые читаются в Оренбургском государственном университете.

1. Общие понятия

Кондиционирование воздуха — это автоматическое поддержание в закрытых помещениях всех или отдельных параметров воздуха — температуры, относительной влажности, чистоты, скорости, движения и качества воздуха — для обеспечения оптимальных метеорологических условий благоприятных для самочувствия людей, ведения технологического процесса, обеспечения сохранности ценностей [1].

Чем кондиционирование отличается от вентиляции?

Вентиляция — это обмен воздуха в помещениях для удаления избытков теплоты, влаги с целью обеспечения допустимого микроклимата и качества воздуха в обслуживаемой и рабочей зоне при средней необеспеченности 400 ч/год при круглосуточной работе и 300 ч/год при односменной работе в дневное время [1].

Система вентиляции отличается от системы кондиционирования целью создания, т. е. назначением:

- назначение вентиляции — это организация воздухообмена (приток/вытяжка) для ассимиляции вредных веществ и поддержания допустимых условий микроклимата — обязательно обеспечивается количество воздуха;
- назначение системы кондиционирования — это автоматическое поддержание одного или всех параметров внутреннего воздуха на заданном уровне для обеспечения оптимальных условий микроклимата — обязательно обеспечивается качество воздуха.

Так как обе эти системы обеспечивают воздушный комфорт, то практически всегда они связаны между собой и представляют единое целое, но при этом система кондиционирования всегда представляет из себя технически более сложную систему.

Исключение составляет воздухоохлаждение в сплит-системах.

Параметры систем кондиционирования воздуха:

- 1) температура воздуха по сухому термометру t , °С;
- 2) относительная влажность воздуха, %;

- 3) подвижность воздуха, м/с;
- 4) влагосодержание d , г_{вл}/кг_{сух. в};
- 5) энтальпия I , кДж/кг;
- 6) температура теплоносителя:
 - температура подачи T_1 , °С;
 - температура обратной воды T_2 , °С;
- 7) температура холодоносителя:
 - температура подачи X_1 , °С;
 - температура обратной воды X_2 , °С;
 - температура в рециркуляции X_p , °С.

**Факторы, определяющие
внутренние условия кондиционирования
воздуха внутренних помещений**

Параметры воздуха в помещении могут быть оптимальными и допустимыми.

Основные численные значения температуры, относительной влажности и подвижности воздуха для различных периодов года:

- допустимые параметры:

а) в холодный и переходный периоды года (далее — *ХП* и *ПП*):

$$18 < t_n < 22, \text{ °С};$$

б) в теплый период года (далее — *ТП*):

$$t_n = t_n + 3 \leq 33, \text{ °С};$$

- оптимальные параметры:

а) в холодный и переходный периоды года:

$$20 < t_n < 22 \text{ (} 22 < t_n < 24 \text{)}, \text{ °С};$$

б) в теплый период года:

$$22 < t_n < 24, \text{ °С}.$$

В случае невозможности поддержания допустимых параметров, по требованиям заказчиков или техническим требованиям, поддерживают оптимальные параметры. В таких случаях в *ТП* воздух должен быть охлажден или осушен перед подачей в помещение. В *ХП* можно достигать требуемой температуры с помощью систем вентиляции, изменяя

величину нагрева наружного воздуха в воздухонагревателе вне зависимости от тепловыделений в помещении. При этом поддержание относительной влажности не представляется возможным. В таких случаях необходимо применять системы кондиционирования воздуха.

Система кондиционирования воздуха (далее — СКВ) — это комплекс технических средств для тепловлажностной обработки воздуха, а также изменения других характеристик, его количества, перемещения по каналам и воздуховодам, распространения в помещении, приготовления теплоты и холода, средств автоматизации и дистанционного управления и контроля.

Аппараты, в которых осуществляется тепловлажностная обработка воздуха и автоматическое регулирование метеорологических параметров в помещении, называются кондиционерами.

Область применения СКВ:

1. Комфортное кондиционирование: для обеспечения комфортных условий труда и отдыха человека или обеспечения оптимальных параметров воздуха в общественных и административных зданиях.

2. Технологическое комфортное кондиционирование: применяется для создания и поддержания по техническим требованиям соответствующих микроклиматических условий, а также достаточно комфортных условий для работников и обслуживающего персонала.

3. Технологическое кондиционирование: для поддержания заданных параметров воздуха в зависимости от технологического процесса, при этом комфортные условия для человека не поддерживаются, т. к. считается, что человек находится в зоне технологического помещения кратковременно [1].

Классификация СКВ

По назначению:

- I-го класса — для обеспечения метеоусловий, которые требуются для технологического процесса при экономическом обосновании или по требованиям нормативной документации;

- II-го класса — для обеспечения метеоусловий в пределах оптимальных, санитарных или технических норм;
- III-го класса — для обеспечения метеоусловий в пределах допустимых норм, если они не могут быть обеспечены системой вентиляции или для промежуточных условий между допустимыми и оптимальными в соответствии с техническим обоснованием.

По сезонности действия:

- сезонного действия;
- круглогодичного действия [1].

Сезонность действия определяется по техническим требованиям или требованиям заказчика.

По регулируемому параметру:

- по температуре t_n , °С;
- по относительной влажности, %;
- по температуре t , °С, и относительной влажности, %.

По схеме обработки воздуха:

- прямоточные — обрабатывается только наружный воздух; применяют, если недопустима рециркуляция;
- с полной рециркуляцией — применяют, если в обслуживаемом помещении отсутствуют вредности;
- с частичной рециркуляцией — обрабатывают смесь наружного и рециркуляционного воздуха, чтобы достичь экономии теплоты зимой и холода летом.

По степени централизации:

- центральные — все оборудование установлено вне обслуживаемого помещения; применяют для больших помещений или для группы помещений с одинаковой тепловлажностной нагрузкой;
- местные:
 - а) автономные — имеют встроенные теплообменники (далее — $ТО$), холодильные машины и т. д.; применяют для небольших помещений, оборудование устанавливают в обслуживаемом помещении;
 - б) неавтономные — требуют подвода тепло- и холодоносителя.
- комбинированные — применяют, если центральные системы не обеспечивают тех или иных параметров воздуха.

По количеству зон обслуживания:

- однозональные — если площадь обслуживаемой зоны меньше 2500 м² и длина зоны меньше 60 м;
- многозональные — если площадь обслуживаемой зоны больше 2500 м² и длина зоны больше 60 м [2].

По регулированию производительности:

- с постоянным расходом воздуха;
- с переменным расходом воздуха.

По количеству каналов, транспортирующих воздух:

- одноканальные;
- двухканальные.

По давлению:

- низкого давления (до 1000 Па);
- среднего давления (от 1000 до 3000 Па);
- высокого давления (более 3000 Па) [2].

По скорости движения воздуха в воздуховоде:

- низкоскоростные (менее 8 м/с);
- высокоскоростные (более 8 м/с).

По способу холодоснабжения:

- с непосредственным испарением хладагента в *ТО*;
- с промежуточным хладагентом.

По способу теплоснабжения:

- непосредственное сжигание топлива в *ТО*;
- с промежуточным теплоносителем.

2. Процессы автоматизации кондиционирования воздуха

В основу большинства *СКВ* положены следующие принципы, которые позволяют автоматизировать процессы тепловлажностной обработки воздуха:

1) разбивка всех систем кондиционирования воздуха на несколько узлов регулирования;

2) независимость регулирования каждого из узлов друг от друга;

3) регулирование узлов *СКВ* по температуре;

4) значение регулируемого параметра принимают постоянным, из-за чего построение схем кондиционирования воздуха основано на двухузловом принципе регулирования.

Задача первого узла регулирования — это зафиксировать влажосодержание приточного воздуха при постоянных влаговыведениях в помещении и постоянной производительности, тем самым зафиксировав влажосодержание воздуха в помещении.

Задача второго узла регулирования — это поддержание заданной температуры в помещении за счет внесения различного количества теплоты.

Наружный воздух в независимости от помещения обрабатывают так, чтобы значение температуры и относительной влажности были постоянными в любой период года. Для обработки воздуха используется так называемый «мокрый аппарат», в котором происходит процесс тепловлажностной обработки воздуха. Им может использоваться камера орошения (далее — *КО*) или поверхностно-орошаемый воздухоохладитель.

При достаточной подаче воды в *КО* фактически процесс обработки воздуха заканчивается при относительной влажности, равной около 95 % [2].

Первый узел фиксирует параметры наружного воздуха после «мокрого аппарата», тем самым косвенно поддерживая постоянную относительную влажность воздуха в помещении.

Процесс обработки воздуха в *КО* водой с постоянной температурой изображается на *Id*-диаграмме лучами, лежащими в пределах криволинейного треугольника, у которого

одной стороной является кривая насыщения $\varphi = 100 \%$, а двумя другими — касательные к этой кривой. Обработка воздуха может производиться по политропам и адиабатам.

Тепловой и влажностный процесс обработки воздуха происходит в мокрых аппаратах, которыми могут являться камеры орошения и поверхностно орошаемые теплообменники.

Наибольшее распространение получили камеры орошения.

В реальных процессах обработки воздуха его относительная влажность не достигает 100 %. Причиной этого является:

- изменение температуры воды;
- кратковременность контакта воздуха с водой [2].

3. Составление балансов

Отопление поддерживает постоянную температуру без ее снижения в рабочее время. Избытки или недостатки теплоты компенсирует СКВ.

Теплопоступления и теплопотери, которые учитывают в тепловом балансе, представлены в *табл. 1*.

Таблица 1

Тепловой баланс помещения

Период года	Теплопоступления, кДж/ч						Теплопотери, кДж/ч		Итого
	Q_{λ}	$Q_{инс}$	$Q_{об}$	$Q_{сов}$	$Q_{от}$	Σ	$Q_{ок}$	Σ	
ТП	+	+	+	+	-		-	-	$\Sigma Q_{mn} - \Sigma Q_{ок}$
ХП	+	-	+	+	+		+		$\Sigma Q_{mn} - \Sigma Q_{ок}$

Расход воздуха по теплоте, кг/ч:

$$G_Q = \frac{Q_{mn}}{I_n - I_{\epsilon}}. \quad (1)$$

Расход воздуха по влаге, кг/ч:

$$G_w = \frac{W_{mn}}{d_n - d_{\epsilon}}. \quad (2)$$

Расход воздуха по углекислому газу CO_2 , кг/ч:

$$G_{CO_2} = \rho \cdot \frac{B_{CO_2}}{C_{ПДК} - C_{НАР}}. \quad (3)$$

где ρ — плотность воздуха, кг/м³;

B_{CO_2} — концентрация углекислого газа в помещении, л/ч;

$C_{ПДК}$ — предельно допустимая концентрация углекислого газа, л/м³;

$C_{НАР}$ — концентрация углекислого газа в наружном воздухе, л/м³.

Сравниваем все расходы и выбираем расчетный расход $G_{расч}$.

4. Центральная СКВ, работающая на наружном воздухе ЦН-1

4.1. Применение СКВ ЦН-1

СКВ ЦН-1 применяют для помещений, в которых круглогодично поддерживают два параметра воздуха (например, температура t и относительная влажность φ) при постоянном расходе и отсутствии рециркуляции. Расчетным является теплый период года. Расчетный период года характеризуют максимальными теплоступлениями при параметрах наружного воздуха, которые соответствуют классу кондиционирования [2].

Расчетные параметры наружного воздуха для жилых, общественных, административно-бытовых, а также производственных помещений в теплый и холодный периоды года принимают по параметрам B , а в переходный период года $t_n = +10$ °С, $I_n = 26,5$ кДж/кг.

Параметры наружного воздуха для зданий сельскохозяйственного назначения, если они не установлены специальными строительными или технологическими нормами, принимают по параметрам A в теплый и холодный периоды года.

По заданию на проектирование допустимо принимать параметры наружного воздуха более низкие в холодный период года и более высокие в теплый период, чем расчетные параметры наружного воздуха по СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

4.2. Построение процессов в Id -диаграмме

4.2.1. Построения в теплый период года

Исходные данные для $ТП$:

- 1) Q_n^{mn} — расчетная тепловая нагрузка помещения в $ТП$, кДж/ч;
- 2) W_n^{mn} — расчетные влаговыведения в помещении в $ТП$, г/ч;
- 3) t_n^{mn} — температура наружного воздуха, °С;

- 4) φ_n^{mn} — влажность наружного воздуха, %;
- 5) I_n^{mn} — энтальпия наружного воздуха, кДж/кг;
- 6) t_n — температура расчетного помещения, °С;
- 7) φ_n — относительная влажность расчетного помещения, %.

Построения будем проводить для частного случая, при котором параметры помещения в *ТП* и *ХП* остаются постоянными.

1. Строим точку наружного воздуха *H* и точку помещения *П*.

2. Определяем луч процесса:

$$\varepsilon^{mn} = \frac{Q_n^{mn}}{W_n^{mn}}. \quad (4)$$

в) Из точки *П* строим луч процесса ε^{mn} по приращению и определяем точку *КО* с учетом $\Delta t_e = 1$ °С.

г) Соединяем точку *H* с точкой *КО*.

Для нахождения параметров воздуха за камерой орошения мы должны продолжить луч процесса ε^{mn} до пересечения с $\varphi = 100$ %. В результате получим точку *КО'*, которой соответствует теоретическое состояние воздуха за *КО*. Параметрам приточного воздуха будет соответствовать точка вентилятора *B*, которая будет лежать на луче процесса ε^{mn} .

Желательно, чтобы точка вентилятора *B* находилась на максимальном расстоянии точки *П*, т. к. в этом случае требуется наименьшее количество приточного воздуха [2].

Если мы соединим параметры наружного воздуха с точкой *КО*, то получим политропный процесс охлаждения и осушения наружного воздуха, который происходит в *КО*. Конечные параметры процесса соответствуют точке *КО*. Затем идет нагрев в вентиляторе, и с этими параметрами воздух подают в помещение, где он ассимилирует теплоту и влагу, принимая параметры точки *П* [2].

4.2.2. Построения в холодный период года

Построения процесса в *Id*-диаграмме производим для частного случая, принимая, что параметры помещения в *ХП* и *ТП* совпадают.

Исходные данные для ХП:

- 1) Q_n^{xn} — расчетная тепловая нагрузка помещения в ХП, кДж/ч;
- 2) W_n^{xn} — расчетные влаговыделения в помещении в ХП, г/ч;
- 3) t_n^{xn} — температура наружного воздуха, °С;
- 4) φ_n^{xn} — влажность наружного воздуха, %;
- 5) I_n^{xn} — энтальпия наружного воздуха, кДж/кг;
- 6) t_n — температура расчетного помещения, °С;
- 7) φ_n — относительная влажность расчетного помещения, %.

Описание процесса обработки воздуха в ХП:

1. Наружный воздух в ХП поступает в калорифер I-го подогрева. На диаграмме точку калорифера I-го подогрева определяют исходя из того условия, что $I_{K_I} = I_{KO}$, т. к. точка KO фиксируется, и в нашем случае параметры точки KI в ТП и ХП одинаковые.

2. Далее нагретый в калорифере I-го подогрева воздух, попадая в KO адиабатно охлаждается и увлажняется до параметров, которые соответствуют точке KO . В ХП нагрев воздуха в вентиляторе не учитывают.

3. Из KO , пройдя через вентилятор, воздух подают в калорифер II-го подогрева, где нагревают до параметров точки K_{II} . Точку K_{II} определяют из условия, что при нагреве воздуха в поверхностном воздухонагревателе, его влагосодержание остается постоянным, и пересечение линии d_{KO} и ε^n даст точку K_{II} .

4. С параметрами точки K_{II} воздух подают в помещение, где он ассимилирует теплоту и влагу, принимая параметра точки P [3].

К калориферам I-го и II-го подогрева подводится теплоноситель с параметрами $T1$. На трубопроводе обратной воды устанавливают регулирующие клапаны $K1$ и $K3$. Каждый клапан приводят в действие исполнительными механизмами $ИМ1$ и $ИМ3$.

Для поддержания заданных параметров в кондиционируемом помещении при изменении температур наружного

воздуха, т. е. при текущих значениях H' кондиционер оборудуют системой автоматики. Схема имеет два узла регулирования и узел защиты от замораживания. Вопросы защиты от замораживания являются общими для СКВ и систем вентиляции (далее — СВ).

Первый узел работает от терморегулятора $T1$ и поддерживает параметры воздуха за камерой орошения. Это достигают в теплый период года за счет изменения холодопроизводительности KO и в холодный период года за счет изменения теплопроизводительности калорифера I-го подогрева и адиабатного увлажнения в KO .

Второй узел работает от терморегулятора $T2$ и поддерживает в помещении заданную температуру за счет изменения теплопроизводительности калорифера II-го подогрева.

Проанализируем работу первого узла при изменении I_n при переходе от теплого периода к холодному.

Терморегулятор $T1$ устанавливают за вентилятором и настраивают на t_{KO} с учетом поправки $\Delta t_{\theta} = 1$ °С и связан с $ИМ1$ и $ИМ2$. $ИМ2$ воздействует на трехходовой клапан, меняя соотношения количества холодной воды (от чилера) и воды, циркулирующей в KO . $ИМ1$ воздействует на клапан, установленный на трубопроводе обратной воды калорифера I-го подогрева [2].

В теплый период года при уменьшении I'_n терморегулятор $T1$ воздействует на $ИМ2$, постепенно уменьшая количество холодной воды, которая поступает от чилера. Когда I'_n достигнет I_{KO} , поступление холода прекратится, $ИМ2$ достигнет своего крайнего положения и замкнет контакты на $ИМ1$, благодаря чему при дальнейшем понижении I'_n в работу включится $ИМ1$, постепенно увеличивая количество горячей воды через калорифер I-го подогрева. Переход с холодного к теплomu периоду осуществляется в обратной последовательности.

Второй узел регулирования настраивают на температуру помещения. Терморегулятор $T2$ при понижении температуры помещения дает сигнал на исполнительный механизм $ИМ3$ и клапан $K3$, который установлен на трубопроводе обратной воды калорифера II-го подогрева, приоткрывается.

Чем ниже опускается температура помещения, тем больше горячей воды проходит через калорифер II-го подогрева [2].

4.3. Расчетные нагрузки для подбора оборудования

1. Производительность кондиционера, кг/ч:

$$G = \frac{Q_n^{mn}}{I_n - I_e}. \quad (5)$$

Примечание: необходимо проверять величину воздухообмена, сопоставляя ее с воздухообменом по газам и местным отсосам.

2. Производительность холодильной установки (чилера), кДж/ч:

$$|Q_{хол}| = G \cdot (I_n - I_{КО}). \quad (6)$$

3. Расчетная нагрузка на калорифер I-го подогрева, кДж/ч:

$$Q_{K_I} = G \cdot (I_{K_I} - I_n). \quad (7)$$

4. Расчетная нагрузка на калорифер II-го подогрева, кДж/ч:

$$Q_{K_{II}} = G \cdot (I_{K_{II}} - I_{КО}). \quad (8)$$

Примечание: расчетную нагрузку на калорифер II-го подогрева выбирают по минимальным теплоизбыткам помещения.

5. Работа СКВ ЦН-1 в ХП в нерабочее время

Если систему рассчитывают для работы в нерабочее время в ХП, то построение процесса обработки воздуха проводят из следующих соображений.

Рассчитывают $Q_n^{xp(нрв)}$. Данное значение может быть либо положительным, либо отрицательным, а влаговыделения в помещении равны нулю $W_n^{xp(нрв)} = 0$, если нет других источников влаговыделения. Используют зависимость:

$$G \cdot \Delta I_n^{xp(нрв)} = -Q_n^{xp(нрв)}. \quad (9)$$

Знак «-» объясняют следующим:

$$\Delta I_n^{xp(нрв)} = \Delta I_{K_{II}}^{xp(нрв)} - I_n^{xp(нрв)}. \quad (10)$$

Если $I_{K_{II}}^{xp(нрв)} > I_n^{xp(нрв)}$, то в помещении недостаток теплоты (воздух нужно догреть выше температуры помещения, на что и указывает знак «-»).

Если $I_{K_{II}}^{xp(нрв)} < I_n^{xp(нрв)}$, то в помещении теплоизбыток, и выражение (10) станет отрицательным, знаки «-» уходят и в помещении избыток теплоты, что не противоречит физическому смыслу.

Если $I_{K_{II}}^{xp(нрв)} = I_n^{xp(нрв)}$, тогда воздух подают в помещение с параметрами точки калорифера II-го подогрева. Далее из выражения (9) выразим $\Delta I_n^{xp(нрв)}$:

$$\Delta I_n^{xp(нрв)} = \frac{Q_n^{xp(нрв)}}{G}. \quad (11)$$

Затем определим энтальпию калорифера II-го подогрева в ХП

$$I_{K_{II}}^{xp(нрв)} = \Delta I_n^{xp(нрв)} + I_n^{xp(нрв)}. \quad (12)$$

Определим точку калорифера II-го подогрева в нерабочее время на пересечении $I_{K_{II}}^{xp(нрв)}$ и $d_{КО}$.

Определяем $I_{K_{II}}^{xn(npe)}$ по зависимости (12).

Если $\varepsilon = -\infty$, значит в помещении теплонедостаток, следовательно, точка калорифера II-го подогрева K_{II} оказывается выше точки P .

Расчетную нагрузку на калорифер II-го подогрева выбирают как максимальную из двух значений

$$Q_{K_{II}}^{xn} = G \cdot (I_{K_{II}} - I_{\varepsilon}).$$

$$Q_{K_{II}}^{xn(npe)} = G \cdot (I_{K_{II}}^{npe} - I_{\varepsilon}).$$

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru