

## Техническая подготовка инженеров

### Тема: «Регулирование температуры и влажности воздуха в центральных системах кондиционирования зданий»

#### Учебные вопросы:

1. Регулирование температуры и влажности воздуха в приточной однозональной СКВ.
2. Регулирование температуры и влажности воздуха в однозональной СКВ с первой рециркуляцией.

#### 1. Регулирование температуры и влажности воздуха в приточной однозональной СКВ

В системах кондиционирования воздуха (СКВ) применяют качественное и количественное регулирование. При качественном регулировании изменяются параметры приточного воздуха при его постоянном расходе, а при количественном регулировании - параметры приточного воздуха постоянны, а требуемое состояние воздуха в помещении достигается регулированием расхода.

В СКВ современных зданий в основном применяется качественное регулирование температуры и влажности приточного воздуха. Регулирование выполняют системы автоматического регулирования (САР).

Простейшая САР с обратной связью состоит из 5-и основных элементов: объекта регулирования, регулятора, исполнительного механизма, регулирующего органа и датчика.

В технике кондиционирования наиболее часто применяют регулирование температуры приточного воздуха в зависимости от требуемой температуры воздуха в помещении. В этом случае датчик температуры устанавливают в обслуживаемом помещении. А регулятор температуры, воздействуя на подачу тепло - и холодоносителя в теплообменные аппараты центрального кондиционера, поддерживает заданную температуру воздуха.

Регулирование влажности воздуха осуществляют по относительной влажности воздуха в помещении (прямое регулирование) или по температуре точки росы воздуха после камеры орошения центрального кондиционера (косвенное регулирование), а также комбинацией этих методов.

Прямое регулирование относительной влажности осуществляют с помощью регулятора влажности, датчик которого устанавливают в помещении. Регулятор влажности, воздействуя на подачу тепло - и холодоносителя в теплообменные аппараты центрального кондиционера, поддерживает заданную влажность воздуха. САР, основанная на этом методе регулирования, позволяет достаточно точно поддерживать заданную влажность воздуха и при постоянных, и при переменных, влаговыведениях в помещении.

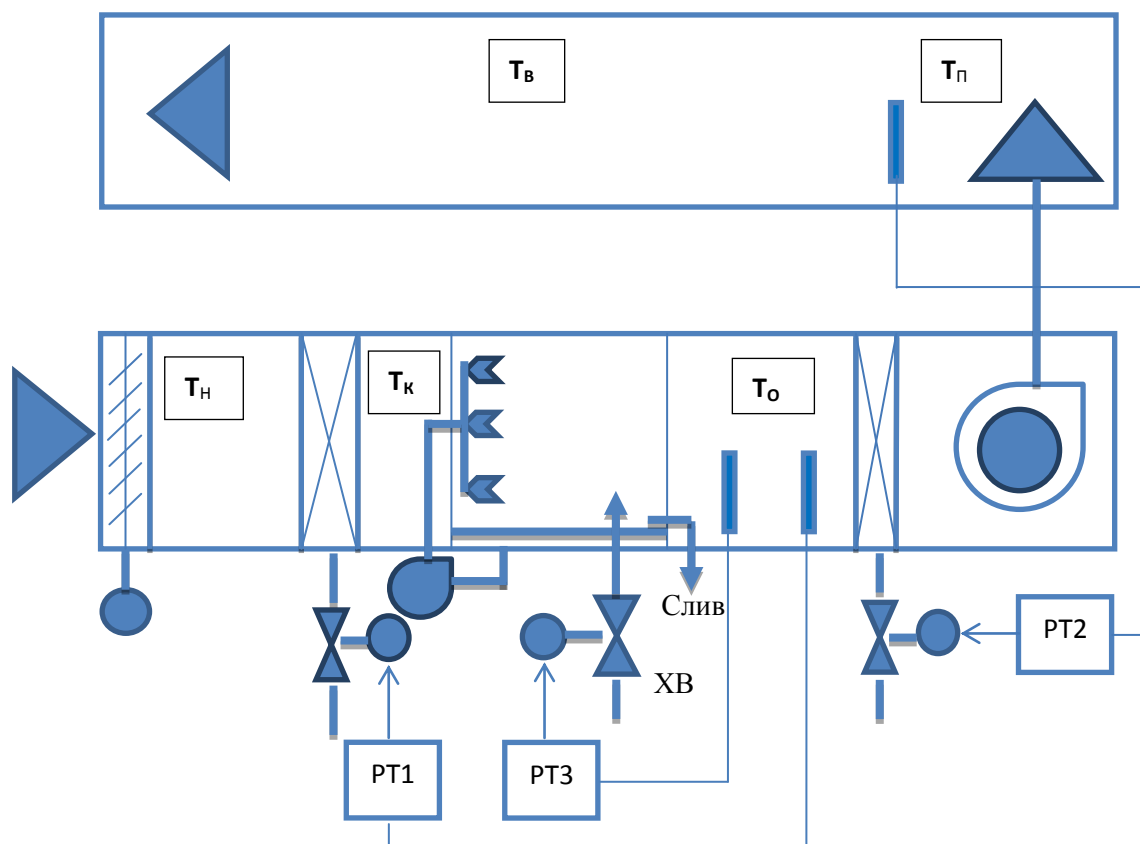
При косвенном регулировании относительная влажность воздуха в помещении устанавливается в зависимости от температуры точки росы приточного воздуха после камеры орошения центрального кондиционера. Воздух доводится в камере орошения до

параметров, близких к температуре точки росы приточного воздуха (см. точку O1 на рис.2). Датчик, установленный после камеры орошения, воспринимает эту температуру, а терморегулятор РТ1, воздействуя на регулирующий клапан подачи теплоносителя в воздухонагреватель первого подогрева, стабилизирует ее, а, следовательно, и влагосодержание приточного воздуха. Терморегулятор РТ2, датчик которого установлен в помещении, воздействуя на воздухонагреватель второго подогрева, обеспечивает нагрев воздуха до температуры приточного воздуха, придавая ему необходимую относительную влажность.

Косвенное регулирование влажности приточного воздуха осуществляется с помощью одних только терморегуляторов. Регулятор влажности при этом отсутствует. Данный метод регулирования благодаря своей простоте нашел широкое применение в СКВ. Но эффективен он только при постоянных влаговыведениях в обслуживаемом помещении.

При комбинированном регулировании относительной влажности воздуха сочетают прямое и косвенное регулирование. Такой метод используют в системах кондиционирования, имеющих в кондиционере обводной канал вокруг камеры орошения, и называют методом оптимальных режимов.

В зависимости от вида СКВ и принятого метода регулирования влажности воздуха область наружного климата разделяют на расчетные зоны, в пределах которых состояние наружного воздуха позволяет кондиционеру работать в одном и том же режиме.



**Рис.1.** Схема приточной однозональной СКВ

Для прямоточной СКВ с регулированием влажности по температуре точки росы воздуха после камеры орошения (см. рис.1) разбивка областей на расчетные зоны происходит следующим образом. В пределах области расчетного наружного климата точка Н1 соответствует расчетному состоянию наружного воздуха в холодный (зимний) период года ( $t_3$ ;  $I_3$ ). Состояние приточного воздуха, которое должен обеспечить кондиционер, ограничено зоной П1П2П3П4. Взаимное положение точки Н1 и зоны П1П2П3П4 на I-d-диаграмме свидетельствует о том, что для получения воздуха с параметрами приточного наружный воздух **нужно нагреть и увлажнить**.

Наиболее экономичным способом увлажнения воздуха в камере орошения (КО) является адиабатный, который и применяют в холодный период года. В результате адиабатного увлажнения в типовых камерах орошения воздух приобретает относительную влажность  $\varphi = 95 \dots 98\%$ . Во многих случаях воздух с такими параметрами не может быть подан в помещения, поэтому после увлажнения в камере орошения воздух нагревают.

Учитывая это, тепловлажностная обработка наружного воздуха состояния Н1 должна производиться в кондиционере в следующей последовательности: нагрев, адиабатное увлажнение, нагрев до температуры приточного воздуха.

Для такой технологии тепловлажностной обработки воздуха в кондиционере необходимо иметь следующие секции: воздухонагреватель первого подогрева, камеру орошения, воздухонагреватель второго подогрева. Последовательно проходя через эти секции, воздух достигает необходимых параметров приточного воздуха.

**В холодный период года** целесообразно подавать в помещение приточный воздух с параметрами точки П3. В этом случае для нагрева и увлажнения наружного воздуха расчетного состояния Н1 до состояния приточного потребуется меньше теплоты и влаги по сравнению с любой другой точкой зоны П.

Поскольку последней ступенью тепловлажностной обработки воздуха в кондиционере является воздухонагреватель второго подогрева, необходимо, чтобы после камеры орошения в точке О1 влагосодержание воздуха соответствовало влагосодержанию приточного воздуха в точке П3 ( $d_{П3}$ ). Только тогда воздухонагреватель второго подогрева сможет довести воздух до состояния точки П3.

Поэтому исходный воздух состояния Н1 нагревают в воздухонагревателе первого подогрева до энтальпии  $I_K$  (точка К), затем в КО подвергают адиабатному увлажнению до состояния точки О1, после чего подогревают в воздухонагревателе второго подогрева и с параметрами П3 подают в помещение. Последовательность состояний воздуха: Н1- К - О1 – П3.

Точка О1, находящаяся на пересечении линии  $d_{П3}$  с линией относительной влажности воздуха на выходе из камеры орошения ( $\varphi = 95 \dots 98\%$ ), называют условной точкой росы приточного воздуха П3.

Обычно в воздухонагревателе второго подогрева воздух нагревается до температуры на  $1 \dots 1,5$  °С ниже температуры приточного воздуха. Догрев воздуха на это значение происходит в вентиляторе в результате перехода в теплоту механической энергии.

По мере повышения температуры наружного воздуха интенсивность нагрева воздуха в воздухонагревателе первого подогрева будет уменьшаться, но последовательность

обработки сохранится (Н2 (Н3) - К – О1 – П3) такой же, как для расчетного состояния наружного воздуха Н1.

Следовательно, при повышении энтальпии наружного воздуха теплоотдача воздухонагревателя первого подогрева должна снижаться для сохранения более экономичного режима адиабатного увлажнения воздуха в КО по линии  $I_{K3}$  до состояния О1 и последующего нагрева его до состояния приточного воздуха П3.

Такая технология обработки влажного воздуха сохранится до тех пор, пока состояние наружного воздуха не достигнет энтальпии  $I_K$ . При достижении энтальпии наружного воздуха состояния  $I_K$ , потребность в первом подогреве воздуха отпадает. Кондиционер будет работать по схеме Н2 – О1 - П3. Иными словами зимний период характеризуется работой воздухонагревателя первого подогрева с переменной теплоотдачей, неизменным адиабатным режимом камеры орошения и постоянной теплоотдачей воздухонагревателя второго подогрева.

В этот период регулированию подлежит теплоотдача воздухонагревателя первого подогрева, которая должна изменяться от максимального значения при расчетном состоянии наружного воздуха ( $t_3; I_3$ ) до нуля при  $I=I_{K3}$ .

Состояние воздуха после КО должно соответствовать точке О1, лежащей на линии  $d_{П3}$ . Смещение этой точки на I-d-диаграмме свидетельствует о несоответствии теплоотдачи воздухонагревателя первого подогрева изменившемуся состоянию наружного воздуха. Смещение точки О1 обнаруживается по изменению температуры относительно  $t_{O1}$ , которая при  $\varphi = 95 \dots 98\%$  условно принимается в качестве температуры точки росы приточного воздуха.

Следовательно, для получения после КО воздуха с влагосодержанием  $d_{П3}$  необходимо стабилизировать  $t_{O1}$ , что при адиабатном режиме КО достигается регулированием теплоотдачи воздухонагревателя первого подогрева. Для этого терморегулятор РТ1, датчик которого установлен в промежуточной секции после КО, настраивают на температуру  $t_{O1}$ , равную температуре точки росы приточного воздуха П3. Воздействуя на клапан «первого подогрева» регулятор РТ1 нагревает воздух до энтальпии  $I_{K3}$ , тем самым обеспечивая адиабатное увлажнение воздуха в камере орошения до необходимого влагосодержания приточного воздуха  $d_{П3}$ .

Терморегулятор РТ2, датчик которого установлен в помещении, стабилизирует теплоотдачу воздухонагревателя второго подогрева, обеспечивая температуру приточного воздуха, равную  $t_{П3}$ . Т.о., совместными действиями двух терморегуляторов РТ1 и РТ2 обеспечивается требуемое состояние приточного воздуха П3 ( $t_{П3}$  и  $d_{П3}$ ).

Зона наружного климата в пределах изоэнтальп  $I_3$  и  $I_K$  составляет расчетную область холодного периода.

Максимальная расчетная теплоотдача воздухонагревателя первого подогрева определяется по формуле:

$$Q_{T1} = G (I_K - I_3), \text{ кДж/ч или } N_{T1} = Q_{T1}/3600, \text{ кВт}$$

Максимальная расчетная теплоотдача воздухонагревателя второго подогрева определяется по формуле:

$$Q_{T2} = G (I_{П3} - I_K), \text{ кДж/ч или } N_{T2} = Q_{T2}/3600, \text{ кВт,}$$

где  $G$  – расчетный расход воздуха, кг/ч

Если значение энтальпии наружного воздуха становится выше энтальпии  $I_{K3}$ , наступает период, переходный между холодным и теплым периодами. Характерной особенностью **переходного периода** является переход от зимних (точка В3) к летним (точка В1) расчетным параметрам воздуха в помещении. Область состояний наружного воздуха между изоэнтальпиями  $I_{K3}$  и  $I_{KЛ}$  составляет расчетную зону переходного периода. Учитывая, что в переходный период года влагосодержание наружного воздуха невелико и при кондиционировании требуется увлажнение, работу кондиционера целесообразно организовать по схеме холодного периода, но без включения воздухонагревателя первого подогрева. При состоянии наружного воздуха в этой зоне целесообразной является следующая технология подготовки приточного воздуха: адиабатическое увлажнение до  $\phi = 90 \dots 95\%$ , точка росы при этом будет изменяться от точки О1 до точки О2. После КО воздух нагревается в воздухонагревателе второго подогрева до состояния приточного воздуха П, соответствующего линии П1П2П3 или усредненной линии П1П3.

По мере перемещения точки Н к изоэнтальпии  $I_{KЛ}$  температура приближается к значению  $t_{O2}$ . Сигналом для перехода на режим теплого периода года является достижение температуры воздуха после КО значения  $t_{O2}$ .

**В теплый период года** целесообразно подавать в помещение приточный воздух с параметрами точки П1. В этом случае для охлаждения и осушки наружного воздуха расчетного состояния Н7 до состояния приточного воздуха потребуется меньше «холода» и энергии по сравнению с любой другой точкой зоны П.

В теплый период года наружный воздух состояния наружный воздух состояния Н7 должен подвергаться охлаждению и осушке до влагосодержания  $d_{П1}$  (точка О2). После этого воздух должен быть нагрет до состояния П1, после чего подаваться в помещение.

Последовательность состояний воздуха в кондиционере в теплый период года: Н7- О2- П1.

Для реализации этой технологии обработки воздуха требуется КО и воздухонагреватель второго подогрева. Когда энтальпия наружного воздуха становится выше  $I_{KЛ}$ , возникает потребность в искусственном охлаждении воздуха. Поэтому в теплый период наружный воздух охлаждается в КО до состояния О2, после чего подогревается в воздухонагревателе второго подогрева до состояния П1. Регулирование влагосодержания приточного воздуха в этот период осуществляет терморегулятор РТ3, датчик которого установлен после КО. Этот терморегулятор воздействует на клапан, регулирующий расход холодной воды таким образом, чтобы температура воды в КО обеспечила прохождение через точку О2 линии процесса изменения состояния воздуха в КО.

Терморегулятор РТ2 регулирует теплоотдачу воздухонагревателя второго подогрева, нагревая воздух в нем до  $t_{П1}$ . Совместным действием терморегуляторов РТ2 и РТ3 достигается требуемое состояние приточного воздуха П1 ( $t_{П1}$  и  $d_{П1}$ ).

Такая технология сохраняется между изоэнтальпиями  $I_{Л}$  и  $I_{К}$ . Этот участок области наружного климата составляет расчетную зону теплого периода.

Точка О2, находящаяся на пересечении линии  $d_{П1}$  с линией относительной влажности воздуха на выходе из камеры орошения ( $\phi = 90 \dots 95\%$ ), называют условной точкой росы приточного воздуха П1.

Максимальная расчетная тепловая нагрузка на камеру орошения вычисляется по формуле:

$$Q_X = G (I_{L1} - I_{O2}), \text{ кДж/ч или } N_X = Q_X/3600, \text{ кВт}$$

Максимальная расчетная теплоотдача воздухонагревателя второго подогрева определяется по формуле:

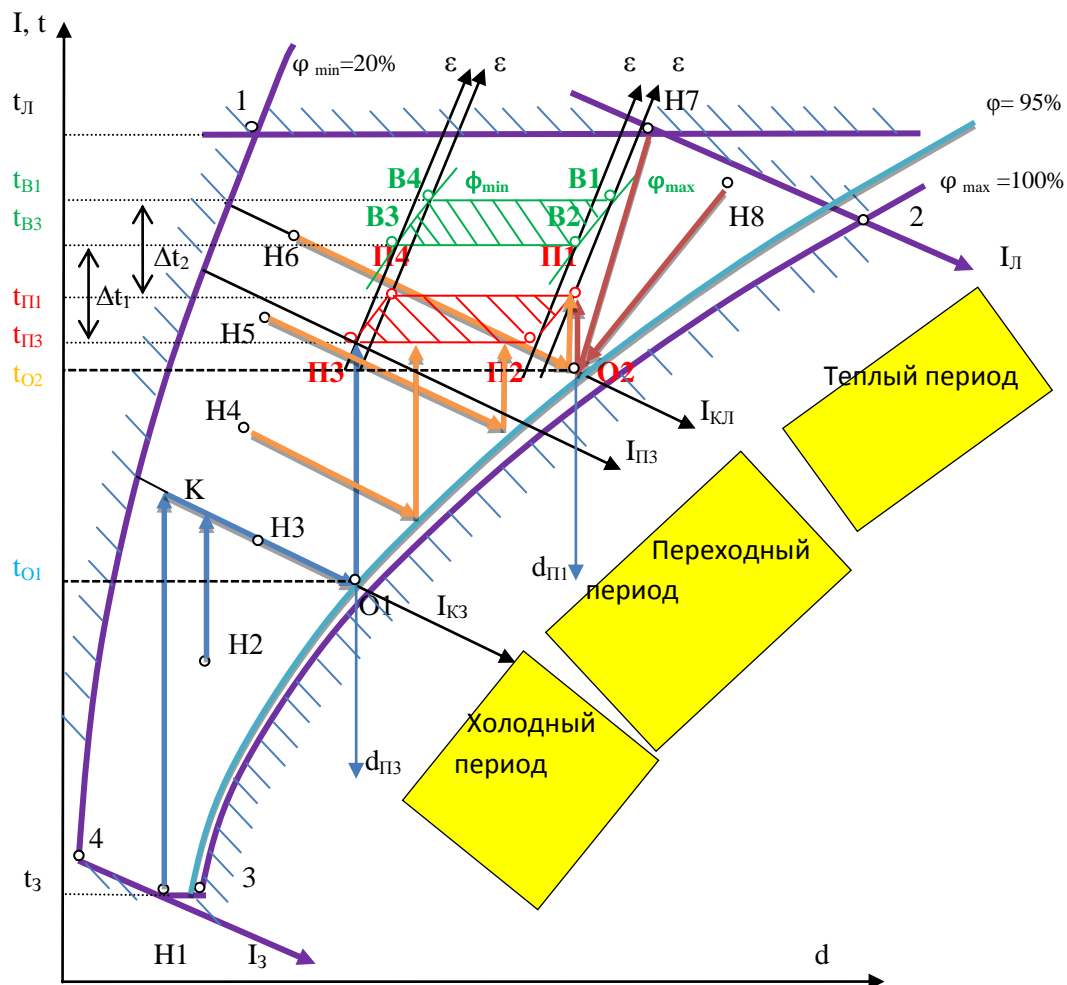
$$Q'_{T2} = G (I_{П1} - I_{O2}), \text{ кДж/ч или } N'_{T2} = Q'_{T2}/3600, \text{ кВт},$$

где  $G$  – расчетный расход воздуха, кг/ч

**Примечание:**

1. Аппараты для тепловлажностной обработки воздуха в кондиционере подбирают для крайних расчетных режимов, какими являются состояния наружного воздуха в теплый (точка Н7) и холодный (точка Н1) периоды года.

2. В рассмотренных режимах работы кондиционера принято, что выделения теплоты и влаги в помещении постоянны. Если количество теплоизбытков и влагоизбытков оказывается переменным, тогда изменяется тепловлажностное отношение  $\epsilon$  и становится переменной зоной П1П2П3П4, а регулирование усложняется. В случае регулирования влажности по точке росы приточного воздуха допускается некоторое колебание относительной влажности воздуха в помещении, но строго выдерживается температура с помощью терморегулятора РТ2, регулирующего теплоотдачу воздухонагревателя второго подогрева.



**Рис.2.** Термодинамическая модель прямооточной СКВ с регулированием влажности воздуха по температуре точки росы

Области на I-d – диаграмме:

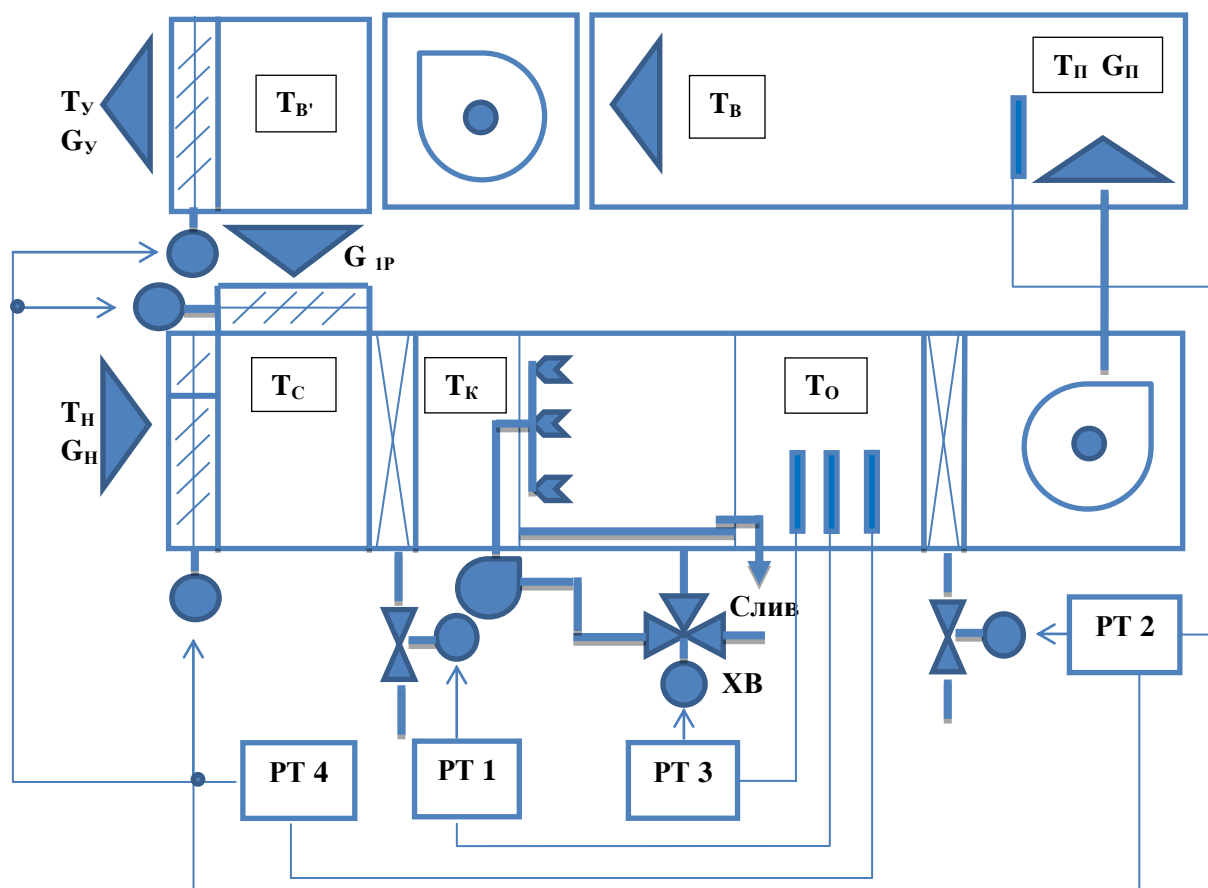
- наружного климата (1234)
- расчетной зоны параметров внутреннего воздуха в помещении (B1B2B3B4)
- расчетной зоны приточного воздуха (П1П2П3П4)

Границы на I-d – диаграмме:

- $t_{B1}$  и  $t_{B3}$  – верхняя и нижняя границы внутреннего воздуха обслуживаемой зоны помещения, °С
- $t_{П1}$  и  $t_{П3}$  – верхняя и нижняя границы приточного воздуха помещения, °С
- $\Delta t_1$  – допустимая разница температур между нижними границами приточного и внутреннего воздуха
- $\Delta t_2$  – допустимая разница температур между верхними границами приточного и внутреннего воздуха
- $\varepsilon$  – направление лучей процесса тепловлажностной обработки воздуха в помещении
- $I_L$  и  $t_L$  – изоэнтальпа и изотерма параметров Б теплого периода года
- $I_3$  и  $t_3$  – изоэнтальпа и изотерма параметров Б холодного периода года
- $\varphi_{\min}$  – минимальное значение относительной влажности в обслуживаемой зоне, %
- $\varphi_{\max}$  – максимальное значение относительной влажности в обслуживаемой зоне, %

## 2. Методы регулирования температуры и влажности воздуха в однозональной СКВ с первой рециркуляцией

СКВ с первой рециркуляцией, переменным объемом наружного и рециркуляционного воздуха и регулированием влагосодержания приточного воздуха по методу точки росы широко применяются в климатехнике зданий наряду с прямоточными СКВ (см. рис.3).



**Рис.3** Схема однозональной СКВ с первой рециркуляцией с регулированием влажности по температуре точки росы воздуха после камеры орошения (косвенное регулирование влажности)

Такая система экономичней прямоточной системы, работающей с постоянным расходом наружного воздуха. В этой СКВ забираемый из помещения воздух смешивается с наружным воздухом до камеры орошения. Применение первой рециркуляции позволяет уменьшить расход теплоты на нагрев наружного воздуха в воздухонагревателе первого подогрева в холодное время года и расход холода в камере орошения в теплый период года.

Общий расход приточного воздуха  $G_{II}$  в СКВ с первой рециркуляцией назначается по его расчетному количеству, необходимому для ассимиляции тепло - и влагоизбытков в помещении. Минимальное количество наружного воздуха  $G_H$  определяют расчетом для ассимилирования вредных паров и газов или для обеспечения санитарной нормы. Количество рециркуляционного воздуха  $G_{IP}$  определяют как разность расходов приточного воздуха  $G_{II}$  и наружного воздуха  $G_H$ :  $G_{IP} = G_{II} - G_H$ .



Для такой технологии тепловлажностной обработки воздуха в кондиционере необходимо иметь следующие секции: смесительную камеру первой рециркуляции, воздухонагреватель первого подогрева, камеру орошения, воздухонагреватель второго подогрева. Последовательно проходя через эти секции, воздух достигает необходимых параметров приточного воздуха.

Наиболее экономичным способом увлажнения воздуха в камере орошения (КО) является адиабатный, который и применяют в холодный и переходный периоды года. В результате адиабатного увлажнения в типовых камерах орошения воздух приобретает относительную влажность  $\varphi = 95 \dots 98\%$ . Во многих случаях воздух с такими параметрами не может быть подан в помещения, поэтому после увлажнения в камере орошения воздух нагревают.

Для СКВ с первой рециркуляцией область наружного климата разбивают на пять расчетных зон, в пределах которых состояние наружного воздуха позволяет кондиционеру работать в одном из режимов.

В **первом** зимнем режиме в СКВ происходит процесс смешивания минимального (по санитарным нормам) количества холодного наружного воздуха с максимальным количеством теплого рециркуляционного воздуха для получения заданного массового расхода приточного воздуха. Это необходимо для экономии энергии на нагрев воздушной смеси. В этом режиме обязательно присутствует и дополнительный нагрев воздушной смеси в воздухонагревателе первой ступени, потому что тепла от рециркуляционного воздуха недостаточно для нагрева смеси до нужных параметров. Регулирование в этом режиме ведется посредством управления водяным клапаном теплоносителя на узле управления воздухонагревателем первого подогрева. В процессе воздухообработки принимают участие камера орошения с адиабатическим увлажнением и регулируемый воздухонагреватель второго подогрева. Рециркуляция воздуха в этом режиме максимальна и воздушный клапан рециркуляции полностью открыт. А т.к. количество наружного воздуха в составе приточного воздуха минимально, то наружный воздух поступает через приоткрытый наружный воздушный клапан.

Последовательность состояний обрабатываемого воздуха в кондиционере следующая:  
 $H1+V3 = C1 > K > O1 > ПЗ$

Во **втором** зимнем режиме также происходит процесс смешивания холодного наружного воздуха с рециркуляционным, но уже без дополнительного нагрева воздушной смеси в воздухонагревателе первой ступени. В этом режиме тепла необходимого для нагрева воздушной смеси имеется в достатке в ее рециркуляционной части. Поэтому в данной зоне регулирование осуществляется изменением пропорций рециркуляционного и наружного воздуха в составе неизменного количества приточного воздуха. Рециркуляция в этой рабочей зоне уменьшается от своего максимального значения до полного прекращения, а расход наружного воздуха наоборот увеличивается от своего минимального значения до максимального, компенсируя убывающую часть воздуха от рециркуляции. В процессе подготовки приточного воздуха принимает участие камера орошения с адиабатическим увлажнением и регулируемый воздухонагреватель второго подогрева.

Последовательность состояний обрабатываемого воздуха в кондиционере следующая:  
 $H2+V3 = C1 > O1 > ПЗ$

**В переходный период** СКВ с первой рециркуляцией использует только наружный воздух и его адиабатическое увлажнение. Воздушный клапан рециркуляции полностью закрыт, а воздушный клапан наружного воздуха полностью открыт. Полное закрытие воздушного клапана рециркуляции есть сигнал системе автоматического управления СКВ о переходе на режим переходного периода. Адиабатическое увлажнение в камере орошения и подогрев воздуха в воздухонагревателе второго подогрева сохраняются, а теплоотдача воздухонагревателя второго подогрева регулируется.

Последовательность состояний обрабатываемого воздуха в кондиционере следующая:  
 $N3 > O1.1 > P3-P2$ .

Оба зимних и переходный режимы работы СКВ не требуют для приготовления приточного воздуха искусственного охлаждения, т.е. источника холода.

Летние режимы работы СКВ, напротив, требуют искусственного охлаждения, потому что получить охлажденный приточный воздух в этот период года за счет адиабатного процесса охлаждения и увлажнения нельзя.

**В первый летний период** СКВ использует только наружный воздух, потому что использование в этот период рециркуляционного воздуха только повысит энтальпию наружного воздуха и соответственно увеличит холодильную нагрузку на камеру орошения. Приготовление приточного воздуха в этом режиме заключается в охлаждении наружного воздуха в камере орошения до состояния точки  $O2$  с последующим нагревом в воздухонагревателе второго подогрева до температуры  $t_{П1}$ .

Последовательность состояний обрабатываемого воздуха в кондиционере следующая:  
 $N4$  ( $N5$  или  $N8$ )  $> O2 > P1$

Если энтальпия наружного воздуха становится выше энтальпии рециркуляционного воздуха  $I_{B1}$ , то использование рециркуляционного воздуха приводит к снижению в потребности холода. Это обстоятельство лежит в основе второго летнего режима работы кондиционера.

**Второй летний режим** охватывает состояние наружного воздуха между изоэнтальпиями  $I_{B1}$  и  $I_L$ . При этом режиме минимальное количество наружного воздуха смешивается с рециркуляционным, полученная смесь охлаждается в камере орошения до состояния точки  $O2$ , после чего подогревается в воздухонагревателе второго подогрева до  $t_{П1}$ .

Последовательность состояний воздуха в кондиционере:

$N6$  (или  $N7$ )  $+B1 = C2 > O2 > P1$

### **Работа кондиционера**

**Первый зимний режим** работы кондиционера характеризуется изменением состояния наружного воздуха от  $I_3$  до  $I_{C1}$ . В этом режиме минимальное (по санитарным нормам) количество холодного наружного воздуха смешивается с частью нагретого воздуха, удаляемого из помещения, т.е. с рециркуляционным воздухом. Энтальпия полученной воздушной смеси для расчетных параметров холодного наружного воздуха и воздуха

рециркуляции равна  $I_{C1}$ . В течение этого режима качественного изменения состава смеси не происходит (воздушные заслонки «молчат»), а воздухонагреватель первого подогрева работает с переменной теплоотдачей. Необходимое влагосодержание приточного воздуха  $d_{ПЗ}$  регулируется терморегулятором РТ1, датчик которого установлен после неуправляемой камеры орошения. Этот терморегулятор регулирует теплоотдачу воздухонагревателя первого подогрева с учетом заданной температуры воздуха на выходе из камеры орошения – температуры точки росы приточного воздуха  $t_{O1}$ , т.е. регулирует процесс таким образом, чтобы воздух на выходе из воздухонагревателя всегда имел энтальпию  $I_{K3}$ . Адиабатное увлажнение воздуха в КО после воздухонагревателя первого подогрева доводит его влагосодержание до  $d_{ПЗ}$ .

Терморегулятор РТ2, датчик которого установлен в помещении, регулирует теплоотдачу воздухонагревателя второго подогрева, обеспечивая температуру приточного воздуха, равную  $t_{ПЗ}$ .

По мере потепления наружного воздуха и перемещения точки Н в сторону изоэнтальпы  $I_{C1}$  уменьшается расход теплоты на первый подогрев воздушной смеси (сокращается рабочий отрезок С1 – К). В момент, когда точка Н окажется на линии  $I_{C1}$ , потребность в первом подогреве смеси наружного и рециркуляционного воздуха полностью отпадает, и клапан теплоносителя воздухонагревателя первого подогрева закрывается.

Полное закрытие клапана, регулирующего подачу теплоносителя в воздухонагреватель первого подогрева, является сигналом автоматике для перехода на второй зимний режим. Управление переходит от терморегулятора РТ1 к терморегулятору РТ4.

**Второй зимний режим** работы охватывает состояния наружного воздуха в пределах между изоэнтальпами  $I_{C1}$  и  $I_{K3}$ . В этот период наружный воздух также смешивается с рециркуляционным, а смесь подвергается адиабатическому увлажнению в неуправляемой КО до состояния О1, после чего подогревается в воздухонагревателе второго подогрева до температуры  $t_{ПЗ}$ . Влагосодержание приточного воздуха  $d_{ПЗ}$  регулируется терморегулятором РТ4, датчик которого установлен после КО. Данный терморегулятор воздействует на воздушные клапаны, регулирующие расход наружного и рециркуляционного воздуха, обеспечивая такие их пропорции, при которых энтальпия смеси всегда равна  $I_{K3}$ . Иными словами, этот терморегулятор регулирует температуру воздушной смеси таким образом, чтобы воздух на выходе из камеры орошения имел бы температуру точки росы приточного воздуха - О1 ( $t_{O1}$ ).

Терморегулятор РТ2, датчик которого установлен в помещении, регулирует подачу теплоносителя в воздухонагреватель второго подогрева, обеспечивая температуру приточного воздуха, равную  $t_{ПЗ}$ .

По мере потепления наружного воздуха и перемещения точки Н в сторону изоэнтальпы  $I_{K3}$  расход рециркуляционного воздуха уменьшается (сокращается отрезок Н2 –С1.1).

Полное закрытие воздушного клапана первой рециркуляции служит сигналом автоматике для перевода системы управления на переходный режим.

При похолодании на улице и обратном перемещении точки Н в сторону изоэнтальпы  $I_{C1}$  расход рециркуляционного воздуха увеличивается. Полное открытие воздушного

клапана первой рециркуляции является сигналом на переход системы в первый зимний режим работы.

Как в первом, так и во втором зимних режимах для нагрева и увлажнения наружного воздуха используется рециркуляционный воздух. Это дает существенную экономию теплоты на первый подогрев воздуха.

**Переходный режим** работы охватывает состояние наружного воздуха в пределах между изоэнтальпами  $I_{КЗ}$  и  $I_{КЛ}$ . В этот период в системе кондиционирования используют только наружный воздух.

Приготовление приточного воздуха сводится к адиабатному увлажнению наружного воздуха в камере орошения и последующему его нагреву в воздухонагревателе второго подогрева. Температура точки росы приточного воздуха изменяется от  $t_{O1}$  до  $t_{O2}$ . Переменной является и теплоотдача воздухонагревателя второго подогрева. Температура приточного воздуха изменяется по линии ПЗП2П1. Влажность приточного воздуха изменяется от  $d_{ПЗ}$  до  $d_{П1}$  и определяется исходным состоянием наружного воздуха. Температура приточного воздуха регулируется терморегулятором РТ2, датчик которого установлен в помещении и который регулирует подачу теплоносителя в воздухонагреватель второго подогрева.

Сигналом для перевода системы на второй зимний режим является снижение температуры точки росы приточного воздуха до  $t_{O1}$ . В этот момент точка Н достигает изоэнтальпы  $I_{КЗ}$ .

Сигналом для перехода на первый летний режим является повышение температуры точки росы приточного воздуха до  $t_{O2}$ . В этот момент точка Н достигает изоэнтальпы  $I_{КЛ}$ , являющейся границей между переходным и первым летним режимами.

В зимний и переходный периоды года для приготовления приточного воздуха не требуется искусственное охлаждение. Летние режимы работы отличаются потребностью в холоде, т.к. получить приточный воздух в эти периоды за счет адиабатного процесса нельзя.

**Первый летний режим** работы охватывает состояния наружного воздуха между изоэнтальпами  $I_{КЛ}$  и  $I_{В1}$ , когда в системе используется только наружный воздух. Использование рециркуляционного воздуха в этот период повышает энтальпию наружного воздуха, а, следовательно, увеличивает холодильную нагрузку на камеру орошения. Поэтому рециркуляция не применяется. Для охлаждения воздуха до состояния точки О2 терморегулятор РТ3 управляет клапаном, регулирующим температуру подаваемой в камеру орошения холодной воды. Этим регулируется влажность приточного воздуха  $d_{П1}$ . Терморегулятор РТ2 контролирует теплоотдачу воздухонагревателя второго подогрева.

**Второй летний режим** работы охватывает состояния наружного воздуха между изоэнтальпами  $I_{В1}$  и  $I_{Л}$ . В этом режиме минимальное количество наружного воздуха смешивается с рециркуляционным: воздушный клапан наружного воздуха только приоткрыт, а рециркуляционный – открыт полностью. Полученная смесь охлаждается в КО до состояния параметров точки О2. После чего смесь подогревается в

воздухонагревателе второго подогрева до точки  $t_{П1}$ . Для охлаждения воздуха до состояния точки O2 терморегулятор РТ3 управляет клапаном, регулирующим температуру подаваемой в камеру орошения воды. Этим регулируется влагосодержание приточного воздуха  $d_{П1}$ . Терморегулятор РТ2 контролирует теплоотдачу воздухонагревателя второго подогрева.

Сигналом перехода на второй летний режим является рост температуры точки O2, регулируемой терморегулятором РТ3, и соответствующее ему увеличение расхода холодной воды в КО через открытый на проток водяной клапан. По этому сигналу терморегулятор РТ4 производит закрытие воздушного клапана наружного воздуха до минимального ограничения и полное открытие клапана рециркуляционного воздуха. Далее процесс регулирования параметров точки O2 осуществляется только с помощью водяного клапана КО.

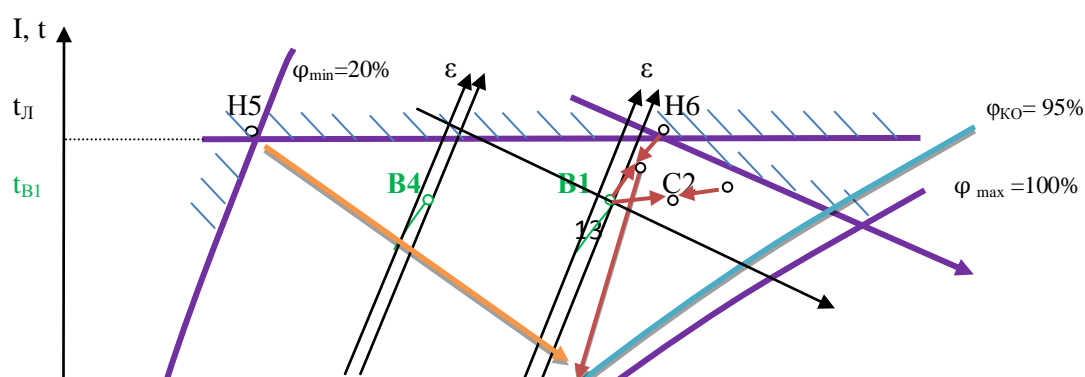
### Примечание:

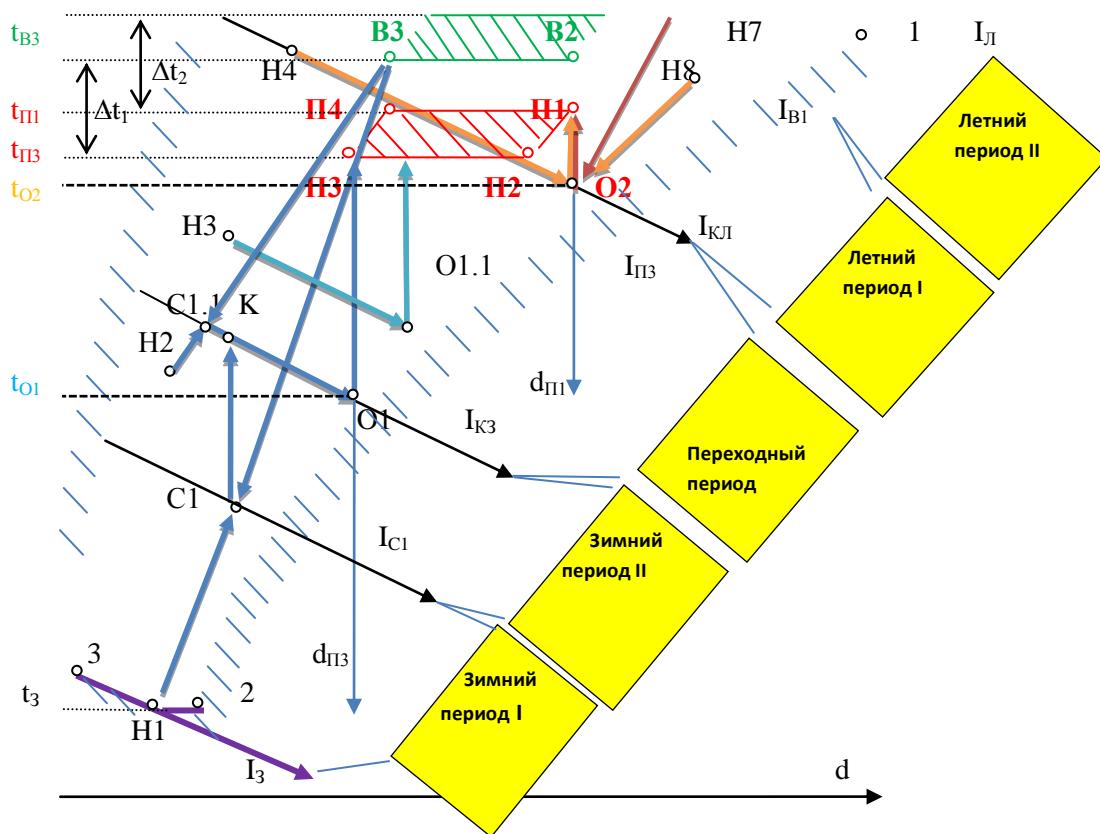
1. Аппараты для тепловлажностной обработки воздуха в кондиционере подбирают для крайних расчетных режимов, какими являются состояния наружного воздуха в теплый (точка Н6) и холодный (точка Н1) периоды года.

2. В рассмотренных режимах работы кондиционера принято, что выделения теплоты и влаги в помещении стабильны. Если количество теплоизбытков и влагоизбытков оказывается переменным, тогда изменяется тепловлажностное отношение  $\varepsilon$  и становится переменной зоной П1П2П3П4, а регулирование работы кондиционера осложняется. В случае регулирования влажности по точке росы приточного воздуха допускается некоторое колебание относительной влажности воздуха в помещении, но строго выдерживается температура с помощью терморегулятора РТ2, регулирующего теплоотдачу воздухонагревателя второго подогрева.

3. Точка O2, находящаяся на пересечении линии  $d_{П1}$  с линией относительной влажности воздуха на выходе из камеры орошения ( $\varphi = 90 \dots 95\%$ ), **называют условной точкой росы приточного воздуха П1**.

4. Точка O1, находящаяся на пересечении линии  $d_{П3}$  с линией относительной влажности воздуха на выходе из камеры орошения ( $\varphi = 90 \dots 95\%$ ), **называют условной точкой росы приточного воздуха П3**.





**Рис.2.** Термодинамическая модель однозональной СКВ с первой рециркуляцией и регулированием влажности воздуха по температуре точки росы

Области на I-d – диаграмме:

- наружного климата (1-2-H1-3-H5-H6)
- расчетной зоны параметров внутреннего воздуха в помещении (B1-B2-B3-B4)
- расчетной зоны приточного воздуха (П1-П2-П3-П4)

Границы на I-d – диаграмме:

- $t_{B1}$  и  $t_{B3}$  – верхняя и нижняя границы внутреннего воздуха обслуживаемой зоны помещения, °С
- $t_{П1}$  и  $t_{П3}$  – верхняя и нижняя границы приточного воздуха помещения, °С
- $\Delta t_1$  – допустимая разница температур между нижними границами приточного и внутреннего воздуха
- $\Delta t_2$  – допустимая разница температур между верхними границами приточного и внутреннего воздуха
- $\varepsilon$  – направление лучей процесса тепловлажностной обработки воздуха в помещении
- $I_{Л}$  и  $t_{Л}$  – изоэнтальпа и изотерма параметров Б теплого периода года
- $I_3$  и  $t_3$  – изоэнтальпа и изотерма параметров Б холодного периода года
- $\varphi_{\min}$  – минимальное значение относительной влажности в обслуживаемой зоне, %
- $\varphi_{\max}$  – максимальное значение относительной влажности в обслуживаемой зоне, %

### Список литературы

- 1.А.Г. Аверкин. Примеры и задачи по курсу «кондиционирование воздуха и холодоснабжение». 2-е изд., испр. и доп. М.: АСВ, 2003
- 2.В.М.Рубчинский, В.П. Шкроботов. Электрооборудование кондиционеров общего назначения. М.: Энергия, 1978

3. В.М. Свистунов, Н.К. Пушняков. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. 2-е изд. С.-Пет.: Политехника, 2006
4. П. Изельт, У. Арндт, М. Вильке. Увлажнение воздуха. Системы и применение. М.: Техносфера/Евроклимат, 2007
5. Ананьев В.А., Балужева Л.Н., Гальперин А.Д., Городов А.К., Еремин М.Ю., Звягинцева С.М., Мурашко В.П., Седых И.В. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. М.: Евроклимат, 2003
6. Белова Е.М. Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фэнкойлами. М.: Евроклимат, 2003