

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
"Тульский государственный университет"

Институт горного дела и строительства
Кафедра «Санитарно-технические системы»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА
по дисциплине «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение»

Уровень профессионального образования: – *бакалавриат*
Направление подготовки: *08.03.01 «Строительство»*
Профиль подготовки: *«Теплогазоснабжение и вентиляция»*
Квалификация выпускника: *бакалавр*
Форма обучения: *очная, заочная, заочная сокращенная*

Тула 2019

Составители:
ассистент Зеленко Г.Н.

ВВЕДЕНИЕ.....	
1 ПРОЕКТНОЕ ЗАДАНИЕ.....	
1.1 Задачи проектирования.....	
1.2 Характеристика объекта. Исходные данные.....	
1.3 Климатическая характеристика района застройки.....	
2 ВЫБОР РАСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУХА.....	
2.1 Расчетные параметры внутреннего воздуха.....	
2.2 Расчетные параметры наружного воздуха.....	
3 РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ВЫДЕЛЯЮЩИХСЯ ВРЕДНО-	
СТЕЙ.....	
3.1 Расчет тепловыделений.....	
3.2 Расчет расходов тепла.....	
3.3 Тепловой баланс.....	
3.4 Расчет влаго- и газовыделений. Сводная таблица вредностей.	
4 СИСТЕМА ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ	
ВОЗДУХА (первый вариант).....	
4.1 Типы центральных многозональных СКВ.....	
4.2 Расчет воздухообмена помещений.....	
4.2.1 Расчет воздухообмена по ассимиляции тепло- и влаго-	
избытков.....	
4.2.2 Воздушный баланс помещений.....	
4.3 Процессы обработки приточного воздуха.....	
4.3.1 Построение процессов обработки воздуха в теплый и	
холодный период на I-d диаграмме.....	
4.3.2 Определение значения величин для подбора секций	
центрального кондиционера.....	
4.3.3 Компоновка кондиционера КТЦЗ.....	
4.4 Расчет воздухоподающих и воздухоудаляющих	
устройств.....	
4.5 Компоновка вентиляционных систем и конструктивные ре-	
шения.....	
4.6 Аэродинамический расчет приточных и вытяжных систем.....	
4.7 Выбор оборудования КТЦЗ.....	
4.8 Разработка термодинамической схемы автоматического ре-	
гулирования СКВ.....	
5 СКВ С КОНДИЦИОНЕРАМИ СПЛИТ—СИСТЕМ (второй ва-	
риант).....	
5.1 Характеристика сплит-систем.....	
6 СКВ С ЧИЛЛЕРАМИ И ФАНКОЙЛАМИ (третий вариант).....	
6.1 Характеристики системы.....	
Библиографический список.....	

ВВЕДЕНИЕ

Введение в расчетно-пояснительной записке - как начальная , вступительная часть проекта должно отражать вопросы, которые решаются в данной работе.

Во введении к курсовому проекту по кондиционированию воздуха в общественных зданиях должно быть отмечено предназначение систем кондиционирования микроклимата для комплексного создания и автоматического поддержания заданных параметров внутреннего воздуха как в холодный, так и в теплый период года, установлены задачи, которые решаются системами кондиционирования воздуха в конкретных помещениях заданного объекта разными вариантами кондиционирования микроклимата.

Следует так же отметить отличие этих задач, от задач, решаемых при проектировании общеобменной вентиляции в этих же помещениях в ранее выполненном курсовом проекте.

1 ПРОЕКТНОЕ ЗАДАНИЕ

1.1. Задачи проектирования

Принимают в соответствии с заданием на проектирование.

В расчетно-пояснительную записку должен быть вставлен бланк задания, подписанный студентом, руководителем курсового проектирования и заведующим кафедрой, а также копия плана с указанием помещений, для которых должны быть разработаны системы кондиционирования воздуха.

Целесообразно в пояснительной записке пункты обозначать так же как в разделе «содержание расчетно-пояснительной записки» бланка задания. Во-первых, потому, что пункты в бланке задания указаны в последовательности, соответствующей последовательности выполнения курсового проекта, во-вторых для удобства проверки выполненной работы и выявлению ошибок.

Данные методические указания не излагают методику всех расчетов особенно тех, которые студентами были освоены при выполнении проекта по вентиляции гражданского здания (например, расчет тепло- влаго- и газовыделений, методика аэродинамического расчета и т.д.). В них даются только ссылки на источник, содержащий эти методики и предлагает рекомендации или пояснения, необходимые при выборе принимаемого решения, его обоснования и выполнению выводов по конкретным решениям.

Задания на курсовой проект по конструированию предполагают в качестве объекта проектирования отдельные помещения того же общественного здания, что и в первом проекте по вентиляции. Это позволяет использовать в данном проекте значения некоторых величин, полученные при ранее выполненных расчетах или некоторой корректировки их для условий проекта по кондиционированию воздуха.

На кафедре СТС разработан пример оформления отдельных разделов пояснительной записки к проекту по КВ. Обоснования выбора проектных решений студент должен сделать самостоятельно, используя данные указания, а так же знания, полученные из курса лекций, практических заданий, учебников и ранее используемого методического пособия по вентиляции [9]. Ниже даны методические указания по выполнению отдельных разделов задания по

курсовому проектированию, в соответствии с «Содержанием расчетно-пояснительной записки» бланка задания.

1.2 Характеристика объекта. Исходные данные

В этом разделе можно использовать ранее составленную характеристику при выполнении проекта по вентиляции или более конкретизировать с условием разработки кондиционирования воздуха.

В характеристике должны быть отмечены планировочные решения, этажность здания, наличие чердака, технического этажа, подвала, размещение помещений для кондиционирования воздуха (следует избегать в расчетно-пояснительной записке использования обозначения помещения «расчетными» *нужно указывать конкретные названия или назначение*).

В исходных данных должны быть сведения о конструкции наружных ограждений, их термическом сопротивлении теплопередаче (R), ориентации фасада по сторонам света, о режиме эксплуатации помещений с кондиционированием воздуха, сведения об источниках тепло- и холодоснабжения. И другие данные, указанные в задании.

1.3 Климатическая характеристика района застройки

Этот раздел содержит максимальную информацию о районе застройки согласно СП 131.13330-2012 в том числе параметры наружного воздуха (t , I , ϑ) А для ТП и ХП, Б для ТП и ХП (без указания расчетных), максимальные поступления тепла от солнечной радиации на горизонтальную поверхность (на кровлю), I кДж/м²(или Вт/м²).

Указанные параметры для некоторых городов приведены в пособии [9] приложение Б1 стр. 224-225 и Приложение Е стр.307 в форме таблицы 1.1.

Таблица 1.1 Климатические данные

№ п.п.	Наименование пункта	Географическая широта, ° ш.	Барометрическое давление, гПа	Параметры А ТП/ХП		Параметры Б ТП/ХП		Скорость ветра, м/с	Продолжительность, сут. и средняя температура воздуха, °С, периода со средней суточной температурой воздуха				
				Температура воздуха, °С,	Удельная энтальпия, кДж/кг	Температура воздуха, °С,	Удельная энтальпия, кДж/кг		≤ 8°С		≤ 10°С		
									средняя температура	продолжительность	средняя температура	продолжительность	

3 РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ВЫДЕЛЯЮЩИХСЯ ВРЕДНОСТЕЙ

3.1 Расчет тепловыделений

Источниками явных выделений в помещениях общественных зданий являются:

- люди;
- солнечная радиация через окна;
- солнечная радиация через покрытие;
- источники искусственного освещения;
- горячая пища;
- электроприборы и оборудование.

Источниками скрытого тепа являются:

- люди;
- остывающая пища.

Так как кондиционирование воздуха разрабатывается согласно заданию для тех же помещений, для которых выполнен проект общеобменной вентиляции, величины тепловыделений от большинства источников можно принять по результатам, ранее выполненных расчетов кроме тепловыделений от людей в теплый и холодный период, поступлений явного тепла через световые проемы, которые следует пересчитать или скорректировать в связи с другой расчетной температурой внутреннего воздуха, используя методику расчета, приведенную в методическом пособии [9].

Чтобы определить теплоступления через остекление в данном проекте следует к величине теплоступлений за счет солнечной радиации, полученной в результате расчета в первом проекте добавить величину $Q_{\text{доп}}$, учитывающую поступление тепла через остекление, вследствие того, что расчетная температура воздуха внутри помещения в теплых период года при кондиционировании воздуха меньше, чем снаружи,

$$Q_{\text{доп}} = 3,6 \frac{A_0}{R_0} (t_{\text{н}} - t_{\text{в}}) = 3,6 A_0 K_0 (t_{\text{н}} - t_{\text{в}}) \quad (3.1)$$

где $Q_{\text{доп}}$ - дополнительное поступление явного тепла через остекление кДж/ч;

A_0 - площадь остекления, м²;

R_0, K_0 – соответственно сопротивление теплопередаче и коэффициент теплопередачи остекления, м²·°С/Вт; Вт/ м²·°С.

Теплопоступления от солнечной радиации через чердачное или бесчердачное покрытие, определяется по методике, изложенной в пособии по вентиляции [9]. Расчет ведется по формуле 3.1, где значения A и R принимаются для покрытия, а вместо температуры наружного воздуха t_n условная температура $t_{н.у.}$

Условная наружная температура воздуха над покрытием определяется по формуле

$$t_{н.у.} = t_n + q_{ср} \cdot \rho_n / \alpha_n \quad (3.2)$$

где $q_{ср}$ – среднесуточный тепловой поток солнечной радиации на горизонтальную поверхность, принимаемый по таблице 3.1 Вт/м²

ρ_n – коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью покрытия, принимается по таблице 3.2

α_n – коэффициент теплоотдачи наружной поверхностью покрытия, Вт/м², определяется по формуле:

$$\alpha_n = 1,16 \cdot (5 + 2,2 \cdot \vartheta) = 8,7 + 2,6 \cdot \vartheta \quad (3.3)$$

где ϑ – расчетная скорость ветра, м/с, для теплого периода, принимается по таблице 1.1.

Таблица 3.1 – Среднесуточный тепловой поток солнечной радиации на горизонтальную поверхность

Географическая широта, град. с.ш.	40	44	48	52	56	60	64	68
$q_{ср}$	333	331	328	329	327	319	319	332

Таблица 3.2 – Коэффициент поглощения солнечной радиации различными материалами наружной поверхности покрытия

Материал наружной поверхности	Коэффициент поглощения
Алюминий листовой	0,5
Асфальтобетон	0,9
Светлый гравий	0,65
Рубероид с песчаной посыпкой	0,9
Сталь листовая, окрашенная охрой	0,8
Сталь листовая, окрашенная	0,6
Сталь листовая, оцинкованная	0,65
Черепица	0,7
Шифер	0,65

Теплопоступления через покрытие не учитываются, если в помещении имеется подшивной потолок с вентилирующим пространством. Если имеется подшивной потолок или воздушная прослойка, но воздушное пространство не вентилируется, то теплопоступления учитываются с коэффициентом 0,6.

Если в здании указано, что чердак вентилируемый, то теплопоступления можно не учитывать.

3.2 Расчет расходов тепла

Потери тепла через наружные ограждения при круглогодичном кондиционировании воздуха в тепловом балансе учитываются для холодного периода года при условии, что в помещении не предусмотрена система центрального отопления.

Расчет потерь тепла выполняется по методике, освоенной студентами при выполнении курсового проекта по отоплению зданий.

Основные потери тепла через наружные ограждения помещений складываются из потерь через отдельные ограждения, которые определяют по формуле 3.1

Расчет оформляется таблицей 3.3

Таблица 3.3 – Расчет потерь тепла через наружные ограждения

№ п/п	Наим. помещения и тем-ра внутр. воздуха, $t_{в}$, °C	Ограждение				Расчет разн. тем-тур, $(t_{в} - t_{ш})$, °C	Потери теплоты			Множитель добавок $(1 + \sum \beta)$	Суммарные потери теплоты $Q_{\Sigma} = Q_{\Sigma}(1 + \sum \beta)$ Вт/(кДж/ч)
		Объемное	Ориентация	Размеры, м	Площадь, F , м ²	Коэффициент теплопередачи, K , Вт/(м ² ·°C)	Основные	на ориентацию	прочие		
							Q , Вт				

Так как при кондиционировании воздуха в помещениях должно быть предусмотрено превышение притока над вытяжкой (положительный дисбаланс), обеспечивающее «подпор» воздуха в кондиционированных помещениях относительно других помещений и наружного воздуха, то инфильтрация воздуха с наружи не должна иметь места, следовательно нет расходов тепла в связи с ней наружного воздуха.

Примечание. Суммарные теплопотери в кДж/ч следует занести в таблицу теплового баланса табл.3.4

3.3 Тепловой баланс

На основании расчетов поступления тепла и его расходов (как $Q_{я}$ и $Q_{ск}$) для двух периодов года составляется тепловой баланс, в виде таблицы 3.4.

Продолжение таблицы 3.4.

По результатам расчетов должен быть сделан вывод имеют ли место в помещении избытки тепла или тепло недостатки и указать их величину в ТП и ХП года. Для этого находится разница между поступлением тепла (+Q) и расходом тепла (-Q). Если в помещении выделения тепла больше чем расход, — в помещении избытки., если наоборот — недостаток. Результаты расчета занести в таблицу 3.5 «Сводная таблица вредностей».

3.4 Влаго- и газовыделения. Сводная таблица вредностей

Выделения влаги в помещениях (указать наименования) возникают от людей и от пищи. Первое – следует скорректировать ранее найденные (в первом КП) значения в соответствии со значением t_b для ТП и ХП., второе – принять ранее найденное значение.

Газовыделения CO_2 принимаются по результатам первого проекта.

Таблица 3.5 Сводная таблица вредностей.

№п.п	Наименование помещения	Объем помещения, м ³	Расчетный период года	Тепловые избытки				Влаговыделения от людей, кг/ч	Газовыделения, л/ч
				яв.тепло		ск.тепло	пол.тепло		
				к/Дж/ч	к/Гж/м ³ .ч	к/Дж/ч	к/Дж/ч		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

4. СИСТЕМА ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА (первый вариант)

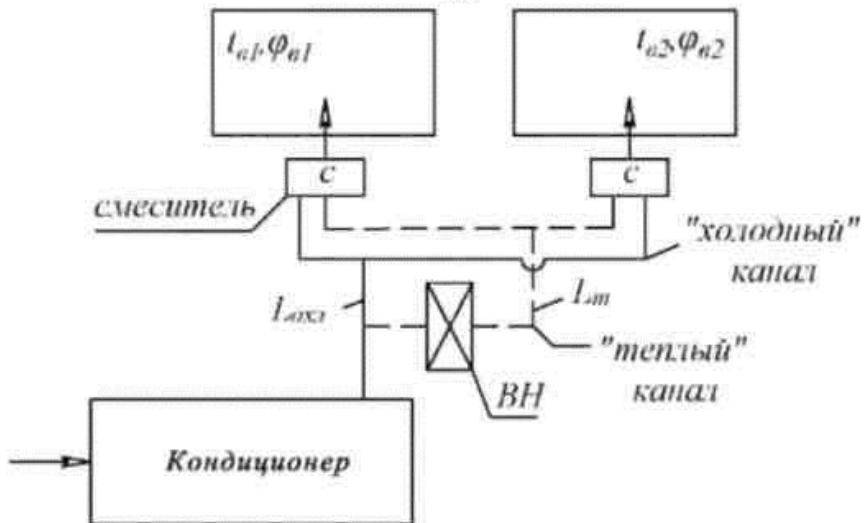
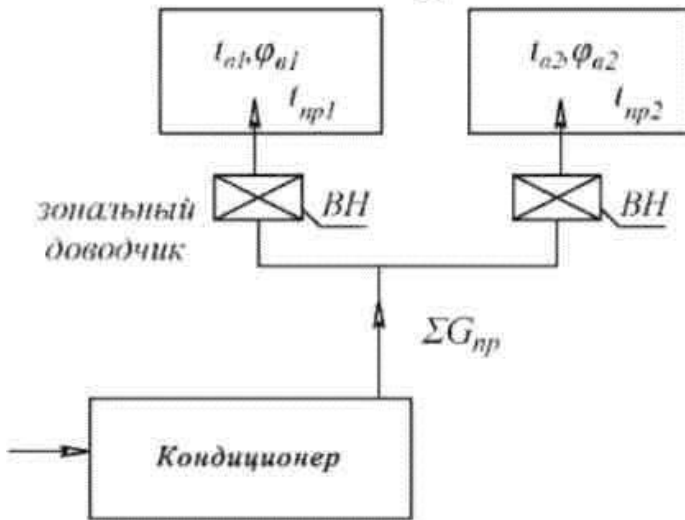
4.1. Типы центральных многозональных СКВ

Согласно заданию требуется спроектировать в качестве первого варианта центральную многозональную систему кондиционирования воздуха для помещений (названия помещений)

Так как система центральная, то должен быть центральный кондиционер (центр обработки воздуха), который обрабатывает наружный воздух для притока в помещение, при этом находится вне этих помещений. Раз система многозональная, значит для всех помещений с кондиционированием воздуха кондиционер общий. Многозональность же заключается в том, чтобы одновременно в разные помещения обеспечивался приток воздуха с разными параметрами, как правило, зонирование осуществляется только по температуре приточного воздуха следующим образом:

- в системах кондиционирования воздуха с доводчиками – путем установки калориферов-доводчиков в каналах для притока, для конкретных помещений., тогда воздух в центральном кондиционере обрабатывается до температуры притока минимально требуемой $t_{пр}$ для этих помещений, а в доводчиках догревается для каждого помещения отдельно. Такую систему целесообразно принимать при небольшом количестве помещений (рисунок 4.1 А).

- в системах двухканальных – воздух после центрального кондиционера с температурой ниже требуемой подается по двум каналам: - в одном из них устанавливается нагреватель (канал теплого воздуха), по другому из них перемещается недогретый воздух (канал холодного воздуха). Для каждого помещения предусматривается смеситель, в котором получают температуру притока для данного помещения. Системы такого типа целесообразно использовать при центральном кондиционировании большого числа помещений небольшого объема (Рисунок 4.1 Б).



А – с зональным доводчиком; Б – двухканальная система

Рисунок 4.1 Типы центральных многозональных СКВ

И системы с доводчиками, и двухканальные могут обеспечивать как одинаковые, так и разные температуры притока $t_{\text{пр}}$. Однако, влагосодержание приточного воздуха может быть только одинаковым т.е. $d_{\text{пр1}}=d_{\text{пр2}}=d_{\text{пр3}}$, а это означает, что оба эти типа многозональных систем не могут обеспечить строго заданное значение относительной влажности φ_v и одинаковое во всех помещениях. Но это вполне допустимо при комфортном (не технологическом) кондиционировании, так как значение φ_v в этом случае задается нормами довольно большим интервалом – главное достаточно, чтобы φ_v для всех кондиционируемых помещений было в заданном интервале оптимальных значений.

Для обеспечения постоянной температуры воздуха внутри помещения при изменении избытков (или недостатков) тепла требуется изменить температуру притока воздуха при постоянном его расходе, т.е. применить качественное регулирование кондиционирования воздуха, либо при постоянной температуре приточного воздуха изменить расход его, т.е. применить количественное регулирование.

В многозональных системах кондиционирования воздуха в общественных зданиях целесообразным является качественное регулирование.

4.2 Расчет воздухообмена помещений

4.2.1 Расчет воздухообмена по ассимиляции тепло- и влагоизбытков

Если принято качественное регулирование кондиционирования при котором расход приточного воздуха во времени не меняется, то расчет воздухообмена начинают как правило с расчета для теплого периода, когда ожидаются наибольшие избытки тепла.

Теплый период

Рассчитать потребный расход приточного воздуха при известных избытках явного тепла можно без построения в I-d диаграмме процессов ассимиляции теплоизбытков воздуха по известной формуле 4.1

$$G_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{я}}}{c(t_{\text{уд}} - t_{\text{пр}})} \quad (4.1)$$

где $G_{\text{пр}}$ – потребный воздухообмен, кг/ч;

$Q_{\text{я}}$ – избытки явного тепла, кДж/ч;

c – теплоемкость воздуха, $c_v=1,005$ кДж/кг °С;

$t_{\text{пр}}, t_{\text{уд}}$ – температура приточного и удаляемого воздуха, °С.

Температура притока, при которой в обслуживаемой зоне помещения обеспечивается заданное нормативное значение $t_{\text{в}}$, определяется путем расчета приточной струи после выбора типа и количества воздухоподогревающих устройств (решеток, плафонов). Для расчета воздухообмена $t_{\text{пр}}$ принимается ориентировочно, из условия $t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - 2 \dots 6^\circ\text{C}$., для помещений высотой меньше 4 м (при размещении воздухораспределителей на потолке или вблизи его) можно принять $\Delta t = t_{\text{в}} - t_{\text{пр}} \approx 3^\circ\text{C}$, а при высоте более 4 м - $\Delta t \approx 5^\circ\text{C}$.

Температуру удаляемого воздуха в помещениях высотой до 4 м допускается принимать без учета изменения температуры воздуха по высоте помещения, т.е. $t_{\text{уд}} = t_{\text{в}}$.

Если помещение высотой более 4 м, то $t_{\text{уд}}$ при удалении воздуха из верхней зоны помещения можно определить по формуле 4.2

$$t_{\text{уд}} = n(t_{\text{в}} - t_{\text{пр}}) + t_{\text{пр}} \quad (4.2)$$

$$n = 1 + 0.2(H_{\text{пом}} - 2)/\Delta t \quad (4.3)$$

Если помещения имеют разную высоту, то $t_{\text{пр}}$ и $t_{\text{уд}}$ для этих помещений могут (в многозональной системе кондиционирования воздуха) быть разными.

Для того, чтобы во всех кондиционируемых помещениях обеспечить относительную влажность в заданных нормами пределах на I-d диаграмме строятся лучи процессов $\varepsilon = Q_{\text{п}}/W$ для этих помещений как показано на рисунке 4.2; 4.3.

Сначала для одного из помещений задаются $\varphi_{\text{в}}$ и при заданном значении $t_{\text{в}1}$ находится точка, соответствующая состоянию внутреннего воздуха в этом помещении (точка В₁). Тогда точки П₁ и У₁ находятся на луче процесса ε , на пересечении его с изотермами $t_{\text{пр}1} = \text{const}$ и $t_{\text{уд}1} = \text{const}$.

Для других помещений определяются сначала точки П₂ и П₃ и т.д. на пересечении $d_{\text{пр}1} = \text{const}$, (т.е. $d_{\text{пр}1} = d_{\text{пр}2} = d_{\text{пр}3}$) с изотермами $t_{\text{пр}2}$, $t_{\text{пр}3}$ и т.д., так как другое значение $d_{\text{пр}}$ принятая система кондиционирования воздуха обеспечивать не может. Затем через точки П₂ и П₃ и т.д. проводятся лучи $\varepsilon_2 = \text{const}$, $\varepsilon_3 = \text{const}$ и т.д. до изотерм $t_{\text{в}2}$, $t_{\text{в}3}$ и т.д., получаем точки В₂ и В₃ и т.д. соответствующие состоянию воздуха, которое можно обеспечить в этих помещениях при выбранном значении $d_{\text{пр}1} = \text{const}$.

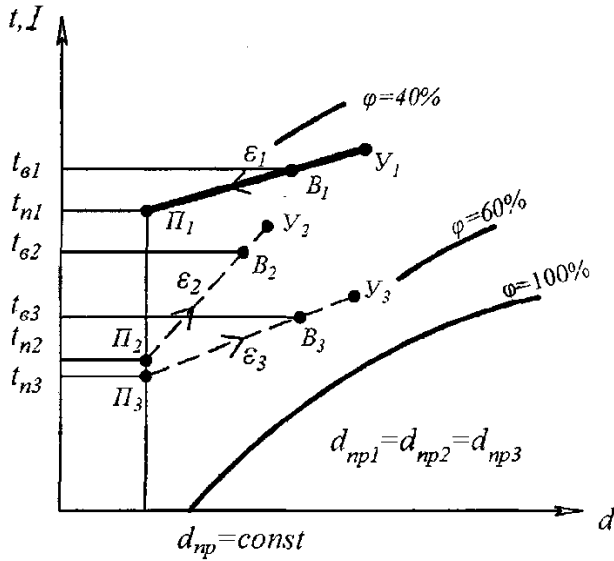


Рисунок 4.2 Положение в диаграмме точек П и В в ТП в многозональной СКВ для трех помещений при $t_{B1} \neq t_{B2} \neq t_{B3}$

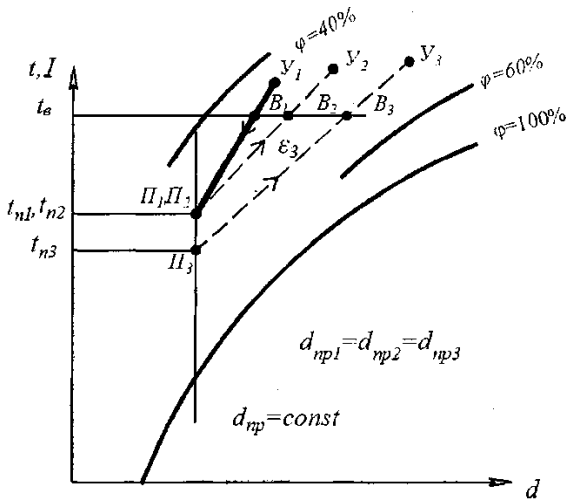


Рис. 4.3 Положение точек П и В для трех помещений в многозональной СКВ $t_{B1} = t_{B2} = t_{B3}$

Если значение φ_v для всех кондиционируемых помещений находятся в заданном интервале, значит $d_{\text{пр1}}$ принято верно и можно продолжать расчеты. Если значение φ_v не для всех помещений оказались в заданном нормами интервале влажности, значением $d_{\text{пр1}}$ надо перезадаваться и построить новые точки В, В₂, В₃.

Для того, чтобы проверить правильно ли определены точки В, В₂, В₃, т.е. соответствуют ли полученным при расчете $Q_{\text{ск}}$ влагоизбыткам, а так же правильно ли построены лучи процессов производится расчет воздухообмена по ассимиляции полного тепла и влагоизбытков по формуле 4.4

$$G_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{п}}}{J_{\text{уд}} - J_{\text{пр}}} = \frac{W}{d_{\text{уд}} - d_{\text{пр}}} \quad (4.4)$$

Если равенство получилось, построения в I-d диаграмме и расчеты сделаны правильно, а значит полученные значения φ_v определены верно. Таким образом, полученный воздухообмен в ТП в помещении можно принять за расчетный (аналогично для других помещений, обслуживаемых системой кондиционирования воздуха).

Холодный период

Потребный воздухообмен в холодный период года при качественном регулировании кондиционирования воздуха не рассчитывается, а принимается равным воздухообмену в теплый период, т.е. $L_{\text{пр}}^{\text{тп}} = L_{\text{пр}}^{\text{хп}}$ отдельно для каждого помещения, а требуемая температура приточного воздуха по известным теплоизбыткам в ХП для каждого помещения определяется по формуле 4.5

$$t_{\text{пр}}^{\text{хп}} = t_{\text{уд}}^{\text{хп}} - \frac{Q_{\text{я}}^{\text{хп}}}{c G_{\text{пр}}^{\text{хп}}} \quad (4.5)$$

Чтобы $L_{\text{пр}}^{\text{хп}}$ (м³/ч) перевести в массовый $G_{\text{пр}}^{\text{хп}}$ (кг/ч) приходится сначала ориентировочно задаться температурой притока и определить плотность приточного воздуха.

Если в формулы подставить значение максимальных избытков тепла, то получится минимальное значение температуры притока в ХП. Возможность подачи приточного воздуха с такой температурой проверяется при расчете приточной струи.

Для определения тепловой нагрузки воздухонагревателей ВН кондиционера и зональных доводчиков требуется знать максимальную $t_{\text{пр}}$, для чего в формулу подставляется значение суммарных расходов тепла (теплопотерь).

Положение точек П, В, У для ХП года на I-d диаграмме определяется аналогично ТП., т.е. задаются положением В₁ для одного из помещений, через нее проводится луч процесса ε_1 и отмечают точки У₁ П₁, находящиеся на пересечении этого луча с изотермами $t_{уд}^{хп} = \text{const}$ и $t_{пр}^{хп} = \text{const}$. Для других помещений (на этой же I-d диаграмме) на пересечении $d_{пр1} = \text{const}$ с $t_{пр2}$, $t_{пр3}$ получают точки П₂ и П₃ через которые проводятся лучи процессов ε_2 и ε_3 для ХП до пересечения с изотермами $t_{в2} = \text{const}$, $t_{в3} = \text{const}$, $t_{уд2} = \text{const}$ и $t_{уд3} = \text{const}$ для получения положения точек В₂, В₃ и У₂, У₃. После выполнения этих построений стоит проверить, попали ли точки В₂ и В₃ в интервал заданных значений φ_v для ХП.

4.2.2. Воздушный баланс помещений

В отличие от систем местного кондиционирования воздуха, выполняющих, как правило, функцию поддержания определенных параметров микроклимата, системы центрального кондиционирования выполняют еще и функцию вентиляции, т.е. подачи свежего наружного воздуха, необходимого для дыхания человека и удалению из помещений внутреннего, загрязненного.

Обычно количество приточного наружного воздуха для дыхания требуется гораздо меньше, чем приточного по ассимиляции теплоизбытков вследствие того, что температура приточного воздуха не должна быть низкой, при которой в обслуживаемой зоне помещения могут возникнуть не допустимые нормами отклонения температуры в воздушной приточной струе. Поэтому иногда к наружному воздуху (G_n) подмешивается частично воздух, удаляемый из помещения (G_v), т.е. применяется *рециркуляция* воздуха помещения (G_p).

Рециркуляция позволяет экономить тепло в холодный период и холод - в теплый. Однако не во всех помещениях допускается санитарно-гигиеническими нормами применение рециркуляции. Возможность применения рециркуляции определяют по нормативным документам по проектированию соответствующего типа зданий. (При курсовом проектировании можно использовать сведения, приведенные в приложении А пособия [9] стр. 230...289).

Например: не допускается применение рециркуляции в детских учреждениях, больницах и поликлиниках, в обеденных залах предприятий общественного питания и др. помещениях.

Если в нормативных документах ничего не сказано о рециркуляции, значить она допускается и ее следует применять с целью экономии теплоэнергетических ресурсов.

Если от одной и той же центральной системы кондиционирования воздуха воздух подается в помещения, из которых в одних допускается рециркуляция в других нет, система КВ принимается прямоточной.

При прямотоке $G_{\text{пр}}=G_{\text{н}}, G_{\text{р}}=0$ (4.6)

При рециркуляции $G_{\text{пр}}=G_{\text{н}}+G_{\text{р}}$ или $G_{\text{р}}=G_{\text{пр}}-G_{\text{н}}$ (4.7)

В случае использования рециркуляции минимальное количество наружного воздуха должно быть не меньше следующих значений:

- количества воздуха, потребного для разбавления газов, в частности CO_2 .
- количества наружного воздуха, потребного для обеспечения санитарного минимума, на 1 человека.
- 10% от общего количества приточного воздуха.

Количество рециркуляционного воздуха неодинаково в различные периоды года: летом оно максимально, в переходный период может быть равно 0, а в зимний - переменным. (Кроме того, в холодный период оно должно быть не меньше, чем это требуется для осуществления адиабатного процесса в оросительной камере для увлажнения воздуха. Для обеспечения последнего условия соотношение $G_{\text{р}}/G_{\text{н}}$ определяется по I-d диаграмме при построении схем обработки). Максимальный расход рециркуляционного воздуха, будет если количество наружного воздуха принять минимальным.

$$G_{\text{р max}}=G_{\text{пр}}-G_{\text{н min}} \quad (4.8)$$

Общий расход воздуха, удаляемого из помещения с кондиционируемым микроклиматом ($G_{\text{выг}}$), равный сумме расходов воздуха, поступающего на рециркуляцию ($G_{\text{р}}$), перетекающего в соседние помещения и выбрасываемого наружу, должно быть меньше расхода приточного воздуха на величину подпора ($G_{\text{под}}$):

$$G_{\text{под}}=K_{\text{под}} \cdot V \rho_{\text{в}} \quad (4.9)$$

где $K_{\text{под}}$ – кратность подпора;

V – объем помещения, м^3

$\rho_{\text{в}}$ – плотность внутреннего воздуха, кг/м^3

тогда количество воздуха, удаляемого из помещений

$$\begin{aligned} G_{\text{выг}} &= G_{\text{пр}} - G_{\text{под}} \\ L_{\text{выг}} &= G_{\text{выг}}/\rho_{\text{у}} \end{aligned} \quad (4.10)$$

[illegible]

4.3 Процессы обработки приточного воздуха

4.3.1. Построение процессов обработки воздуха в теплый и холодный период на I-d диаграмме.

К моменту выполнения данного раздела на I-d диаграмме построены лучи процессов, отмечены положения точек П, В и У для ТП и ХП, соответствующие состоянию приточного и удаляемого воздуха в этот период. По расчетным значениям t_n и I_n на I-d диаграмме определяется положение точек Н, соответствующих состояниям наружного воздуха в ТП и ХП.

Анализируя положение точек П и Н, можно сделать вывод о требуемой обработке, чтобы наружному воздуху придать параметры приточного.

а) в теплый период года **осушить** от d_n до $d_{пр}^{тп}$, для чего **охладить** его ниже точки росы приточного воздуха (t_p), точнее до точки, лежащей на пересечении $d_{пр}^{тп} = \text{const}$ и $\varphi = 95\%$ (точка К). Для этого требуется применить форсуночную камеру типа ОКС или ОКФ, входящую в состав центрального кондиционера, к форсункам которой подается холодная вода или вместо камеры использовать поверхностный воздухоохладитель ВО, в который подается холодная вода (от холодильной установки) или хладон (фреон). Студент может сам выбирать способ осушки воздуха (оросительную камеру или ВО) в ТП или получить задание на применение конкретного способа осушки воздуха.

б) так как для осушки наружного воздуха до $d_{пр}$ в ТП требуется его охладить ниже требуемой температуры притока, его после осушки необходимо **нагреть** в воздухонагревателях второго подогрева или зональных доводчиках.

Холодный период года

Судя по положению точек Н и П воздух следует:

а) **увлажнить** от $d_n^{хп}$ до $d_{пр}^{хп}$. Увлажнение воздуха целесообразно осуществлять в оросительной камере при выключенной холодильной установке, т.е. адиабатически, при которой температура воды не меняется, а это значит, что воду, выпавшую в поддон не надо ни нагревать, ни охлаждать, а из поддона сразу можно подавать к форсункам.

б) **подогреть**, поскольку в оросительной камере должна быть температура воздуха больше нуля, наружный воздух в зимнее время следует подогреть – применить первый подогрев;

в) так как после оросительной камеры температура воздуха ниже требуемой приточной ($t_0 < t_{\text{пр}}^{\text{хп}}$) его требуется опять **подогреть** – применить второй подогрев или смешать с теплым рециркуляционным воздухом, т.е. применить 2ую рециркуляцию подобно летнему режиму работы системы КВ.

Для такой обработки предусматривается несколько схем:

в теплый период:

- прямоточная;
- с одной рециркуляцией;
- с двумя рециркуляциями;
- прямоточная с использованием байпаса оросительной камеры;

в холодный период:

- прямоточная;
- с одной рециркуляцией и смешиванием наружного и рециркуляционного воздуха до воздухонагревателя первого подогрева;
- тоже со смешением внутреннего и наружного воздуха после воздухоподогревателя;
- с двумя рециркуляциями.

Построение процессов обработки воздуха на I-d диаграмме при этих схемах изложены в учебных пособиях [6] и [8], а так же подробно разбирается на примерах на практических занятиях. Поэтому в этом разделе следует указать какую схему применил и сослаться на I-d диаграмму. Принятую схему обработки обозначить буквами состояние воздуха и процессы, указать где, в каком оборудовании кондиционера они происходят.

Обязательно процессы обработки для всех кондиционируемых помещений и для ТП, и для ХП должны быть изображены на единой I-d диаграмме, чтобы наглядна была связь между ними, а также было понятно как осуществляется переход от зимнего режима работы кондиционера к летнему (или наоборот) и требуется ли переходный режим.

4.3.2. Определение значения величин для подбора секций центрального кондиционера

Методика расчетов элементов центрального кондиционера КТЦЗ приведены в информационно-справочном пособии [10]. Исходные данные для расчетов принимаются по результатам построенных процессов обработки приточного воздуха в кондиционере на I-d диаграмме.

Для подбора вариантов функциональных блоков (секций подогрева, оросительных камер, камер смешения, доводчиков) требуется знать прежде всего параметры t , d , I воздуха в характерных точках схемы обработки воздуха Н, К, П, П, О, С₁, С₂, Т, У (лучше оформить эти данные таблицей 4.2, указав для каждой точки параметры t , d , I).

Первый подогрев

Для подбора секций первого подогрева, применяемых при зимнем режиме работы КТЦ нужно знать расход воздуха, проходящего через эту секцию, а так же начальную и конечную температуру нагрева, которые определяются по I-d диаграмме в зависимости от принятой схемы обработки.

Теплопроизводительность воздухонагревателя первого подогрева определяется по известной формуле

$$Q_1 = G_1 \cdot c (t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}})$$

где Q_1 – теплопроизводительность ВН первого подогрева, кДж/ч;

G_1 – расход воздуха через ВН, кг/ч.

Оросительная камера

Для подбора ОК исходными данными являются расход воздуха (G_k), проходящего обработку в ней, его начальное и конечное теплосодержание I_n , I_o , а так же начальная и конечная температура воды $t_{\text{вн}}$, $t_{\text{вк}}$, подаваемой к форсункам ОК.

Определяющим для подбора оросительной камеры является летний режим ее работы, а для ХП производится проверка выбранного варианта для осуществления процесса требуемого при работе кондиционера по зимнему режиму.

Холодопроизводительность форсуночной камеры в ТП определяется по формуле 4.12 или 4.13 в зависимости от схемы обработки

При прямотоке

$$Q_x = G_k(I_n - I_0) \quad (4.12)$$

При рециркуляции

$$Q_x = G_k(I_c - I_0) \quad (4.13)$$

где Q_x – холодопроизводительность ОК по полному теплу, кДж/ч;

G_k – расход воздуха, обрабатываемого в ОК, кг/ч; при прямотоке и схеме с одной рециркуляцией $G_k = G_{пр}$, при схеме с двумя рециркуляциями $G_k = G_n + G_{р1}$;

I_0 – конечное теплосодержание воздуха (в точке «О», находящейся на пересечении линии процесса в ОК с $\varphi=95\%$) кДж/кг;

I_c, I_n – теплосодержание воздуха соответственно наружного и смеси (после первой рециркуляции), кДж/кг

Конечная температура воды в поддоне камеры определяется графически принимая ее равной температуре в точке Т, которая соответствует теоретически конечному состоянию воздуха после ОК и находится на пересечении линий процесса в камере с $\varphi=100^\circ\text{C}$.

Для того, чтобы осуществлялся успешно процесс сушки воздух путем охлаждения при контакте его с холодной водой, распыляемой в ОК, требуется, чтобы вода нагревалась при этом незначительно, примерно на 3°C .

Это обеспечивается большим расходом подаваемой воды. (74, кг/ч)

$$t_{wп} = t_{wk} - \frac{Q_x}{c_b \cdot W} \quad (4.14)$$

где c_b – теплоемкость воды, кДж/кг; $c_b = 4,19$ кДж/°C·кг

Требуемая начальная температура воды $t_{wн}$ получается путем смешения воды из поддона с t_{wk} и воды, поступающей от холодильной установки t_x . Холодильные машины без защиты от замерзания подготавливают воду с температурой $t_x = 7^\circ\text{C}$. Холодильные машины, применяемые в системах КВ, работают именно в таком режиме. [Машины с защитой(более дорогие) – с температурой $t_x = 4^\circ\text{C}$].

Поэтому целесообразно φ_v в точке В1 задаться так, чтобы при $d_{нр1}$ (влажесодержание воздуха после ОК) конечная температура воды была не ниже 10°C , что позволит использовать холодильную машину меньшей стоимости.

В холодный период года холодопроизводительность ОК по полному теплу равно нулю, так как в зимнем режиме ее работы применяется адиабатический процесс. Условная (по явному теплу)

холодопроизводительность определяется по разнице температур воздуха перед камерой орошения и после нее.

В курсовом проекте выбор варианта ОК или поверхностного воздухоохладителя ВО должен быть обоснован расчетом. Методики этих расчетов приведены в справочно-информационном пособии по подбору секции центрального кондиционера КТЦ 3 [10]. Там же даны примеры расчета.

Второй подогрев

Подогрев воздуха после ОК или ВО до требуемой температуры притока в каждое помещение производится по разному в зависимости от выбранного типа многозональной системы.

А. двухканальная система КВ

В многозональных двухканальных системах приточный воздух распределяется на два потока: охлажденный воздух (после ОК или ВО) и теплого воздуха. То есть, в центральном кондиционере нет секции второго подогрева, ее функцию выполняет воздухонагреватель, установленный в «теплом» канале. Максимальная пропускная способность канала охлажденного воздуха принимается равной суммарному расчетному количеству подаваемого воздуха в теплый период года, а канала теплого воздуха – 30-40% количества подаваемого воздуха или 50-70% расхода в канале охлажденного воздуха в холодный период.

То есть при расчетных режимах:

в теплый период года

$$L_{\text{охл}} = \Sigma L_{\text{пр}}, \quad L_{\text{т}} = 0$$

в холодный период года

$$\Sigma L_{\text{пр}} = L_{\text{охл}} + L_{\text{т}}, \quad L_{\text{т}} = 0,5 \dots 0,7 L_{\text{охл}} \quad \text{или} \quad L_{\text{т}} = 0,35 \dots 0,4 \Sigma L_{\text{пр}}, \\ L_{\text{охл}} = 0,65 \dots 0,6 \Sigma L_{\text{пр}} \quad (4.15)$$

В двухканальных системах КВ воздух с температурой, которую он имеет после камеры орошения t_0 , поступает в канал охлажденного воздуха и далее может нагреться в вентиляторе и в воздуховодах на $1-1,5^\circ\text{C}$ ($t_{\text{охл}} = t_0 + 1 \dots 1,5^\circ\text{C}$). В канале теплого воздуха он должен быть подогрев в воздухонагревателе второго подогрева до $t_{\text{тк}}$, которая определяется из следующего уравнения теплового баланса:

$$L_{\text{т}} t_{\text{тк}} + L_{\text{охл}} t_{\text{охл}} = \Sigma L_{\text{пр}} t_{\text{пр}} \quad (4.16)$$

где $L_{\text{пр}}$ - количество приточного воздуха в помещения, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$t_{\text{пр1}}$ – температура притока соответствующего помещения, которая равна температуре смеси охлажденного и теплового воздуха (в курсовом проекте допускается не учитывать плотность смесителя, который в положении закрытого на проход теплового воздуха частично пропускает его, и поэтому всегда $t_{\text{пр1}} > t_{\text{охл}}$).

а) в смесителе в зависимости от $t_{\text{пр}}$, требуемой в каждое помещение производится смешение воздуха охлажденного и нагретого в смесителе, (принцип действия которого аналогичен водопроводному смесителю) процессом смешения управляет датчик в помещении.

Б. Система КВ с доводчиками

В мнгозональной системе с доводчиками подогрев воздуха после ОК или ВО может осуществляться одним из двух вариантов.

Первый вариант

Как и в двухканальной системе в состав центрального кондиционера не включается секция второго подогрева, воздух (после камеры орошения или ВО) с температурой ($t_k + 1 \dots 1,5^\circ\text{C}$) распределяется по индивидуальным конкретным каналам (для каждого кондиционируемого помещения), в которых устанавливаются воздухонагреватели (ВН) – зональные доводчики. Теплопроизводительность каждого из доводчиков определяется по количеству воздуха, подаваемого в конкретные помещения ($G_{\text{пр1}}$ $G_{\text{пр2}}$ или $G_{\text{пр3}}$) и разницей температур: начальной равной температуре после оросительной камеры и конечной равной максимальной $t_{\text{пр1}}$ для этого помещения.

Для подбора доводчиков исходной является наибольшая величина теплопроизводительности второго подогрева, из рассчитанных для ТП и ХП. Недостатком этого варианта является большая теплопроизводительность зональных доводчиков, что приводит к значительным их габаритам и вызывает конструктивные трудности при установки их в каналах.

Вариант второй

В центральном кондиционере предусматривается установка секции второго подогрева, где приточный воздух для всех помещений с КВ подогревается до определенной температуре $t_{\text{пв}}$, а потом распределяется по индивидуальным каналам с зональными доводчиками, где он подогревается до $t_{\text{пр max}}$ для каждого помещения. При выборе $t_{\text{пв}}$ следует учесть, что целесообразным является если

наибольший нагрев осуществляется в кондиционере, а не в зональных доводчиках.

Кроме того для удобства разработки схемы автоматического регулирования работы системы КВ желательно, чтобы разница температур при нагреве в секции второго подогрева в течении того или иного периода года оставалось постоянным (а ещё лучше постоянной в течении всего года).

Регулирование теплопроизводительности зональных доводчиков управляется от датчика температуры воздуха в конкретном помещении.

4.3.3 Компоновка кондиционера КТЦЗ

Тип центрального кондиционера для разработки системы КВ – КТЦЗ – указан в задании. Типоразмер кондиционера определяется по требуемой производительности его по воздуху, которая равна суммированному расходу приточного воздуха, увеличенному на 10% для компенсации возможных утечек по пути от кондиционера до помещения.

$$L_{\text{кт}} = 1,1 \cdot \sum L_{\text{пр}}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (4.17)$$

Состав секций принимается в зависимости от разработанной схемы обработки воздуха.

Кондиционер КТЦЗ изготавливаются по трем базовым схемам, по четвертой схеме – кондиционер – утилизатор.

Схема 1 - КТЦЗ укомплектовывается камерой орошения ОКФЗ с двумя рядами стояков с форсунками

Схема 2 – КТЦЗ укомплектовывается камерой орошения с 2 горизонтальными коллекторами форсунок (только для четырех типоразмеров КТЦЗ);

Схема 3 – КТЦЗ укомплектовывается блоком теплообмена БТМ, включающим поверхностные воздухоохладители для осушки и охлаждения и оросительную систему ОКФЗ – для увлажнения.

В курсовых проектах целесообразно получить навыки подбора оборудования для КВ используя базовую схему – 1.

Базовые схемы КТЦЗ приведены в справочнике проектировщика [4] стр. 328 – 329 и в справочном пособии [10] в разделе 1.

При модификации базовой схемы в зависимости от принятой схемы обработки воздуха может дополнительно входить в состав кондиционера; 2-ая секция первого подогрева, секция второго подог-

грева, воздушная камера и воздушный клапан для рециркуляции, камера обслуживания.

В пояснительной записке следует дать схему состава кондиционера КТЦЗ, применяемого в проектируемой системе КВ, с указанием размеров отдельных секций и общей длины кондиционера при принятой комплектации. [4, 10].

4.4. Расчет воздухораздающих и воздухоудаляющих устройств

Создание нормируемых значений параметров внутреннего воздуха определяется не только соответствующей обработкой приточного воздуха, но и распределением его внутри помещения. От правильного выбора конструкции, размеров воздухораспределителей и их размещения зависит эффективность работы систем КВ.

В курсовом проекте по вентиляции гражданского здания (с целью сокращения объема проекта) допускалось выбор приточных и вытяжных решеток осуществить без расчета — ориентированно рекомендуемых скоростей воздуха в сечении решетки. При кондиционировании воздуха как при комфортном, так и при технологическом предъявляются более строгие, чем при обычной вентиляции, требования к разностям температур и скоростей воздуха, которые создаются приточными струями, входящими в обслуживаемую (СЗ) или рабочую зону (РЗ) помещения. Поэтому в курсовой работе по КВ следует обосновать расчетом тип, размеры и размещения вентиляционных решеток или других воздухораспределителей, например — диффузоров, плафонов.

В системах КВ общественных зданий, как и в системах вентиляции в них используется те же типы воздухораспределителей ВР. Довольно подробная информация о них, в том числе о ВР фирмы Арктос дана в пособии [9] стр. 85-102.

Поток воздуха, образованный принудительным истечением воздуха из отверстия называется — приточной струей. При выборе ВР следует знать тип струи, образуемой данным типом ВР и закономерности развития такой струи.

Закономерности развития струи (затухания её по скорости и выравнивания её температуры с температурой воздуха в помещении) зависит от характера струи, определённого температурой

струи, формой отверстия источника, влияния ограждающих конструкций помещения.

Форма поперечного сечения струи определяется формой отверстия из которого истекает струя. По форме поперечного сечения отличают струи *компактные, веерные, плоские, конические, кольцевые*.

Компактные струи образуются при истечении воздуха из отверстий круглой или близкой к квадратной формы.

Веерные струи образуются при принудительном увеличении угла раскрытия струи. Различают полные веерные струи, у которых угол раскрытия составляет 360° , и неполные, у которых этот угол $< 360^\circ$.

Компактная струя имеет параллельные векторы скоростей,

У веерных струй вектор скорости при истечении составляет между собой некоторый угол.

Плоские струи образуются при истечении из вытянутых прямоугольных отверстий с отношением сторон: $a_0/b_0 > 5$.

Приточная струя представляет поток с расширяющимися границами, в следствие подмешивания окружающего воздуха на границах её, количество воздуха в струе увеличивается (при постоянном количестве движения), а скорость движения уменьшается.

Свободным называют струи, на развитие которых не оказывают влияние ограждающие конструкции помещения, **стесненными** – струи, взаимодействующие с ограждениями и друг с другом.

Если площадь поперечного сечения струи составляет менее 25% от площади *поперечного* сечения помещения, то она развивается, как свободная. Поэтому возможно, что приточная струя сначала будет свободной, а потом станет не свободной, стесненные струи развиваются медленнее.

При определенных условиях влияние ограждений на развитие струй можно не учитывать и рассчитывать струи, развивающиеся в помещении, как свободные

Струя, истекающая из отверстия, расположенного вблизи плоской поверхности (например, потолка) в направлении к ней или параллельно, будет налипать на нее и двигаться вдоль поверхности. Такие струи называют *настилающимися*.

Горизонтальные компактные струи настилаются на поток, если воздухораспределитель находится на расстоянии $h > 0.65 \cdot H_{\text{пом}}$ от по-

ла. Верные струи настилаются на ближайшее ограждение независимо от высоты их размещения.

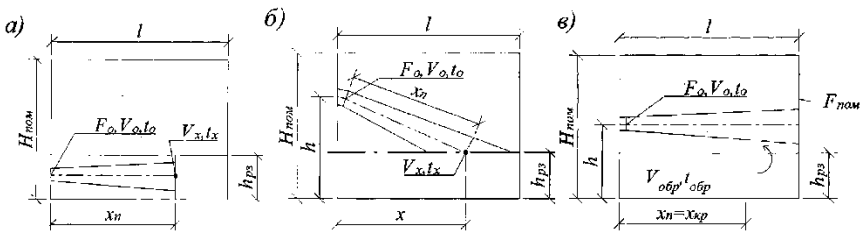
Различают струи **изотермические** и **неизотермические**. Струя называется изотермической, если температура воздуха в её объеме одинакова и равна температуре окружающего воздуха. Температура воздуха в неизотермической струе отличается от температуры окружающего воздуха. Помещения вентилируются исключительно неизотермическими струями.

Изотермические струи называют «затопленными», а неизотермические могут быть «тонущими» или «всплывающими».

При подаче «охлажденного» воздуха на потолок, когда его температура ниже средней температуры воздуха в помещении, гравитационные силы могут «оторвать» приточную струю от потолка на некотором расстоянии из отверстия $X_{отр}$.

В жилых и общественных зданиях при КВ для притока решетки часто устанавливаются в верхней части внутренних стен, тогда подача приточного воздуха осуществляется горизонтальными струями.

На рисунке 4.4 показаны схемы организации притока ненастилающимися струями:



а) – горизонтально в ОЗ; б) – наклонно в ОЗ; в) – горизонтально выше ОЗ

Рисунок 4.4 Схемы подачи притока ненастилающимися струями

Схема «а» - струя выпущена горизонтально непосредственно в обслуживаемую зону.

Схема «б» - струя выпущена вниз О.З., наклонно направленно на постоянное рабочее место в О.З.

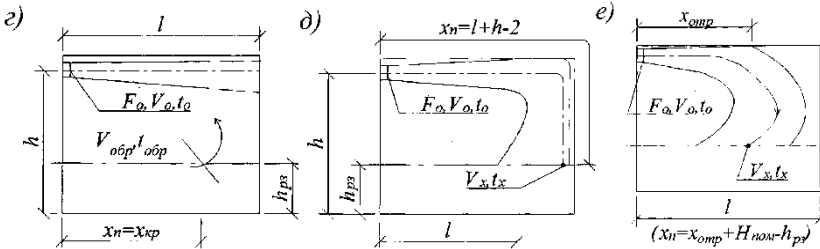
Схема «в» - струя выпущена горизонтально вниз О.З., но ниже $0,65H_{пом}$.

При схемах «а» и «б» человек оказывается под воздействием прямых, основных потоков с параметрами t_x, ϑ_x ; при схеме «в» -

под воздействием обратных (с параметрами $t_{обр}$, $\theta_{обр}$) вторичных (идущих на «питание» струи) потоков и имеющих противоположное в сравнении с прямыми, основными потоками направление.

На рисунке 4.5 показаны схемы подачи приточного воздуха горизонтальными настилающимися на потолок струями:

Схема «з» - при большой длине помещения (в направлении движения струи), в этом случае экстримальные скорости и температуры возникают, как при схеме «в», возникают в обратных потоках ($t_{обр}$, $\theta_{обр}$) на рабочих местах, расположенных в О.З. близко (по горизонтальным) к выпуску струи на расстоянии:



а) – помещение длинное; б) – помещение короткое;
в) – струя отрывается от потолка

Рисунок 4.5 Схемы подачи притока горизонтальными струями выше ОЗ настилающимися на потолок

для компактных и неполных веерных струй

$$X_n = X_{кр} = 0.3m\sqrt{F_n} \quad (4.18)$$

для плоских струй

$$X_n = X_{кр} = 0.1m^2H_n \quad (4.19)$$

где m – коэффициент, характеризующий темп затухания скорости в приточной струе; принимается для соответствующего воздухораспределителя по справочным данным [7] табл. 8.2;

H_n – высота помещения, м;

F_n – площадь поперечного сечения помещения, приходящаяся на одну приточную струю $F_n = H_n \cdot l$, где l – расстояние между воздухораспределителями (ВР), т.е. шаг размещения ВР, м.

Схема «д» - при коротком (в направлении движения потока) помещении струя достигает противоположной смены и «стекает» по ней. По такой схеме распространения обычно «нагретая струя»

($t_{\text{пр}} > t_{\text{рз}}$) или охлажденная = выпущенная с большой скоростью настыльно на потолок.

Схема «е» - это более общий случай настиляющей на потолок «охлажденной» (горизонтальной струи); струя под действием гравитационных сил «отрывается» от потолка на некотором расстоянии $X_{\text{отр}}$, не достигая противоположной смены. Это расстояние определяется по формуле

$$\begin{aligned} &\text{для компактных струй: } X_{\text{отр}} = 0,5 \cdot A; \\ &\text{для плоских и веерных струй: } X_{\text{отр}} = 0,4 \cdot A, \end{aligned} \quad (4.20)$$

где A – геометрическая характеристика струи:

для компактных и веерных струй

$$A = 5,45 \cdot m \cdot \vartheta_0 \cdot \sqrt[4]{F_0} / \sqrt{n(t_{\text{в}} - t_{\text{пр}})} \quad (4.21)$$

для плоских струй

$$A = 9,6 \cdot \sqrt{b_0(m \cdot \vartheta_0)^4 n^2 (t_{\text{в}} - t_{\text{пр}})^2} \quad (4.22)$$

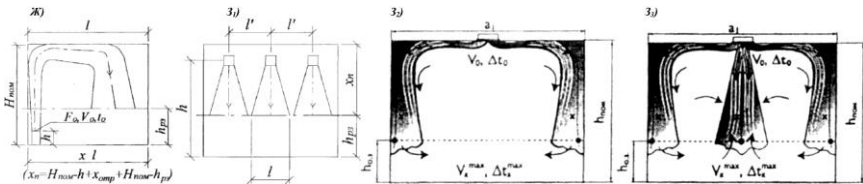
где n – коэффициент затухания температуры

ϑ_0 – скорость воздуха на выходе из воздухораспределителя, м/с;

F_0 – площадь живого сечения выпуска воздуха, м²;

b_0 – ширина щели, м;

На рисунке 4.6 воздуха осуществляется вертикальными струями



Ж) – вертикально снизу-вверх; 31) – вертикально сверху-вниз; ненастиляющая струя; 32) – вертикально сверху-вниз; настиляющая струя; 33) – вертикально сверху-вниз; комбинированная струя

Рисунок 4.6 Схемы подачи притока вертикальными струями

Схема «ж» - Вертикально снизу-вверх при достижении потолка струя развивается по схеме «д» или «е».

Схема «з» - Вертикально вниз, (через решетки или диффузоры, установленные на подшивном потолке), ненастилающимся на потолок, настилающимся и комбинированными струями в зависимости от типа плафона.

При организации распределения приточного воздуха в помещениях с КВ следует принимать:

- в помещениях с большой высотой $H_{п} > 5 \div 6$ – схемы «б» и «в» или на двух уровнях комбинацией схем «б», «в» и «е»;

- в помещениях с высотой $H_{п} = 3 \div 5$ м, в которых есть возможность уменьшить высоту помещения на 0,5 м за счет устройства подшивного потолка для размещения на нем плафонов – схема «з»;

- в помещениях не большой высоты и невозможности устройства подшивного потолка – схема «г», «д», «е»; при этом обязательно следует проверить возможность «отрыва» струи от потолка, т.е. рассчитать $X_{отр}$. Тогда при длине помещения меньше $X_{отр}$ – схема «д»; при длине помещения (в направлении движения потока) больше $X_{отр}$ – схема «е»

- довольно часто проектировщики для некоторых кондиционируемых помещений (подобно которым есть в заданиях на курсовой проект) используют следующий вариант организации воздухообмена: подшивка выполняется не на весь потолок по двум длинным противоположным стенам – у наружной стены для подачи приточного воздуха через решетки или диффузоры по схеме сверху-вниз, а у внутренней (подшивается потолок) – для установки устройств удаления воздуха.

Выбор типа и числа ВР (решеток или диффузоров) является многовариантным. В данном проекте достаточно принять один из вариантов и расчетом доказать допустимость (в соответствии СП-60 [1]) его применение в одном из помещений с КВ.

Задача выбора и расчета ВР является: выбор их типа, числа и места расположения, при которых при подаче расчетного расхода приточного воздуха $L_{пр}$ (м³/ч) в ОЗ при входе в неё струи экстремальные параметры струи t_x, ϑ_x или $t_{обр}, \vartheta_{обр}$ будут соответствовать нормативным отклонениям от расчетных температур и скорости воздуха в обслуживающей зоне (t_v, ϑ_v) и в ТП, и ХП.

Расчет по скорости производится, как правило, для зимних условий, так как нормируемое значение ϑ_v для ХП меньше, чем для ТП.

Расчет по температуре выполняется для того периода, при котором в проекте расчетное значение разницы температуры воздуха на выходе из приточного отверстия ($t_o = t_{np}$) и расчетной температуры воздуха в О.З. (t_b) ($\Delta t_o = t_b - t_o = t_b - t_{np}$), больше.

По температуре расчет производится для того периода года, при котором в проекте расчетное значение разницы температуры на выходе из приточного отверстия и температуры в помещении ($\Delta t_o = t_b - t_{np}$) больше.

Исходными данными для расчета являются:

- общий расчетный расход приточного воздуха в данном помещении $L_{пр}$, м³/ч;

- размеры помещения длина, ширина, высота $H_{п}$, м;

- температура приточного воздуха в ТП и ХП t_{np} , °С

- возможная высота установки h , м;

- расчетные параметры внутреннего воздуха t_b, ϑ_b в ХП и ТП.

- допустимые отклонения параметров воздуха в приточной струе при достижении её обслуживаемой зоны помещения

Согласно приложению Б СП-60.13330-2012 [1]

- *максимальная скорость при входе струи* в О.З. ($\vartheta_{x\max}$) должна быть равна

$$\vartheta_{x\max} = K_{п} \vartheta_{п}, \quad (4.23)$$

где $\vartheta_{п}$ – расчетная нормативная скорость в помещении, м/с;

$K_{п}$ – коэффициент перехода от нормируемой скорости движения в помещении к максимальной, принимаемый по таблице приложения Б [1]

- *минимальная температура в струе* при входе её в О.З. при ассимиляции теплоизбытков определяется из условия нормативного отклонения Δt_2

$$t_{x\min} = t_b - \Delta t_2 \quad (4.24)$$

где t_b - расчетная температура внутреннего воздуха;

Δt_2 – допустимое отклонение температуры в струе от расчетной t_b принимаемое по обязательному приложению В СП [1].

Изложенные выше сведения о струях свидетельствуют, о многообразии характера струи и условий их затухания в помещении. Столь же большим разнообразием отличаются и методики их расчета, изложенные в справочно-информационной и учебной литературе.

Ниже приведен список источников, в которых приведен тот или иной метод расчета приточной струи.

Аналитический метод расчета: [4]

- справочник проектировщика стр. 179 – 190;
- учебное пособие стр. 217 – 245; [6];
- справочник проектировщика под редакцией Павлова Н.Н. [4];
- рекомендации по расчету воздухораспределителя в общественных зданиях, [11].

Графический метод расчета:

- указания по расчету воздухораспределителей. Арктос [12]

Наилучшим образом отвечают условиям данного проекта информация [6] и [7].

Наименее трудоемким является графический метод выбора ВР. [12]

Любым из этих источников студент имеет право воспользоваться, обосновывая выбор ВР. (обязательно указав источник)

Последовательность выбора и расчета ВР в курсовом проекте следующая:

1. Учитывая рекомендации нормативных документов на проектировании В и КВ в данного типа зданиях (или помещениях), выше приведенных рекомендации, а так же рекомендации учебных пособий справочников (например [4] стр. 128 – 131), выбирается тип ВР и соответствующие ему коэффициенты затухания по длине струи температуры и скорости (m и n). m, n (например по таблице 8.2 [7], таблица 14 [6] или таблица 17.6 [4])

2. Выбирается схема подачи приточного воздуха, в соответствии с рисунками 4.4...4.6, рисунок 88 [6] или рисунок 8.1 [7]

3. При ручном счете требуется выбрать стороны ячейки пола помещения, обслуживаемой одной струей (модуля) с учетом равномерности распределения потока воздуха, используя рекомендации справочников и учебных пособий. (например [4] стр. 130 – 134)

При графическом методе подбора ВР фирма Арктос [12] рекомендуется размер «модуля» $a_1 \times b_1$, обслуживаемого одним ВР принимать:

- **при подаче горизонтальными** струями модуль должен удовлетворять условиям:

$$0,31 = \frac{a_1}{m\sqrt{b_1 H_n}} \leq 0,62, \quad 0,8 = \frac{b_1}{H_n} \leq 3 \quad (4.25)$$

где a_1 – длина ячейки (модуля) в направлении движения потока, м;
 b_1 – ширина ячейки в направлении перпендикулярном движению потока (т.е. расстояние между ВР или шаг установки ВР); м;

Например, ориентировочно при высоте помещения

$$H_n = 2,5 \text{ м} \quad 2 \leq b_1 \leq 7,5 \text{ м}$$

$$H_n = 3 \text{ м} \quad 2,4 \leq b_1 \leq 9,0 \text{ м}$$

$$H_n = 4 \text{ м} \quad 3,2 \leq b_1 \leq 12,0 \text{ м}$$

$$H_n = 5 \text{ м} \quad 4,0 \leq b_1 \leq 15,0 \text{ м}$$

- при подаче вертикальным струями помещения на один ВР определяется из условия

$$\sqrt{a_1 \cdot b_1} = (1 \div 3,3)(h_0 - h_{pz}) \quad (4.26)$$

где h_0 – высота установки ВР над уровнями пола, м;

h_{pz} – высота рабочей зоны (для работающих сидя) $h_{pz} = 1,5$ м;

b_1 – шаг установки ВР, м; рекомендуется принимать от 2 до 6 м;

$h_0 = H_n - 0,3 \div 0,5$ ($0,3 \div 0,5$ – высота известного потолка или горизонтального короба, снизу которого установлены плафоны.

Тогда например при :

$$1. \quad H_n = 3 \text{ м} \quad \sqrt{a_1 \cdot b_1} = (2,5 - 1,5)(1 \div 3,3)$$

(При $a_1 = b_1$, $a_1 = b_1 = 1 \div 3,3 \text{ м}$)

$$2. \quad H_n = 3 \text{ м} = 4 \text{ м} \quad \sqrt{a_1 \cdot b_1} = (2 \div 6,6)$$

(При $a_1 = b_1$, $a_1 = b_1 = 2 \div 6,6 \text{ м}$)

$$3. \quad H_n = 5 \text{ м} \quad \sqrt{a_1 \cdot b_1} = (3 \div 9,9)$$

(При $a_1 = b_1$, $a_1 = b_1 = 3 \div 9,9 \text{ м}$)

4.5 Компоновка вентиляционных систем и конструктивные решения

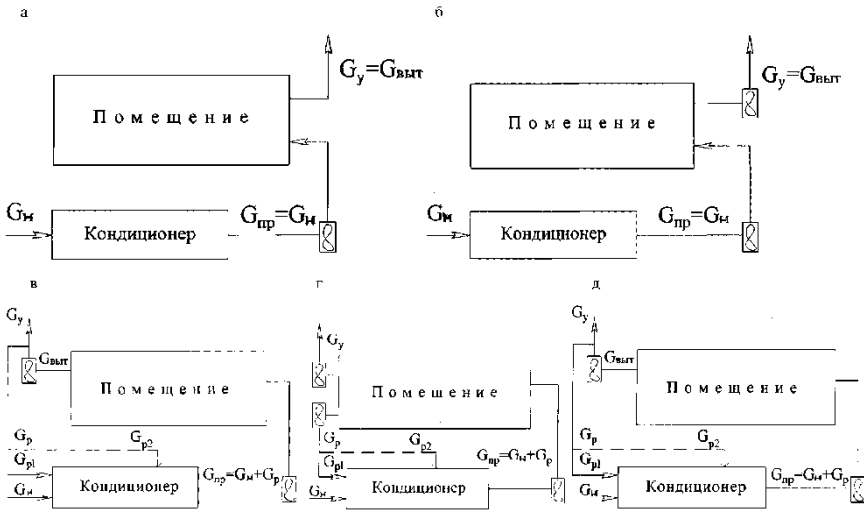
Компоновка каналов – воздуховодов в приточной и вытяжной системах при проектировании центральных многозональных систем КВ общественных и жилых зданиях выполняется по тем же принципам, что и при проектировании вентиляции в этих зданиях, т.е. с учетом возможности применения рециркуляции во всех помещениях, режима работы помещений, возможности временного отключения КВ для отдельных помещений и т.д. При проектировании многозональных центральных системах КВ приточная система, скорее всего, предусматривается единая для всех помещений с кондиционируемым климатом, вытяжных же – может быть несколько.

Конструктивно система каналов и воздухоподающих устройств может не отличаться от запроектированной системы вентиляции, так как при КВ могут применяться те же воздухораспределители и те же каналы из строительных конструкций или металлические воздуховоды прямоугольного или круглого сечения.

В учебных целях в курсовом проекте по КВ рекомендуется принимать металлические воздуховоды, по возможности, не только в подвалах или тех.этажах, но и в самих помещениях с подводками к ВР гофрированными, гибкими воздуховодами. В этом случае воздуховоды в помещениях общественных зданий рекомендуется прокладывать в подвесных потолках.

Чтобы сократить высоту подшивки целесообразно ВР (вентиляционные решетки или диффузоры) монтировать с камерами постоянного статического давления, когда подводка к ВР выполняется сбоку (а не сверху), как показано на рис. 5.11 пособие [9].

Оборудование вытяжных систем устанавливается на этажах или чердаках. На рис. 4.7 показаны различные схемы размещения вытяжных вентиляторов.



а, б – при прямотоке; б, г, д – при использовании рециркуляции

Рисунок 4.7 Схемы подачи и удаления воздуха из помещений

Схема «а» - схема приточная КВ одновентиляторная мало применяется, так как вытяжка должна осуществляться за счет значи-

тельного подпора создаваемого вентилятором кондиционера, равно- го сопротивлению вытяжных каналов при расходе вытяжки, равной притоку. (большой подпор отрицательно сказывается на открыва- ние и закрывание дверей) ;

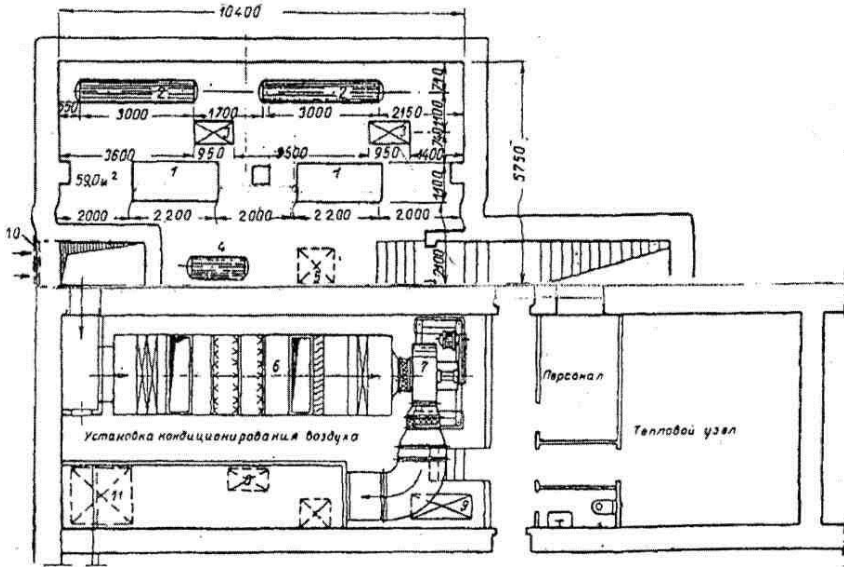
Схема «б» - предусмотрена установка вентилятора в вытяжной системе; при этом устраняются недостатки системы «а».

Схема «в», «г» - схема КВ с рециркуляцией (одной или двумя) Согласно СП (1) для рециркуляции должны быть предусмотрен са- мостоятельный вентилятор. Схема «в» и «г» аналогичны по исполь- зованию вытяжного вентилятора соответственно схемам «а» и «б». При круглогодичном кондиционировании расход рециркуляцион- ного воздуха целесообразно изменять, а при некоторых параметрах наружного воздуха - отказываться от рециркуляции ($G_p = 0$), По- этому сечение рециркуляционных каналов подбираются по $G_{p \max}$, а вытяжные (внутри помещения) в этом случае рассчитывают на об- щее количество воздуха удаляемого из помещения.

Схема «д» - при такой схеме по вытяжным каналам из помеще- ний удаляется общее количество ($G_y + G_p$), а разделение вытяжных каналов на рециркуляционные и каналы для удаления воздуха наружу выполняется после вентилятора с установкой в них клапа- нов для регулирования количества рециркуляционного воздуха.

Отличие СКВ от систем вентиляции заключается в отличие оборудования для обработки воздуха. Центральный кондиционер имеет, как правило, больше габариты, (точнее длину) в отличие от приточных камер той же производительности по воздуху. Он может быть во внутреннем или наружном исполнении, т.е устанавливаться в отапливаемом и неотапливаемом помещении. Однако, если есть технический этаж (например, подвал) то целесообразно именно там размещать оборудование КВ. При установке на этаже или чердаке не требуется устраивать помещение воздухозабора – кондиционер может примыкать непосредственно к наружной стене. Кроме того при проектировании СКВ требуется предусмотреть машинный зал для холодильной установки, состоящий из отдельных видов обо- рудования (компрессоров, конденсаторов, испарительных агрегатов) или холодильной машины, (выполненный в виде моноблока), насосной станции, расивера фреона, баков холодной и нагретой во- ды.

На рисунке 4.8 дан пример планировки машинного зала с размещением двух компрессорно-конденсаторных агрегатов с одним кондиционером большой производительности, в системе кондиционирования воздуха в одном из театров г. Москвы.



1 – компрессорно-конденсаторный агрегат; 2 – испарители; 3 – циркуляционные насосы; 4 – ресиверы фреона; 5 – электропитание холодильно-компрессорной установки; 6 – кондиционеры, производительностью 40 000 м³/ч; 7 – центробежные вентиляторы к кондиционерам; 8 – циркуляционные насосы к кондиционерам; 9 – воздушные компрессоры для автоматики; 10 – жалюзийные решетки для забора свежего воздуха; 11 – баки для холодной и подогретой воды

Рисунок 4.8 Планировка машинного зала с двумя холодильными машинами

Если конденсатор холодильной машины ХМ, предназначенный для «сбрасывания» из контура ХМ тепла, (воспринятого от охлаждаемой воды от кондиционера) имеет водяное охлаждение, то он должен размещаться в помещении (при круглогодичном использовании). При воздушном охлаждении или водяном, но только в летнее время он размещается снаружи. Это касается и холодильных машин выполненных в виде моноблоков (например МКТ)

В настоящее время в системах центрального кондиционирования воздуха применяются современные моноблочные водоохладите-

ли-чиллеры, (которые были разработаны для современных систем КВ на базе «чиллер-фанкойлы», как источников холода).

Чиллер в зависимости от способа охлаждения конденсатора устанавливается вне здания. (на крыше здания или во дворе) или внутри здания. Чаще всего он применяется с воздушным охлаждением атмосферным воздухом.

4.6 Аэродинамический расчет приточных и вытяжных систем

Число вентиляционных систем подлежащих аэродинамическому расчету определяется заданием на курсовой проект, но должно быть не менее 2 (одной приточной и одной вытяжной). Диаметры круглых (или сечение прямоугольных) воздуховодов выбираются по расходу и рекомендуемым скоростям (см [7] или [9] таблица 3.11) которые такие же как и при проектировании обычной вентиляции. Аэродинамический расчет выполняется с целью *определения потерь давления в сечении воздуховодов*, что необходимо знать для выбора вентилятора по развиваемому им давлению. Методика расчета методом удельных потерь, (который студенты должны освоить при ранее разрабатываемых ими проектах по вентиляции), дана в учебном пособии [9] стр 145-167. Расчет оформляется таблицей форма, которой приведена в пособии [9] стр.....

Для систем КВ рекомендуется применять воздуховоды малоскоростные (со скоростью воздуха в канале, не превышающей 13 м/с), низкого давления.

Рекомендуется максимальная скорость воздуха в каналах низкого давления принимаются в зависимости от назначения помещения с КВ. (таблица 4.2)

Таблица 4.2 Рекомендуемая максимальная скорости воздуха в каналах низкого давления, м/с

Применение	Главные каналы (сборник)		Ответвления	
	Приточные	Вытяжные	Приточные	Вытяжные
Жилые дома	5,0	4,0	3,0	3,0
Групповые в д/с	5,0	4,0	3,0	3,0
Классы в школах	6,0	5,0	4,0	4,0
Гостиницы (номера)	7,5	6,5	6,0	5,0
Учреждения	8,0	6,5	6,0	5,0
Рестораны	9,0	7,0	7,0	6,0
Супермаркеты	9,0	7,0	7,0	6,0

Для ориентировочного выбора сечения воздухопроводов по заданному расходу и рекомендуемой скорости воспользоваться диаграммой рисунок 4.9.

Удельные потери на трение R определяется по таблицам справочника проектировщика [7] стр. 252-263

При применении гибких воздухопроводов следует учесть увеличение значения R , пропорционально увеличению коэффициента трения λ , которое для гибких гофрированных воздухопроводов может превышать в гладких в 4-5 раз (в зависимости от степени сжатия и скорости воздуха). Чтобы уменьшить потери давления в таких воздухопроводах скорости в них принимаются не более 4-5 м/с. Удельные потери R в гибких гофрированных воздухопроводах можно определить по номограммам рисунок 4.10, 4.11, 4.12

Подбор коэффициентов местных сопротивлений на расчетных участках должен быть обоснован в соответствии с таблицами справочника проектировщика [5] стр 213-231.

В пояснительной записке должна быть расчетная схема вентиляционной сети с указаниями номеров расчетных участков, а на чертежах – монтажная оформленная в соответствии с ГОСТ 21.602 – 2016 СПДС (без указания номеров участков).

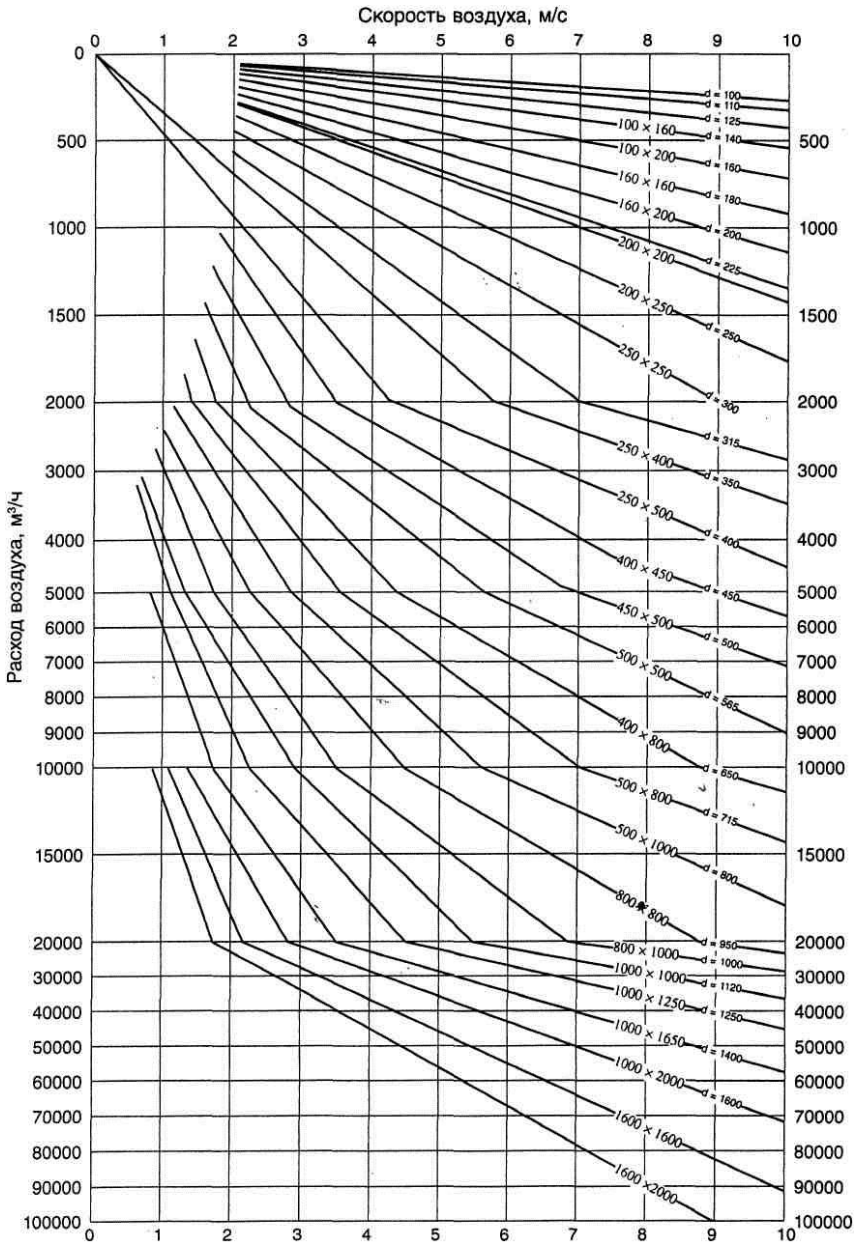


Рисунок 4.9 Диаграмма для подбора воздуховодов

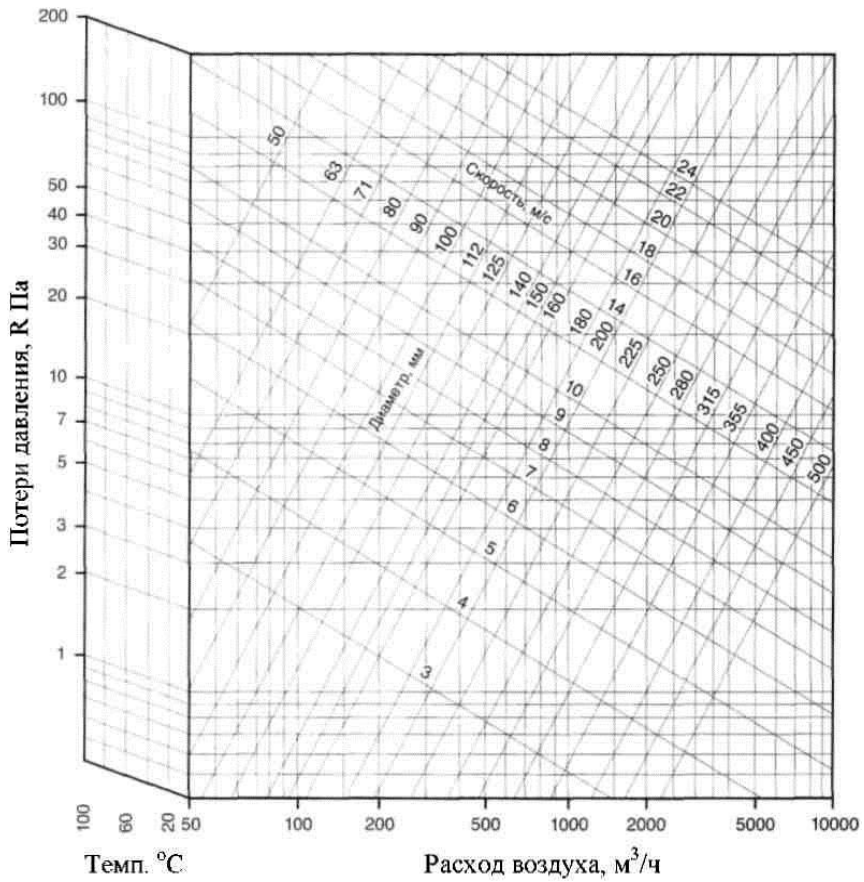


Рисунок 4.10 Диаграмма потерь давления на 1 метр растянутого гофрированного воздуховода

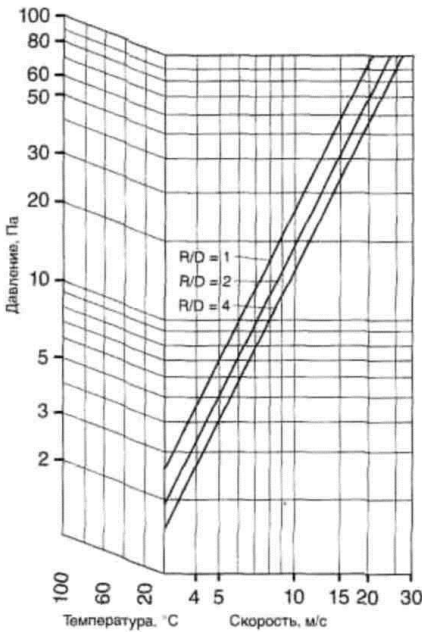


Рисунок 4.11 Потери давления на повороте 90°

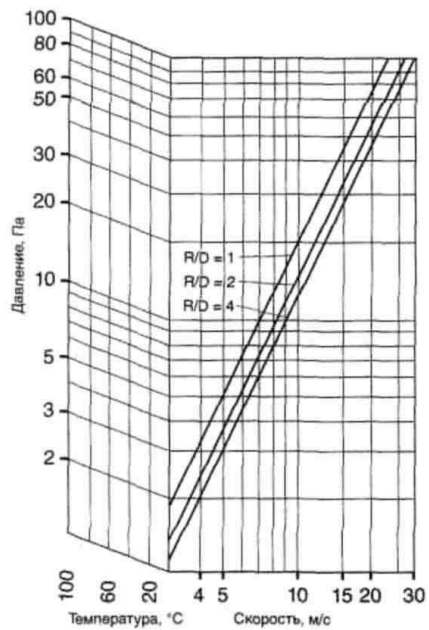


Рисунок 4.12 Потери давления на повороте 45°

4.7. Выбор оборудования КТЦЗ

Согласно заданию на курсовой проект требуется в качестве центрального кондиционера принять КТЦЗ. Типоразмер кондиционера определяется по его производительности по воздуху. (п.4.3.3)

Расчетным путем при компоновке кондиционера выбираются функциональные блоки: форсуночные камеры, воздухонагреватели первого и второго кондиционера, воздухоохладители. В пояснительной записке обязательно должен быть представлен расчет камеры орошения (или поверхностного воздухоохладителя), воздухонагревателя в «теплом канале» - в двухканальной многозональной системе и не менее одного зонального доводчика – в системах с доводчиками.

Расчет можно выполнить по методике, изложенной в пособии [10]:

- оросительной камеры – раздел 1.2;
- воздухонагревателей – раздел 3;
- воздухоохладителей – раздел 4.

Наиболее полно материалы для расчетов содержатся в «Руководящем материале» [15]. Для зонального регулирования температуры приточного воздуха применяются в качестве доводчиков: калориферы, установленные в каналах приточного воздуха. Характеристика калориферов приведена в справочниках [5], [7], а так же в учебном пособии [9] стр. 187 в таблице 8.4. методика расчета зонального доводчика используется та же, что и выбор секции подогрева приточных камер [9] стр. 184...201 с той лишь разницей, что калорифера может быть выбран любой тип. Поэтому предварительно следует задаться скоростью воздуха 7-9 кг/(м²·с) определить живое сечение калорифера по воздуху f_v (по формуле 8.3 в пособии [9]) и выбрать вариант с подходящем фронтальным сечением, для которого по выше названным таблицам определяют фактические сечения по воздуху и по теплоносителю (f_v , f_t) и поверхность нагрева F_ϕ , м².

Исходными данными для расчета зонального доводчика являются:

- расход нагреваемого воздуха G , кг/ч;
- количество тепла, потребное для нагрева, Q , кДж/ч, (см. п. 4.3.2. методических указаний);
- температура теплоносителя T_1 и T_2 , °С.

Определяемой величиной является требуемая поверхность нагрева $F_{тр}$ (по формуле 8.5 [9]). Зная поверхности нагрева нецелесообразно допускать большой. Однако, опасности размораживания калорифера-доводчика нет, так как находится в зоне положительных температур. Кроме того, после аэродинамического расчета производится выбор вентилятора (из вариантов в соответствии со спецификацией, но КТЦ -3 требуемой производительности) по требуемому давлению, необходимому для преодоления сопротивлению движению воздуха в вентиляционной сети. Требуемая производительность КТЦ – 3 по воздуху равна суммарному расходу воздуха с СКВ с учетом запаса (формула 4.17). Требуемое давление вентилятора при схемах а, в (рис 4.7)

$$P_B = 1,1 \sum (RL\beta + z)_{пр} + \sum \Delta P_{ск} + 1,1(RL\beta + z)_в \quad (4.27)$$

при схемах б, г, д (рис.4.7)

$$P_B = 1,1 \sum (RL\beta + z)_{пр} + \sum \Delta P_{ск} \quad (4.28)$$

где P_B – требуемое давление вентилятора, Па;

$\Sigma(RL\beta + z)_{\text{пр}}$, $\Sigma(RL\beta + z)_{\text{в}}$ – суммарные потери давления на участках соответственно приточной и вытяжной системы каналов, Па;

$\Delta P_{\text{ск}}$ – потери давления в секциях кондиционера и доводчиках, Па.

На вытяжных системах могут быть предусмотрены типовые вытяжные камеры, каналные или какого-либо другого типа вентилятора, обладающими наилучшими акустическими характеристиками. Как в приточных, так и в вытяжных устройствах должны быть предусмотрены шумоглушители. Выбор путем акустического расчета в курсовом проекте допускается не выполнять.

При выборе холодильной машины надо иметь ввиду, что в системах КВ наибольшее применение получили паро-компрессорные холодильные машины, использующие энергию механического привода для циркуляции рабочей среды (хладона) по замкнутому контуру через аппараты (компрессор, конденсатор, испаритель), в которых последовательно изменяется ее агрегатное состояние.

Кроме того следует учесть особенности хладонов, на которых работают холодильные машины.

Хладон – фреон R-12, на котором работали машины ХМВ, ХМУ, запрещен вследствие высокой озоноразрушающей активности. Эти машины, характеристика которых приведена в учебном пособии [6] в курсовом проекте применять не рекомендуется.

Хладон – фреон R-22 обладает более низкой озоноразрушающей активностью, он тоже во многих странах запрещен.

В нашей стране R-22 еще довольно активно используется (ввоз в страну запрещен, но его запасы велики) и 90% кондиционеров в настоящее время используют хладон R-22.

В качестве хладонов, заменяющих R-22, предлагаются полностью озонобезопасные R-410A, R-407, R-134A. Однако, эти хладоны обладают другими техническими свойствами, далекими от совершенства и цена их в 5-6 раз выше R-22. Последнее является важным аргументом, сдерживающим их широкое применение в СКВ.

Подбор холодильной машины в курсовом проекте можно выполнить по требуемой холодопроизводительности и требуемой температуре воды выходящей из холодильной машины, работающих в режиме для кондиционирования воздуха. В этом режиме

температура испарения $t_{\text{и}} = +5^{\circ}\text{C}$. Тогда температуру охлажденной воды можно получить на 2°C выше, т.е. 7°C .

Характеристики холодильных машин МВВ и МКТ, работающих на фреоне R-22 в режиме кондиционирования приведена в таблице 4.3.

Таблица 4.3 Технические показатели водоохлаждающих парокомпрессионных холодильных машин

Показатели	Холодильная машина							
	МКТ 25-2-0,1	МКТ 40-2-0,1	МКТ 80-2-0,1	МКТ 110-2-0,1	МКТ 220-2-1	МКТ 350-2-1	МВВ 10-2-2	МВВ 4-1-2
Холодопроизводительность, кВт	37,5	72,6	145	215	430	675	10	3,5
Потребляемая мощность, кВт	10,2	19,5	39	48,7	97,4	165	4,5	1,8
Размеры, мм.								
длина	2250	2300	2770	3725	3870	4010	1155	934
ширина	820	715	750	2020	2060	2300	990	554
высота	1050	1510	1640	1495	1675	1675	585	577

Примечание: стандартный режим температура испарения $t_{\text{и}} = -15^{\circ}\text{C}$; всасывания $t_{\text{вс}} = 15$, конденсат $t_{\text{к}} = 30$, через ТРВ $t_{\text{п}} = 25\%$.

Режим для КВ $t_{\text{и}} = 5^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{вс}} = 15^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{к}} = 35$, $t_{\text{п}} = 30^{\circ}\text{C}$

4.8 Разработка термодинамической схемы автоматического регулирования СКВ

При комфортном кондиционировании воздуха (т.е. для создания оптимальных параметров микроклимата) в помещениях жилых и общественных зданий с помощью систем автоматического регулирования СКВ при температурах наружного воздуха $t_{\text{н}} \leq 8^{\circ}\text{C}$ (ХП) в помещении поддерживается постоянной $t_{\text{в}} = t_{\text{в}}^{\text{хп}} = \text{const}$, при $t_{\text{н}} > 8^{\circ}\text{C}$ – $t_{\text{в}} = t_{\text{в}}^{\text{тп}} = \text{const}$ и влажность воздуха в заданном нормами интервале.

Постоянная температура воздуха внутри помещения (в каждом помещении своя) должна поддерживаться постоянной независимо от изменения наружных условий (параметров $t_{\text{н}}$, $I_{\text{н}}$, интенсивности солнечной радиации и т.д.) и изменения внутренних условий (изменения числа людей, изменения тепловыделений от разных видов источников) при возможных параметрах наружного воздуха отмеченных на I-d диаграмме определенной областью (рисунок 4.13)

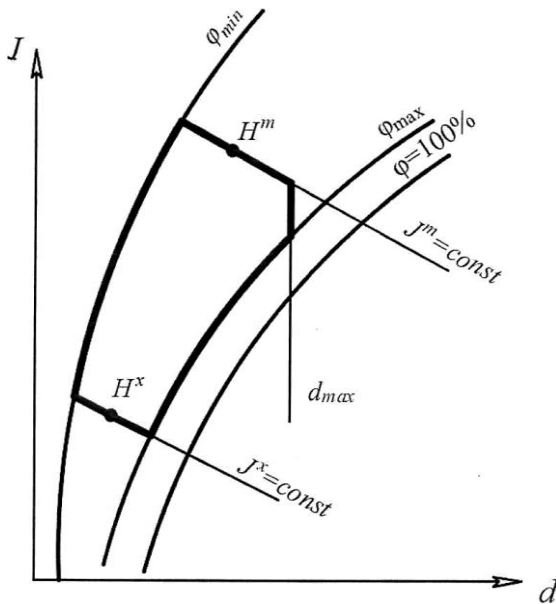


Рисунок 4.13 Зона расчетных параметров наружного воздуха

Для того, чтобы построить эту область следует:

- провести линии $I_n^T = \text{const}$ и $I_n^x = \text{const}$;
- ограничить $\phi_{\max}=100\%$, $\phi_{\min} = 30\%$ (для сухого климата $\phi_{\max}=90\%$, $\phi_{\min} = 20\%$, для континентального климата; $\phi_{\max}=70\%$ - для резко континентального)
- максимальное влагосодержание принимается $d_{n \max} = d_{\text{ср}} + 2 \dots 3$ г/кг, где $d_{\text{ср}}$ – среднее значение за июль или август – какое больше.

При разработке схемы автоматического регулирования состояния наружного воздуха, соответствующие точкам, находящимся за пределами этой области, не рассматриваются.

При любых параметрах t_n , I_n , в отмеченной области требуется знать какие элементы СКВ работают и как их работой управляет система автоматического регулирования и какие задачи при этом она выполняет.

Задача первая – обеспечение заданного значения температуры внутреннего воздуха.

Так как исходя из формулы 4.1 (при $t_y = t_b$) получается, что

$$t_b = t_{\text{пр}} + \frac{Q}{c * G_{\text{пр}}}$$

Значит, что при качественном регулировании, когда ($G_{\text{пр}} = \text{const}$) каждому значению избытков явного тепла в помещении для обеспечения $t_{\text{в}} = \text{const}$, должна соответствовать конкретное значение $t_{\text{пр}}$, которое в системах КВ с зональными доводчиками зависит от теплоотдачи зональных доводчиков, а в двухканальных - от того в каком соотношении смешивается воздух после оросительной камеры с воздухом из «теплого канала». Пример схемы регулирования теплоотдачи зонального доводчика показан рисунок 4.14.

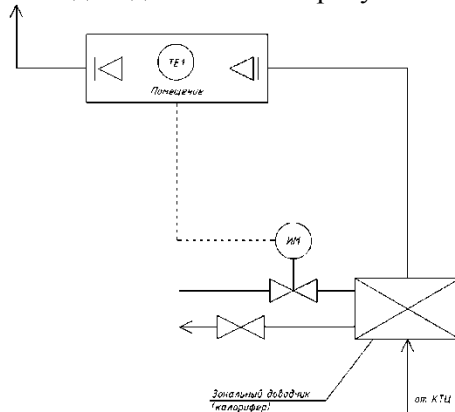


Рисунок 4.14 Регулирование температуры притока

Датчик температуры TE1 настроенный на температуру $t_{\text{в}}$, управляет подачей теплоносителя в калорифер-доводчик через механизм ИМ1 (привод маховика вентиля на трубопроводе теплоносителя).

Задача вторая — регулирование относительной влажности в помещении

Относительная влажность $\phi_{\text{в}}$ может быть обеспечена (при $t_{\text{в}} = \text{const}$) строго заданной величиной лишь в однозональных системах. (см. п 4.1 настоящих указаний); когда датчик влажности установленный в помещении управляет аппаратом (оросительной камерой), где приточный воздух приобретает определенное влагосодержание, соответствующеелагоизбыткам в помещении в данный момент согласно формуле 4.2

$$d_{\text{пр}} = d_{\text{в}} + \frac{W}{G_{\text{пр}}}$$

То есть при качественном регулировании при $G_{пр} = \text{const}$ для обеспечения $d_{в} = \text{const}$ необходимо, чтобы $d_{пр}$ изменялось в зависимости от изменения влагоизбытков W .

Относительное постоянство $\phi_{в}$ в помещении при однозональной системе КВ обеспечивается стабилизацией точки росы t_p приточного воздуха (т.е. $d_{пр} = \text{const}$)

Этот косвенный способ обеспечения $\phi_{к} = \text{const}$ дает удовлетворительные результаты при незначительных колебаниях влаговыделений в помещении. Этот способ регулирования целесообразно применять в многозональных двухканальных и с доводчиками системах КВ.

Постоянство $d_{пр}$, а значит постоянство точки «К», обеспечивается по-разному при разных режимах работы кондиционера и разных параметрах наружного воздуха.

Поэтому область наружных параметров делится на зоны, для каждой из которых свой способ обеспечения постоянно (или переменной в определенном интервале) точки «К» на $\phi = 95\%$.

Рисунок 4.15, на котором показана схема обработки воздуха в теплый период года, позволяет, например, сделать вывод, что постоянство точки «К» в этот период обеспечивается при каждом состоянии воздуха перед камерой орошения подбором определенной температуры воды, разбрызгиваемой в камере орошения.

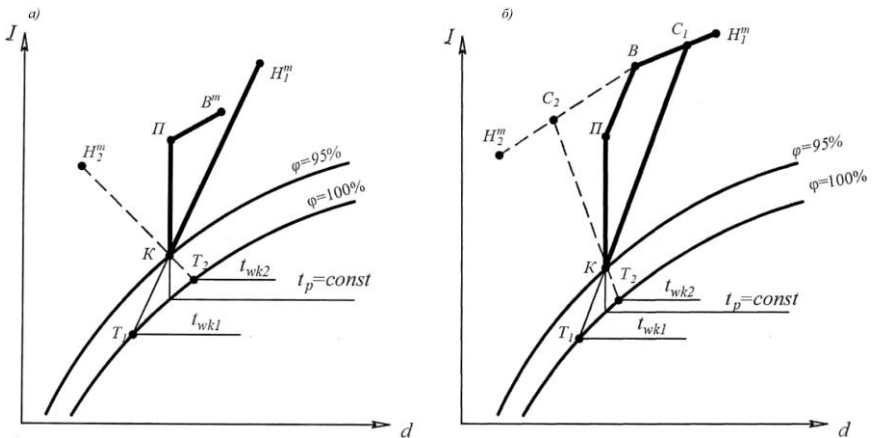


Рисунок 4.15 Регулирование по точке росы приточного воздуха в I-d диаграмме в ТП

Задача студента при разработке схемы регулирования, проанализировав годовой режим работы КВ; выявить способ регулирования, определить от работы каких элементов КТЦ зависит положение точки К где поставить датчики (какие и как настроенные) и указать какими механизмами они должны управлять, (показать это на схеме).

Этой работе предшествует основательное изучение процессов термовлажностной обработки воздуха в системах КВ при изучении курса лекций, практических занятий и учебников (например [9] стр. 339-355).

5 СКВ С КОНДИЦИОНЕРАМИ СПЛИТ--СИСТЕМ (второй вариант)

5.1 Характеристика сплит-систем

В качестве второго варианта согласно заданию следует рассмотреть вариант КВ для ТП с применением сплит-систем.

Для кондиционирования воздуха в жилых и общественных (офисных) помещениях наибольшее распространение получили кондиционеры сплит-систем.

Название «сплит-система» происходит от английского split – расщеплять, разделять. Система разделена на два блока – внутренний и внешний. Внешний блок, где установлен компрессор, имеет повышенный уровень шума. Этот блок выносится наружу и устанавливается на стене здания, на крыше, чердаке, в подсобном помещении или на балконе.

Внутренний блок, устанавливаемый непосредственно в кондиционируемом помещении и осуществляет охлаждение, а также создает необходимую подвижность обработанного воздуха.

При выполнении курсового проекта по кондиционированию воздуха общественного здания следует изучить принцип действия «сплитов», конструктивные особенности таких систем и методику подбора оборудования по учебному пособию, разработанному на кафедре СТС [10].

Так как сплит-системы (бытовые) не подают в помещение наружный воздух, а лишь обрабатывают внутренний, для вентиляции, т.е. для обеспечения дыхания людей свежим воздухом следует предусматривать в этом случае приточную и вытяжную системы.

Приток наружного воздуха принимается равным минимальному в соответствии с нормативными значениями [1]. Конструктивные решения этих вентиляционных систем те же, что и при обычной вентиляции центральном КВ данных помещений.

При разработке второго варианта СКВ для ТП в помещениях согласно заданию на курсовой проект следует:

- определить требуемую холодопроизводительность сплитов, выполнив «расчет по площади» и ориентировочный тепловой расчет;
- выбрать тип и число сплит-систем для каждого помещения;

- подобрать приточную камеру для подачи наружного воздуха (в ТП с $t_{\text{пр}} = t_{\text{н}}$, в ХП с $t_{\text{пр}} = t_{\text{в}}$);
- ориентировочно (по скорости воздуха) выбрать сечение каналов и воздухораздающих и воздухоудаляющих устройств;
- на планах этажей здания показать размещение оборудования СКВ: «сплитов», приточных камер, систем воздуховодов для притока и вытяжки.

6 СКВ С ЧИЛЛЕРАМИ И ФАНКОЙЛАМИ (третий вариант)

6.1 Характеристики системы

Системы с чиллерами и фанкойлами позволяют обеспечить независимое регулирование температуры воздуха одновременно в большом количестве помещений (многозонально) например, в гостиницах, офисах и т.д.

Применяются фанкойлы и при создании определенных параметров климата в помещениях с большим объемом, например торговых залах для равномерного распределения потоков охлажденного воздуха в ТП или нагретого в ХП. В г. Туле системой КВ с чиллерами и фанкойлами оснащены здания «Тулателекома», «Гостиного двора».

Фанкойл- (fan – вентилятор, coil – теплообменник, можно встретить и название фэнкойл) – агрегат, установленный в помещении, включающий: вентилятор, теплообменник (или два), фильтр для очистки воздуха и пульт управления.

Чиллер (водоохлаждающая холодильная машина) – является источником холода. Он включает в себя: компрессор, конденсатор, испаритель и встроенную гидравлическую группу. Чиллеры чаще всего с воздушным охлаждением конденсатора, поэтому устанавливаются вне помещения, на крыше здания, на чердаке, во дворе. При водяном охлаждении конденсатора – внутри здания, или снаружи при условии использования в теплый период года.

При выполнении курсового проекта следует изучить принцип работы системы создания кондиционирования воздуха с применением фанкойлов, конструктивные особенности таких систем и методику подбора оборудования, используя учебное пособие [10].

Фанкойлы с чиллерами охлаждают воздух помещения, но не обеспечивают помещение свежим наружным воздухом для дыхания людей. Поэтому системы СКВ с чиллерами и фанкойлами предусматривают применение центральной установки кондиционирования воздуха, с минимальной производительностью по воздуху равной расходу наружного воздуха, принятого из расчета минимального по 1 человека в соответствии с приложением И СП [1].

Центральный кондиционер включает функциональные блоки: воздушный клапан, фильтр, воздухонагреватель (для ХП), поверхностный воздухоохладитель (для ТП), в который от чиллера подается холодная вода, вентилятор и шумоглушитель. Кондиционер может быть во «внутреннем исполнении» и в «наружном». В последнем случае он устанавливается не на этаже, а на чердаке или на крыше.1

Система воздуховодов и воздухораспределения устройства (решетки, диффузоры) могут быть использованы как в системе центрального КВ или системе со сплит-кондиционерами.

При разработке третьего варианта СКВ для ТП следует:

- принять потребность в холоде для ТП года по результатам расчета во втором варианте СКВ;
- выбрать тип центрального кондиционера в состав которого входят, поверхностный охладитель для ТП и воздухонагреватель на ХП, а производительность по воздуху равна как и во втором варианте СКВ минимальному количеству наружного воздуха в соответствии с Приложением И СП [1];
- определить количество избытков тепла ассимилируемого приточным воздухом;
- определить требуемую суммарную холодопроизводительность фанкойлов для каждого помещения, с кондиционированным микроклиматом;
- определить холодопроизводительность одного фанкойла, наметив места их установки и соответственно число, подобрать фанкойлы по холодопроизводительности;
- по требуемой холодопроизводительности чиллера подобрать его тип.

Разработанные во втором варианте СКВ приточные и вытяжные системы можно использовать и в третьем варианте, заменив только приточную камеру на центральный кондиционер той же производительности.

Рекомендуется во 2^{ом} и 3^{ем} вариантах размещать приточные установки на чердаке.

Библиографический список

1. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 утв. Минрегион России 30.06.2012: ввод. в действие с 1.01.2013 – М. : ФАУ “ФЦС”. 2012-81с.
2. ГОСТ 30494.2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещении. Дата введения 01.01.2013.
3. ГОСТ Р 21.1101-2013 СПДС. Основные требования к проектной и рабочей документации. М. : Стандартинформ, 2013, 59с.
4. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Книга 1. Под. ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. М. : Стройиздат, 1992, 319с.
5. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Книга 2. Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. М. : 1992, 319с.
6. Пеклов А.А., Степанова Т.А. Кондиционирование воздуха. – Киев : Вица школа, 1978, 326с.
7. Справочник проектировщика. Под ред. Староверова И.П. Часть 2. Вентиляция и кондиционирование воздуха. М. : Стройиздат, 1975, 502с.
8. Богословский В.Н., Кокорин О.Я., Петров Л.В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение. М. : Стройиздат, 1985, 367с.
9. Р.А. Ковалев, Г.Н. Зеленко, В.Ф. Рожков. Вентиляция жилых, общественных и административно-бытовых зданий: учебное пособие. Тула. Издательство ТулГУ. 2016, 367с.
10. Г.Н. Зеленко. Подбор и расчет оборудования систем кондиционирования воздуха. Тула. Издательство ТулГУ, 2019, 166 с.
11. Рекомендации по расчету воздухораспределения в общественных зданиях. (ЦНИИЭП инженерного оборудования). Госгражданстрой. М. : Стройиздат. 1988, 31с.
12. Указания по расчету и применению воздухораспределителей завода “Арктос” PDF версия.
13. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. Новая редакция, Евроклимат. Техносфера. 2008, 503с
14. Белова Б.М. Система кондиционирования воздуха с чиллерами и фанкойлами ., Евроклимат, Техносфера, М., 2006. 400с.

15. Руководящий материал по центральным кондиционерам. Ч. II Методические материалы по расчету и выбору оборудования центральных кондиционеров КТЦЗ. АЗ-994 Альбом I, II, III. М.: Госстрой СССР Сантехпроект, 1991, 65 с.

16. Аверкин А.Г. Примеры и задачи по курсу «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение»: Учеб. Пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство АСВ, 2003. – 126 с.