

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ХАРЬКОВСКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ  
ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

**Методические указания  
к выполнению расчетно-графической работы, для практических  
занятий и самостоятельной работы по дисциплине**

**«КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА»**

(для студентов 4 и 5 курсов всех форм обучения  
по направлению подготовки 0921 ( 6.060101) «Строительство» и  
слушателей второго высшего образования  
специальности 7.092108 (7.06010107) «Теплогазоснабжение и вентиляция»)

**Харьков  
ХНАГХ  
2011**

Методические указания к выполнению расчетно-графической работы, для практических занятий и самостоятельной работы по дисциплине «Кондиционирование воздуха» (для студентов 4 и 5 курса всех форм обучения по направлению подготовки 0921 (6.060101) «Строительство» и слушателей второго высшего образования специальности 7.092108 (7.06010107) «Теплогазоснабжение и вентиляция») / Харьк. нац. акад. город. хоз-ва; составители: Т.А.Евсеева, Н.В.Ластовец. – Х.: ХНАГХ, 2011. - 42 с.

Составители:

Т.А.Евсеева,  
Н.В.Ластовец

Рецензент:

к.т.н., доц. А.В.Ромашко

Рекомендовано кафедрой эксплуатации газовых и тепловых систем,  
протокол № 9 от 27.10. 2010 г.

## Содержание

1 Общие указания.....	4
1.1 Порядок выполнения расчетно-графической работы.....	4
2 Расчетные параметры микроклимата помещений.....	5
3 Расчетные параметры наружного воздуха.....	9
4 Расчет поступлений теплоты и влаги в помещение.....	11
5 Определение расхода приточного воздуха и минимально необходимого расхода наружного воздуха.....	11
6 Выбор схемы организации воздухообмена в помещении.....	14
6.1 Требования, предъявляемые к системе воздухораспределения.....	14
6.2 Способы распределения воздуха в помещении.....	17
7 Укрупненный расчет холодильной нагрузки по удельным теплоизбыткам помещений.....	17
8 Упрощенная экспресс-методика расчета СКВ .....	18
8.1 Расчет теплопоступлений.....	19
8.2 Расчет влаговыделений.....	21
9 Примеры расчета РГР.....	22
9.1 Пример 1.....	22
9.2 Пример 2.....	23
9.3 Процессы изменения состояния воздуха.....	31
10 Задание на расчетно-графическую работу .....	33
Список источников.....	41

# 1 Общие указания

Кондиционирование воздуха - это автоматическое поддержание в закрытых помещениях всех или отдельных параметров воздуха (температуры, относительной влажности, чистоты, скорости движения) на определенном уровне с целью обеспечения главным образом оптимальных метеорологических условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей, ведения технологического процесса, обеспечения сохранности ценностей культуры.

Расчетно-графическая работа по кондиционированию воздуха, выполняемая студентами специальности "Теплогазоснабжение и вентиляция", имеет цель углубить и закрепить знания, полученные при изучении теоретического курса.

В процессе проектирования студент приобретает навыки расчетов, обучается использованию нормативной и справочной литературы, типовых материалов и каталогов отопительно-вентиляционного оборудования, конструированию систем кондиционирования воздуха, применению типовых решений и новейших достижений техники СКВ.

Студент обязан самостоятельно решить весь комплекс вопросов работы, выбрать и рассчитать систему кондиционирования воздуха, выполнить расчетную и графическую часть, подобрать оборудование по каталогам и оформить расчетно-пояснительную записку.

## 1.1 Порядок выполнения расчетно-графической работы

1. Анализ исходных данных.
2. Выбор расчетных параметров внутреннего и наружного воздуха.
3. Расчет влаго-и тепловыделений.
4. Выбор принципа обработки воздуха, определение расчетного количества приточного воздуха и его параметров.
5. Выбор кондиционера по каталогу.
6. Построение диаграммы режимов работы СКВ.
7. Выбор оптимальной схемы распределения воздуха в помещении.

## **2 Расчётные параметры микроклимата помещения**

Микроклимат помещения — состояние внутренней среды помещения, оказывающее воздействие на человека и определяющее тепловой комфорт. Микроклимат помещения определяется совокупностью значений определенных параметров воздуха, называемых параметрами микроклимата помещения. К ним относятся: температура воздуха, скорость движения воздуха, относительная влажность воздуха, радиационная температура помещения.

Радиационная температура помещения — осредненная по площади температура внутренних поверхностей ограждений помещения и отопительных приборов.

В практике проектирования систем вентиляции и кондиционирования воздуха различают допустимые и оптимальные параметры микроклимата. Под допустимыми параметрами микроклимата понимают сочетания значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать общее и локальное ощущение дискомфорта, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности, но при усиленном напряжении механизмов терморегуляции не вызывают повреждений или ухудшения состояния здоровья.

Под оптимальными параметрами микроклимата понимают сочетание значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают нормальное тепловое состояние организма при минимальном напряжении механизмов терморегуляции и ощущение комфорта не менее чем у 80% людей, находящихся в помещении, и создают предпосылки для высокого уровня работоспособности.

Расчетные параметры микроклимата помещения принимают исходя из санитарно-гигиенических и технологических требований в зависимости от назначения помещения и уровня требований к метеорологической обстановке в нем.

Уровень требований к метеорологической обстановке помещения определяет класс системы кондиционирования воздуха (СКВ). Различают следующие классы системы кондиционирования воздуха:

– первого класса — для обеспечения параметров микроклимата и чистоты воздуха, требуемых для технологического процесса по заданию на проектирование, при экономическом обосновании или в соответствии с требованиями специальных нормативных документов; для обеспечения параметров микроклимата в узкой части оптимальных норм в сочетании с обеспечением других показателей качества воздуха (например, ионизация воздуха, дезодорация). В производственных помещениях с технологическими СКВ первого класса поддержание заданных параметров микроклимата должно принести экономический эффект за счет повышения качества продукции, производительности труда, сокращения естественной убыли при хранении продукции и т. д.;

– второго класса — для обеспечения требуемых для технологического процесса или, при комфортном кондиционировании воздуха, оптимальных параметров микроклимата; скорость движения воздуха допускается принимать в обслуживаемой или рабочей зоне помещений на постоянных и непостоянных рабочих местах в пределах допустимых норм. Ко второму классу относятся все комфортные СКВ и технологические СКВ со слабо выраженным экономическим эффектом от увеличения выработки продукции, повышения ее качества, сокращения брака за счет поддержания заданных параметров;

– третьего класса — для обеспечения необходимых параметров микроклимата в пределах допустимых норм периодически, когда они не могут быть обеспечены вентиляцией в теплый период года без применения искусственного охлаждения, или промежуточных значений между оптимальными и допустимыми параметрами при экономическом обосновании.

В большинстве помещений жилых и гражданских зданий устраивают системы кондиционирования воздуха второго класса. С учетом пожеланий заказчика уровень требований к поддержанию внутренних параметров в помещениях, а следовательно, и класс СКВ могут быть повышены, но при этом затраты холода, электроэнергии, стоимость оборудования возрастут, поэтому следует оценить экономическую целесообразность этого решения.

Допустимые или оптимальные параметры микроклимата устанавливаются нормами проектирования для жилых, гражданских и производственных зданий и технологическими нормами для соответствующих производственных помещений. В качестве расчетных параметров микроклимата в обслуживаемой зоне помещений жилых, общественных и административно-бытовых зданий, оборудованных системами кондиционирования воздуха, принимаются оптимальные параметры. Под обслуживаемой зоной помещения понимают пространство в помещении, ограниченное плоскостями, параллельными полу и стенам: на высоте 0,1 и 2,0 м над уровнем пола (но не ближе чем 1 м от потолка при потолочном отоплении), на расстоянии 0,5 м от внутренних поверхностей наружных и внутренних стен, окон и отопительных приборов.

Нормируемые метеорологические условия в обслуживаемой зоне помещений жилых, общественных, а также административно-бытовых зданий предприятий определяют согласно ГОСТ 30494 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» в зависимости от назначения помещения и периода года.

Различают следующие категории помещений:

1 категории — помещения, в которых люди в положении лежа или сидя находятся в состоянии покоя и отдыха;

2 категории — помещения, в которых люди заняты умственным трудом, учебой;

3а категории — помещения с массовым пребыванием людей, в которых люди находятся преимущественно в положении сидя без уличной одежды;

3б категории — помещения с массовым пребыванием людей, в которых люди находятся преимущественно в положении сидя в уличной одежде;

3в категории — помещения с массовым пребыванием людей, в которых люди находятся преимущественно в положении стоя без уличной одежды;

4 категории — помещения для занятий подвижными видами спорта;

5 категории — помещения, в которых люди находятся в полураздетом виде (раздевалки, процедурные кабинеты, кабинеты врачей);

б категории — помещения с временным пребыванием людей (вестибюли, гардеробные, коридоры, лестницы, санузлы, курительные, кладовые).

Категории работ разграничивают по тяжести на основе общих энергетических затрат организма:

- легкие (категория I) — до 174 Вт;
- средней тяжести (категория II) — до 290 Вт;
- тяжелые (категория III) — более 290 Вт.

Легкие физические работы разделяют на категории 1а (энергозатраты — до 139 Вт) и 1б (140-174 Вт).

К категории 1а относятся работы, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением, а к категории 1б — работы, выполняемые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением.

Физические работы средней тяжести разделяют на категории II а (175-323 Вт) и II б (233-290 Вт). Категория II а — работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких изделий (до 1 кг) либо предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения. Категория II б — работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

К тяжелым работам категории III относятся работы, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных тяжестей (свыше 10 кг) и требующие больших физических усилий.

Характеристику производственных помещений по категориям выполняемых в них работ в зависимости от затраты энергии следует производить в соответствии с ведомственными нормативными документами, согласованными в установленном порядке, исходя из категории работ, выполняемых 50% и более работающих в соответствующем помещении.



### 3 Расчетные параметры наружного воздуха

В зависимости от географического месторасположения здания определяют следующие исходные климатологические данные:

- географическая широта;
- расчетные температура и энтальпия наружного воздуха для двух периодов года;
- среднесуточная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха;
- расчетная скорость ветра в теплый и холодный периоды года;
- максимальная и среднесуточная интенсивность солнечной радиации (прямой и рассеянной) в июле, поступающей на горизонтальную поверхность;
- время максимума интенсивности солнечной радиации.

В качестве расчетных параметров наружного климата для холодного периода года при проектировании систем кондиционирования воздуха температура и энтальпия принимаются по параметрам «Б».

Для теплого периода года расчетные параметры определяются в зависимости от класса кондиционирования воздуха:

- для первого класса — температура и энтальпия по параметрам «Б»;
- для второго класса — температура наружного воздуха на  $2^{\circ}\text{C}$ , а энтальпия — на  $2 \text{ кДж/кг}$  ниже, чем при параметрах «Б»;
- для третьего класса — температура и энтальпия по параметрам «А».

Выбор расчетных параметров наружного воздуха основан на понятии обеспеченности расчетных внутренних условий в помещении, что позволяет снизить затраты на обеспечение микроклимата в помещениях с невысоким уровнем требований к микроклимату. Различают параметры А, Б и В в зависимости от коэффициента обеспеченности, т.е. от допускаемой продолжительности отклонения параметров микроклимата в помещении от расчетных значений. Различают коэффициенты обеспеченности по числу случаев  $k_n$  и по продолжительности  $k_{\Delta t}$ , когда условия в помещении будут соответствовать расчетным. В таблице 3.1 для теплого периода приведены значения коэффициентов обеспе-

ченности для помещений с различным уровнем требований и их связь с параметрами А, Б и В.

Таблица 3.1 Уровень требований к микроклимату

Уровень требований к микроклимату	$k_n$	$k_{\Delta t}$	Продолжительность отклонения параметров	Параметры климата
Повышенный	1,0	1,0	0	—
Высокий	0,9	0,98	50	—
Средний	0,7	0,92	200	Б
Низкий	0,5	0,8	400	А

В соответствии с уровнем требований к поддержанию расчетных внутренних условий допускается в определенный промежуток времени отклонение от расчетных внутренних условий, не оказывающее значительного влияния на общее самочувствие человека или на технологический процесс в тот период, когда фактические параметры наружного климата превысят принятые расчетные значения.

Среднее значение необеспеченности составляет для следующих классов кондиционирования воздуха:

первый — в среднем 100 ч/г при круглосуточной работе или 70 ч/г при односменной работе в дневное время;

второй — в среднем 250 ч/г при круглосуточной работе или 175 ч/г при односменной работе в дневное время;

третий — в среднем 450 ч/г при круглосуточной работе или 315 ч/г при односменной работе в дневное время.

## **4 Расчет поступлений теплоты и влаги в помещение**

При расчете производительности системы кондиционирования воздуха необходимо учитывать следующие теплопоступления:

- от людей;
- за счет солнечной радиации через окна, стены, покрытие;
- от электрического освещения;
- технологические;
- при теплопередаче через наружные ограждения (для холодного периода теплопотери);
- теплоотдача отопительных приборов системы водяного отопления, если они не выключаются в часы работы системы кондиционирования воздуха (для холодного периода).

Количество теплоты от освещения следует определять по фактической или проектной мощности освещения. В холодный период года следует учитывать теплопоступления от отопительных приборов водяной системы отопления.

Теплопоступления от офисного оборудования определяются на основе паспортных данных потребляемой мощности. Источниками влаговыделений в общественных зданиях являются люди, в столовых и ресторанах — горячая пища и технологическое оборудование, в производственных зданиях — технологическое оборудование с открыто расположенными поверхностями воды и со смоченными поверхностями, влажные поверхности материалов и изделий.

Для выбора необходимой производительности системы кондиционирования воздуха необходимо определить расчетные теплопоступления.

## **5 Определение расхода приточного воздуха и минимально необходимого расхода наружного воздуха**

Расход приточного воздуха в системе кондиционирования воздуха, м<sup>3</sup>/час, определяют для теплого периода года по избыткам полной теплоты:

при удалении всего воздуха из одной зоны помещения:

$$L_n = \frac{3,6Q_n^{изб}}{1,2(i_y - i_n)};$$

Особенно важно определять расход приточного воздуха по избыткам полной теплоты для помещений со значительными влаго- и тепловыделениями, например, для бассейнов, в которых часто расход приточного воздуха определяют только по избыткам влаги, используя формулу:

$$L = \frac{W}{1,2(d_y - d_n)},$$

где  $W$  — избытки влаги в помещении, г/ч;

$d$  — влагосодержание воздуха, удаляемого из помещения за пределами обслуживаемой или

рабочей зоны, г/кг;

$d_n$  — влагосодержание воздуха, подаваемого в помещение, принимаемое равным влагосодержанию наружного воздуха, г/кг.

Параметры воздуха  $d_y$ ,  $i_y$  и  $d_n$ ,  $i_n$  могут быть определены по  $i$ - $d$  диаграмме только после построения процесса изменения состояния воздуха в помещении и нанесения на эту линию точек приточного и удаляемого воздуха по известным значениям температуры  $t_y$  и  $t_n$ .

В системах кондиционирования воздуха с использованием искусственных источников холода обычно задаются температурой приточного воздуха. В целях сокращения требуемого количества приточного воздуха принимают максимально возможное значение рабочей разности температур (разность температуры внутреннего и приточного воздуха) для соответствующего типа воздухораспределителя.

при удалении всего воздуха из одной зоны помещения:

$$L_n = \frac{3,6Q_{я}^{изб}}{1,2c_c(t_y - t_n)};$$

Температура удаляемого воздуха  $t_y$  обычно неизвестна.

Расход приточного воздуха не может быть меньше минимально возможного.

Таблица 5.1 Минимальный расход наружного воздуха для помещений

Помещения (участки, зоны)	Помещения				Приточные системы
	с естественным проветриванием	без естественного проветривания			
	Расход воздуха				
	на 1 чел, м <sup>3</sup> /ч	на 1 чел, м <sup>3</sup> /ч	<i>обмен</i> час	% общего воздухообмена, не менее	
Производственные	30*; 20**	60	1	—	Без рециркуляции или с рециркуляцией при кратности 10 обменов/ч и более
	—	60 90 120	—	20 15 10	С рециркуляцией при кратности менее 10 обменов/ч
Общественные и административно-бытовые	По требованиям соответствующих СНиП	60; 20***	—	—	—
Жилые	3 м <sup>3</sup> ч на 1 м <sup>2</sup> жилых помещений	—	—	—	—

\* При объеме помещения (участка, зоны) на 1 чел. менее 20 м<sup>3</sup>

\*\* При объеме помещения (участка, зоны) на 1 чел. 20 м<sup>3</sup> и более.

\*\*\* Для зрительных залов, залов совещаний и других помещений, в которых люди находятся до 3 ч непрерывно

Санитарная норма подачи чистого свежего воздуха на одного человека определена так, чтобы обеспечить в помещении хорошее качество воздуха. Норма зависит от продолжительности пребывания человека в помещении. В помещениях с постоянным пребыванием людей, не менее 2 ч непрерывно или 6 ч суммарно в течение суток (офисы, аудитории, операционные), норма составляет 50-60 м<sup>3</sup>/ч на человека; при интенсивной физической нагрузке (спортивные

и тренажерные залы, бассейны для пловцов и т.д.) — 80 м<sup>3</sup>/ч на человека; в помещениях с кратковременным пребыванием (магазины, кинотеатры, театры, парикмахерские и т.д.) — 20-30 м<sup>3</sup>/ч на человека; в жилых помещениях (гостиницы, жилые комнаты) — 30 м<sup>3</sup>/ч на человека.

Количество людей в помещении определяется по данным раздела технологии проекта, по нормируемому значению площади помещения на одного человека или по плотности размещения людей на 1 м<sup>2</sup> площади помещения в зависимости от назначения помещения.

## **6 Выбор схемы организации воздухообмена в помещении**

Для создания комфортных условий в помещении, удаления загрязняющих веществ, сокращения единовременных и эксплуатационных затрат требуется обеспечить эффективное распределение воздуха в помещении. На этапе проектирования системы кондиционирования воздуха заказчики и проектировщики незаслуженно мало внимания уделяют вопросам распределения воздуха. Вопрос выбора схемы организации воздухообмена и типа воздухораспределителей должен рассматриваться на начальной стадии проектирования совместно с архитектором, а также при выборе принципиальной схемы обработки воздуха в центральном кондиционере. Окончательное решение при определении расхода приточного воздуха в системе должно приниматься только после выбора схемы организации воздухообмена в помещении.

### **6.1 Требования, предъявляемые к системе воздухораспределения**

Система воздухораспределения — одна из наиболее важных подсистем СКВ, тесно взаимосвязанная с остальными подсистемами. Основные требования, предъявляемые к системе воздухораспределения следующие:

1. *Эстетические, архитектурно-строительные.* Разработка проекта начинается с объемно-планировочных решений, создания интерьеров, затем происходит конструктивная проработка отдельных узлов. Уже на первоначальном этапе воплощения идеи архитектора его работа и работа дизайнера по интерьеру должна быть тесно связана с работой специалиста по кондиционированию воздуха. При выборе способа воздухораспределения, типа воздухо-

распределителя и схемы организации воздухообмена следует учитывать архитектурно-композиционные решения, и наоборот, для реализации определенного способа распределения воздуха следует предусматривать при разработке объемно-планировочных решений некоторые пространства, например фальшпол, подшивной потолок, технические этажи. Воздухораспределитель, как видимая часть системы кондиционирования воздуха, особенно в помещениях гражданских зданий, становится декоративным элементом интерьера и должен отвечать эстетическим требованиям. Конструкция воздухораспределителя и его размеры должны соответствовать размерам строительного модуля, например ячейке подшивного потолка.

2. *Санитарно-гигиенические.* Воздух в помещении необходимо распределить так, чтобы человек не испытывал ощущения дискомфорта: не должно быть застойных зон, холодного дутья, сквозняков, значительной неравномерности температуры и скорости воздуха в пределах обслуживаемой зоны.
3. *Технологические.* Для производственных помещений определенного назначения необходимо обеспечить поддержание температуры воздуха во всем объеме обслуживаемой зоны с заданной точностью, например термоконстантные помещения.
4. *Акустические.* Уровень звукового давления в помещении не должен превышать допустимого значения, в том числе и с учетом звуковой мощности, генерируемой воздухораспределителями
5. *Эксплуатационные* требования заключаются в возможности регулирования расхода воздуха через воздухораспределитель, в том числе и при наладке системы кондиционирования воздуха, регулирования направления подачи воздуха и вида струи в зависимости от режима охлаждения или отопления. Потери давления в воздухораспределителе должны быть минимальными.
6. *Экономические* требования состоят в достижении экономической эффективности системы кондиционирования воздуха за счет снижения расхода воздуха и расхода холода, определяемых выбором значения рабочей разности температур, типом воздухораспределителя и видом струи, в размещении и

определении количества воздухораспределителей с учетом минимальных затрат.

Санитарно-гигиеническая и энергетическая эффективность СКВ во многом зависит от правильного выбора схемы организации воздухообмена и способа распределения воздуха, определяемого типом воздухораспределительного устройства и местом его размещения. Выбор схемы организации воздухообмена в помещении определяет степень равномерности полей параметров воздуха по объему обслуживаемой или рабочей зоны. Способ распределения воздуха в помещении определяет величину расхода приточного воздуха, который является основным фактором, влияющим на энергоемкость СКВ. Выбор значения температуры приточного воздуха, как параметра, непосредственно связанного с затратами теплоты и холода на обработку воздуха, зависит от способа распределения воздуха. Параметры приточного воздуха при его охлаждении в воздухоохладителях прямого испарения центральных кондиционеров, сплит-системах, совмещенных с приточной вентиляцией, канальных кондиционерах определяются особенностями работы оборудования. Например, низкое значение температуры воздуха на выходе из таких аппаратов (ориентировочно 14°C) требует устройства дополнительного нагревания воздуха (второй подогрев), что приводит к дополнительным затратам теплоты, или специальных решений по воздухораспределению. Неудачная организация воздухообмена в помещении, неудачный выбор воздухораспределительных устройств, неправильный расчет воздухораспределения сводит на нет все инженерные решения по системе кондиционирования воздуха, повышает энергопотребление системы, исключает достижение основной цели — обеспечение комфортных условий для людей и требуемых параметров для технологического процесса при наименьших материальных и энергетических затратах.

При выборе схемы организации воздухообмена и способе распределения воздуха следует учитывать конкретные особенности помещения, его назначение, конструктивные и объемно-планировочные решения, размещение и размеры источников теплоты, влаги, вредных газов, а также величину поступлений



вредностей от этих источников, уровень требований к поддержанию расчетных параметров микроклимата. В производственных помещениях схему организации воздухообмена следует выбирать в соответствии с рекомендациями по проектированию конкретного производства с учетом его технологии.

Основные принципы, которыми следует руководствоваться при выборе схемы организации воздухообмена следующие:

— струя приточного воздуха не должна пересекать зону значительного загрязнения, чтобы исключить перенос вредностей в обслуживаемую или рабочую зону или в зону дыхания человека;

— не должно быть застойных зон в помещении, концентрация вредных газов не должна превышать ПДК даже в отдельных точках помещения, струя должна вовлекать в движение весь объем воздуха в помещении;

— необходимо учитывать движение конвективных потоков воздуха от источников теплоты, вызванное действием гравитационных сил, а также плотность газообразных вредных веществ по сравнению с плотностью воздуха.

## **6.2 Способы распределения воздуха в помещении**

В настоящее время условно различают два основных способа распределения воздуха в помещении: *перемешивающая вентиляция* и *вытесняющая вентиляция*, хотя в действительности способов организации воздухообмена больше. Классификация схем организации воздухообмена, принятая в отечественной практике, по направлению движения воздуха, например «сверху - вниз», «сверху - вверх» и т.д. не отражает особенностей формирования воздушных потоков в помещении.

## **7 Укрупненный расчет холодильной нагрузки по удельным теплоизбыткам помещений**

В расчетной холодильной нагрузке преобладает явное и скрытое тепло, выделяющееся в помещении и поступающее извне. На стадии предпроектных разработок удобно пользоваться удельными теплоизбытками ( $\text{кВт/м}^2$ ) помещений разного назначения.

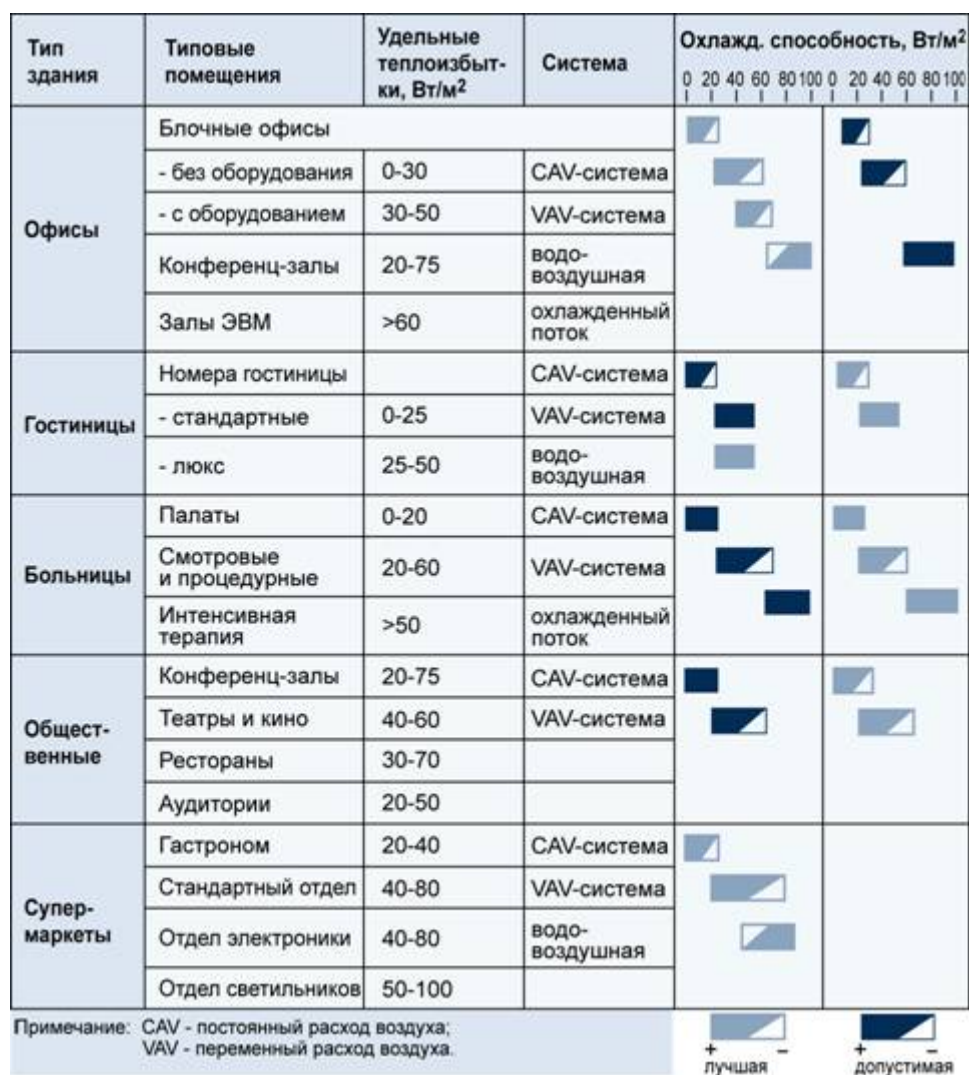


Рис. 7.1 - Удельные теплоизбытки в административных и общественных помещениях и зданиях (Вт/м<sup>2</sup>), рекомендуемые типы СКВ

На основе этих данных удельные теплоизбытки умножают на площадь пола соответствующего помещения, а для учета других слагаемых вычисленную величину достаточно увеличить на 20-30%. Однако не во всех расчетах учитывают максимальное значение холодильной нагрузки.

## 8 Упрощенная экспресс-методика расчета СКВ

Данная экспресс-методика в основном используется для разработки СКВ на базе несложного (в проектном отношении) климатического оборудования, такого, как: кондиционеры сплит-систем, а также кондиционеры оконного типа и моноблочного исполнения.

Для подбора необходимого по мощности (холодопроизводительности) кондиционера надо рассчитать тепло, поступающее в помещение от солнечной радиации, освещения, людей, оргтехники и т. д.

### 8.1 Расчет теплопоступлений

Основные теплопритоки в помещение складываются из следующих составляющих:

1) Теплопритоки, возникающие за счет разности температур внутри помещения и наружного воздуха, а также солнечной радиации  $Q_1$ , рассчитываются по формуле:

$$Q_1 = V \cdot q_{уд}, \text{ Вт}$$

где  $V = S \cdot h$  — объем помещения;

$S$  — площадь помещения;

$h$  — высота помещения;

$q_{уд}$  — удельная тепловая нагрузка, принимается:

30–35 Вт/м<sup>3</sup> — если нет солнца в помещении,

35 Вт/м<sup>3</sup> — среднее значение;

35–40 Вт/м<sup>3</sup> — если большое остекление с солнечной стороны;

2) Теплопритоки, возникающие за счет находящейся в нем оргтехники  $Q_2$ .

Теплопоступления от оборудования зависят в первую очередь от потребляемой мощности и частоты использования.

Таблица 8.1 Теплопоступления от оборудования

Вид оборудования	Теплопоступления, Вт	Коэф. одновременности использования
компьютер (системный блок + монитор)	300	0,6-0,8
лазерный принтер	400	0,3-0,6
копировальный аппарат	500	0,1-0,6
холодильник	150	0,4-0,6
электрочайник	300-600	0,1
Газовая плита	2500	Зависит от типа помещ.

В общем случае величина теплоступлений от электрооборудовании определяется по формуле:

$$Q_2 = Q_{об} = N \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ Вт},$$

где  $N$  — потребляемая мощность, Вт;

$K_1$  — коэффициент перехода электроэнергии в тепловую (100–80%);

$K_2$  — коэффициент использования оборудования (30–80%).

3) Теплопритоки от людей, находящихся в помещении  $Q_3$ .

Теплопритоки, возникающие от людей, находящихся в помещении  $Q_3$ .

$$Q_3 = q n, \text{ Вт},$$

где  $q$  — удельные теплоступления от одного человека, Вт (таб. 8.2)

$n$  — количество людей в помещении.

Таблица 8.2 Тепло и влагоступления от людей

Количество теплоты и влаги, выделяемых взрослыми людьми (мужчинами)						
Показатели	Количество теплоты, Вт, и влаги, г/ч, выделяемых людьми при температуре воздуха в помещения, °С					
	10	15	20	25	30	35
Теплота:	<i>В состоянии покоя</i>					
явная	140	120	90	60	40	10
полная	165	145	120	95	95	95
Влага	30	30	40	50	75	115
Теплота:	<i>При легкой работе</i>					
явная	150	120	100	65	40	5
полная	80	160	150	145	145	145
Влага	40	55	75	115	150	200
Теплота:	<i>При работе средней тяжести</i>					
явная	165	135	105	70	40	5
полная	215	210	205	200	200	200
Влага	70	ПО	140	185	230	280
Теплота:	<i>При тяжелой работе</i>					
явная	200	165	130	95	50	10
полная	290	290	290	290	290	290
Влага	135	185	240	295	355	415

*Примечания:*

1) Для детей до 12 лет выделения вредностей принимать с коэффициентом 0,5.

2) Для женщин выделения вредностей принимать с коэффициентом 0,75.

От людей в помещения поступает явная теплота (за счет лучисто-конвективного теплообмена с воздухом и поверхностями помещения) и скрытая теплота (выделяемая с влагой выдыхаемого воздуха и за счет испарений с поверхности кожи). Полная теплота равна сумме явной и скрытой теплоты. Теплопоступления от людей зависят от тяжести выполняемой работы; температуры и влажности окружающего воздуха, его подвижности, теплоизолирующими свойствами одежды; особенностями терморегуляции самого человека. Теплопродукция человека и его способность к терморегуляции зависят от пола и возраста.

Суммарное количество теплопоступлений, Вт

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3, \text{ Вт}$$

К подсчитанным теплопритокам прибавляется 20% на неучтенные теплопритоки:

$$Q_{\text{общ}} = (Q_1 + Q_2 + Q_3) \cdot 1,2 \text{ Вт}$$

В случае использования в помещении дополнительного тепловыделяющего оборудования (электроплит, производственного оборудования и т. п.) соответствующая тепловая нагрузка должна быть также учтена в данном расчете.

## **8.2 Расчет влаговыделений**

Источниками влаговыделений в основных помещениях гражданских зданиях являются люди, в столовых и ресторанах – горячая пища, технологическое оборудование.

Влаговыделения от людей:

$$W = w \cdot n, \text{ кг/час}$$

где  $w$  - выделения влаги одним человеком, кг/час (таблица 8.2),

$n$  – количество людей в помещении.

## 9 Примеры РГР

### 9.1 Пример 1

Исходные данные: офисное помещение площадью  $30 \text{ м}^2$ , высотой 3 м, в котором постоянно работают 6 человека и находятся такая оргтехника: 6 компьютеров, 6 лазерных принтеров, 3 копировальных аппарата. Рассчитать мощность кондиционера при работе в летний период.

В помещении есть возможность естественного проветривания, поэтому нет необходимости проектировать приточно-вытяжную вентиляцию, а целесообразно установить кондиционер сплит-системы, работающий на рециркуляционном воздухе.

Компрессорно-конденсаторный блок такого кондиционера устанавливается за пределами помещения на улице, а в помещении устанавливается внутренний блок сплит-системы. Между собой внутренний и наружный блоки связаны фреоновыми трубопроводами в изоляции.

1. Для выбора кондиционера по холодопроизводительности необходимо рассчитать теплоизбытки в помещении, в которые входит тепло от людей, от оргтехники, от освещения и т. д.

Теплопоступления для рассматриваемого помещения рассчитываем по экспресс-методике:

$$Q_1 = V \cdot q \text{ Вт (1)}$$

Офисное помещение имеет стандартные окна, поэтому принимается среднее значение удельной тепловой нагрузки.

$$Q_1 = 30 \cdot 3 \cdot 35 = 3150 \text{ Вт}$$

$$Q_2 = 300 \cdot 6 \cdot 0,7 + 0,8 + 400 \cdot 3 \cdot 0,7 \cdot 0,5 = 1548 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = 100 \cdot 6 = 600 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{общ}} = (3150 + 1548 + 600) \cdot 1,2 = 6358 \text{ Вт}$$

Полученная величина – явная избыточная теплота в помещении в тёплый период года. Мощность сплит-системы определяем по избыткам явной теплоты, т.к. теплота на испарение влаги в данном случае незначительна.

2. Затем вычисляем влаговыделения, в данном случае только от людей:

$$W = w \cdot n = 75 \cdot 6 = 450 \text{ г/час} = 0,45 \text{ кг/час.}$$

3. Вычисляем тепловлажностное отношение:

$$\varepsilon = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{я}}}{W}$$

Число "3,6" в данной формуле – это переводной коэффициент в систему СИ.

4. Наносим на i-d-диаграмму точку наружного воздуха (т.Н) по данным СНиП 2.04.05-91\* “Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха” для данного города. Наносим также точку внутреннего воздуха (т.В) по принятым нормам внутреннего микроклимата.

Затем через точку В проводим луч процесса.

## 9.2 Пример 2

Определить избыточные тепловыделения для конференц-зала на 400 мест, если теплоступления за счет солнечной радиации составляют 8 кВт. Высота зала 6 метров, площадь зала 600 м<sup>2</sup>. Влаговыведения считать только от людей. Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха и комфортные параметры внутреннего микроклимата. Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### Тёплый период

- 1 Тепловыделения, исходя из приведенных исходных данных, можно посчитать так:

$$Q = (Q_{\text{солнце}} + Q_{\text{люди}}) \cdot 1,2, \text{ где}$$

1,2 – коэффициент, учитывающий разные относительно небольшие теплоступления (от электрического освещения, через наружные ограждения и т.п.).

$$Q = (400 \cdot 100 + 8000) \cdot 1,2 = 57600 \text{ Вт.}$$

- 2 Влаговыведения в данном помещении будут равны:

$$W = w \cdot n, \text{ где}$$

w — удельные выделения влаги одним человеком, г/(час чел).

При  $t_b = 25^\circ\text{C}$   $w = 50$  г/час = 0,05 кг/час.

$W = 400 \cdot 0,05 = 20$  кг/час.

3 Луч процесса:

$$\varepsilon = \frac{3,6 \cdot Q}{W} = \frac{3,6 \cdot 57600}{16} = 10368 \text{ кДж/кг.}$$

4 Температура внутреннего воздуха принимается по СНиП 2.04.05-91\* Приложение 5:

Таблица 9.2.1 ОПТИМАЛЬНЫЕ НОРМЫ ТЕМПЕРАТУРЫ, ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА В ОБСЛУЖИВАЕМОЙ ЗОНЕ ЖИЛЫХ, ОБЩЕСТВЕННЫХ И АДМИНИСТРАТИВНО-БЫТОВЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Теплый	20 - 22	60 - 30	0,2
	23 - 25	60 - 30	0,3
Холодный и переходные условия	20 - 22	45 - 30	0,2

Примечание. Нормы установлены для людей, находящихся в помещении более 2 ч непрерывно.

Принимаем  $t_b = 25^\circ\text{C}$ . Чаще всего, в качестве расчетной температуры воздуха в кондиционируемом помещении принимают температуру 23 – 24°С, ближе к верхней границе оптимальных температур, что обеспечивает минимальную установленную холодопроизводительность и стоимость системы.

Относительная влажность воздуха должна попадать в комфортный диапазон. Регулировать влажность в пределах комфортных параметров могут немногие системы кондиционирования: центральные, прецизионные и некоторые канальные с секциями увлажнения и осушки. Поэтому до выбора принципиальной схемы обработки воздуха влажность не задаём.

Температуры приточного и уходящего воздуха обычно неизвестны, поэтому они задаются исходя из принятого воздухораспределения в поме-



щении. В конференц-зале в данном случае применяется схема подачи и удаления воздуха с рециркуляцией «сверху-вниз-вверх».

- 5 Температура уходящего воздуха. В режиме кондиционирования воздуха и вытяжке из верхней зоны обычно принимают  $t_y = t_b + 1$ . В нашем случае  $t_y = 25 + 1 = 26^\circ\text{C}$ .

- 6 Определение минимального расхода наружного воздуха.

Для помещений залов заседаний по санитарным нормам должна быть обеспечена подача свежего воздуха в количестве не менее  $20 \text{ м}^3/\text{ч}$  на 1 человека (СНиП 2.04.05-91\* Приложение 19\*).

$$G_n = 20 \cdot 400 = 8000 \text{ м}^3/\text{ч}; G_n = 8000 \cdot 1,2 = 9600 \text{ кг/ч.}$$

- 7 Для тёплого периода года параметры наружного воздуха определяются в зависимости от класса кондиционирования воздуха. По заданию необходимо подобрать комфортную СКВ. Практически все комфортные СКВ являются системами 2-го класса для которых температура наружного воздуха на  $2^\circ\text{C}$ , а энтальпия на  $2 \text{ кДж/кг}$  ниже, чем при параметрах «Б» (СНиП 2.04.05-91\* Приложение 8).

$$\text{Для г. Харькова: } t_n = 29,4 - 2 = 27,4^\circ\text{C}, i_n = 56,1 - 2 = 54,1 \text{ кДж/кг.}$$

Отмечаем т. Н ( $t_n, i_n$ ) на  $i$ - $d$ -диаграмме.

- 8 Выбор принципиальной схемы обработки воздуха.

Таким образом, мы выяснили, что проектируемая СКВ должна обеспечивать холодопроизводительность  $Q \approx 57,6 \text{ кВт}$ ,

минимальный расхода наружного воздуха  $G_n = 9600 \text{ кг/ч}$ .

Для конференц-залов, а также для помещений общественного питания и киноаппаратного комплекса по нормам следует проектировать самостоятельные системы кондиционирования и вентиляции.

Выбираем по каталогу крышный кондиционер по холодопроизводительности в большую сторону. Он обладает такими номинальными параметрами (при температуре внутреннего воздуха по сухому термометру  $27^\circ\text{C}$ , по мокрому –  $19,5^\circ\text{C}$ , температура наружного воздуха –  $35^\circ\text{C}$ ):

холодопроизводительность  $Q = 67,2 \text{ кВт}$ ,

общий расхода воздуха  $G_{\text{конд}} = 13219$  кг/ч.

Исходя из выбранного типоразмера по наиболее близким к реальным параметрам (температуре внутреннего воздуха по сухому термометру  $24^{\circ}\text{C}$ , по мокрому –  $17^{\circ}\text{C}$ , температура наружного воздуха -  $30^{\circ}\text{C}$ ) выбираем:

холодопроизводительность (явная)  $Q_{\text{конд}}^{\text{явная}} = 46,8$  кВт,

общий расхода воздуха  $G_{\text{конд}} = 13219$  кг/ч.

9 Уточняем температуру приточного воздуха:

$$t_{\text{П}} = t_{\text{У}} - \frac{3.6 \cdot Q_{\text{конд}}^{\text{явная}}}{c_{\text{в}} \cdot G_{\text{конд}}}, \quad t_{\text{П}} = 26 - \frac{3.6 \cdot 46800}{1,005 \cdot 12960} \approx 13^{\circ}\text{C}.$$

Допустимый перепад температур между приточным и внутренним воздухом.  $\Delta t_{\text{доп}} = t_{\text{В}} - t_{\text{П}} = 25 - 13 = 12^{\circ}\text{C}$ .

Таблица 9.2.2 Допустимый перепад температур

При подаче воздуха:	$\Delta t_{\text{доп}}, ^{\circ}\text{C}$
Непосредственно в рабочую зону	2
На высоту 2,5 – 4 м	4...6
На высоту > 4 м	6...8
Воздухораспределителями (плафонами)	8...15

Таким образом, при выбранном способе воздухораспределения (через плафоны на потолке) расчётная температура приточного воздуха попадает в область допустимых параметров.

10 На i-d-диаграмме находим точку предельного состояния воздуха при охлаждении в поверхностном воздухоохладителе кондиционера (средняя температура поверхности воздухоохладителя). Принимаем среднее значение  $t_{\text{f}} = 7^{\circ}\text{C}$ . Отмечаем точку f с выбранной температурой на линии насыщения 100%. Из т. f проводим луч процесса ε, на котором отмечаем точки (по изотермам) внутреннего (т. В), уходящего (т. У) и приточного воздуха (т. П).

11 Общий расход воздуха складывается из расходов наружного и рециркуляционного воздуха. Исходя из того, что крышные кондиционеры имеют возможность подмеса около 30% наружного воздуха, находим:

$$G_{\text{н конд.}} = G_{\text{конд.}} \cdot 0,3; \quad G_{\text{н конд.}} = 3966/\text{ч}, \quad G_{\text{н конд.}} < G_{\text{н}}$$

Соединяем т.Н и т.У. Находим т.С, разделяя отрезок на 1/3 от т. Н. Соединяем т.С и т.П.

Выходит, что количество наружного воздуха, которое может подать крышный кондиционер, меньше минимально необходимого:  $G_{\text{н конд.}} < G_{\text{н}}$ .  
Значит, необходима дополнительная система приточной вентиляции.

12 В нашем случае в целях энергосбережения мы используем приточно-вытяжную установку с пластинчатым рекуператором.

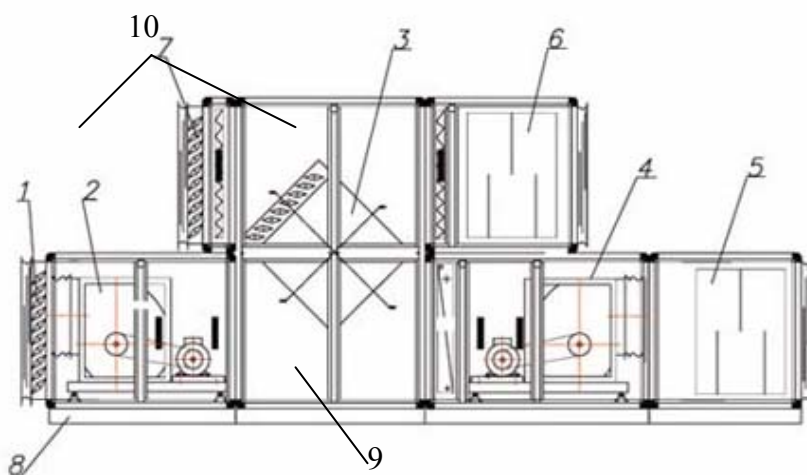


Рис. 9.2.1 - Приточно-вытяжная установка с пластинчатым

рекуператором.

Состав установки:

- 1,7 – клапаны воздушные приёмные,
- 2,4 – секции вентилятора,
- 3 – рекуператор пластинчатый,
- 5,6 – секции шумоглушения,
- 8 – рама опорная,
- 9 – калорифер,
- 10 – фильтр.

13 При использовании приточно-вытяжных аппаратов с пластинчатым рекуператором (Рис.9.2) наружный воздух поступает в помещение с температурой ниже температуры наружного воздуха.

Температура приточного воздуха после приточно-вытяжной установки в тёплый период можно определить так:

$$t_{\text{ПР}} = t_{\text{Н}} - \theta \cdot (t_{\text{Н}} - t_{\text{У}}), \text{ где:}$$

$\theta$  – коэффициент эффективности теплообменника, для пластинчатых рекуператоров среднее значение  $\theta = 0,65$ .

$$t_{\text{ПР}} = 27,4 - 0,65 \cdot (27,4 - 26) \approx 26,5 \text{ } ^\circ\text{C}. \text{ Отмечаем точку ПР } (t_{\text{ПР}}, d_{\text{Н}}).$$

Подбираем приточно-вытяжную систему по минимальному расходу наружного воздуха.

### **Холодный период**

В холодный период года в нашем случае работает система отопления.

Приточно-вытяжная система подаёт необходимое количество свежего воздуха после предварительного подогрева в калорифере.

1. Наносим на i-d-диаграмму параметры наружного воздуха в зимний период (т.Н). Для г. Харькова  $t_{\text{Н}} = -23^\circ\text{C}$ ,  $i_{\text{Н}} = -22,2$  кДж/кг.
2. Температура приточного воздуха после приточно-вытяжной установки в холодный период можно определить так:

$$t_{\text{ПР1}} = t_{\text{Н}} + \theta \cdot (t_{\text{У}} - t_{\text{Н}}),$$

$\theta$  – коэффициент эффективности теплообменника, для пластинчатых рекуператоров среднее значение  $\theta = 0,65$ .

$t_{\text{У}}$  – температура уходящего воздуха в холодный период,  $^\circ\text{C}$ , принимаем  $t_{\text{У}} = 19 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

$$t_{\text{ПР1}} = -23 + 0,65 \cdot (26 - (-23)) \approx 4 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Это значит наружный воздух с расчётной температурой  $-23^\circ\text{C}$  только в рекуператоре может подогреться до  $4^\circ\text{C}$ . Иногда, чтобы предотвратить обмерзание теплообменника, воздух нагревают в электронагревателе или водяном теплообменнике перед рекуператором, но в этом случае коэффициент эффективности рекуператора будет меньше.

3. Температура приточного воздуха после рекуператора  $t_{\text{ПР1}} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$  достаточно низкая, чтобы подавать её в помещение. Поэтому необходим подогрев воздуха в калорифере.

Исходя из комфортной разницы между приточным и внутренним возду-

хом, выбираем температуру приточного воздуха  $t_{\text{ПР}} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Мощность калорифера:

$$Q = 0,278 \cdot c_{\text{в}} \cdot G_{\text{н}} \cdot (t_{\text{ПР}} - t_{\text{ПР1}}) = 0,278 \cdot 1,005 \cdot 9600 \cdot (18 - 4) \approx 36,7 \text{ кВт.}$$

4. Температуру внутреннего воздуха в зале заседаний принимаем  $18 \text{ }^\circ\text{C}$ .  $t_{\text{ПР}} = t_{\text{В}}^{\text{Хол.период}} = 18 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow$  процесс в помещении в холодный период года будет идти с лучом процесса  $\varepsilon = 2532 \text{ кДж/кг}$ . С некоторыми допущениями можем предположить значение влажности внутреннего воздуха путём решения такой системы уравнений:

$$\begin{cases} \varepsilon = \frac{3,6 \cdot Q}{W} \\ 3,6 \cdot Q = G_{\text{н}} (i_{\text{В}} - i_{\text{К}}) \end{cases} \quad i_{\text{В}} = i_{\text{К}} + \frac{\varepsilon \cdot W}{G_{\text{н}}}, \text{ где}$$

$W$  – влаговыделения в помещении в зимний период: принимаем  $w = 40 \text{ г/час} = 0,04 \text{ кг/час}$ .  $W = 400 \cdot 0,04 = 16 \text{ кг/час}$ ;

$G_{\text{н}}$  - минимальный расход наружного воздуха,  $G_{\text{н}} = 9600 \text{ кг/ч}$ ;

$i_{\text{К}}$  находим по  $i$ - $d$  диаграмме.

$$i_{\text{В}} = 19 + \frac{2532 \cdot 16}{9600} = 24,4 \text{ к Дж/кг.}$$

Допущения:

- процесс изменения состояния воздуха в рекуператоре идёт без изменения относительной влажности,
- теплотери помещения полностью покрываются работающей системой отопления.

Крышные кондиционеры используются для обслуживания таких архитектурных объектов, как театры, большие спортивные и торговые комплексы, концертные залы и залы заседаний, кафе, рестораны, крытые стадионы.

Как и все кондиционеры, крышный кондиционер содержит стандартный набор узлов и агрегатов, а именно: конденсатор, компрессор, испаритель, вентиляторы. Кроме того, в комплектацию может входить смесительная камера, в которой осуществляется смешение рециркуляционного воздуха (забираемого непосредственно из помещения) и внешнего воздуха с улицы, а также электри-

ческий либо водяной калорифер, служащий для нагрева воздуха в холодное время года.

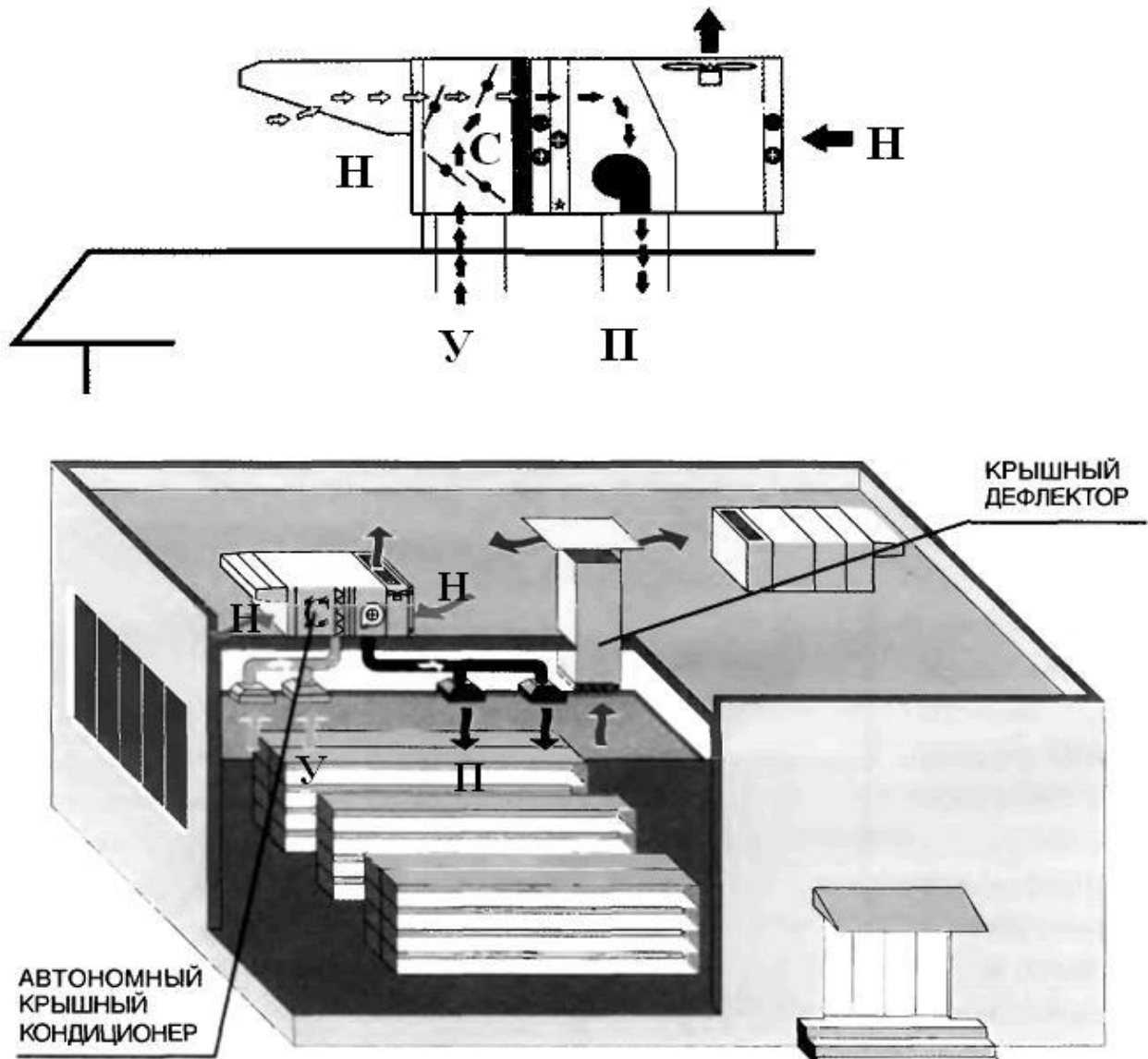


Рис. 9.2.2 - Установка крышного кондиционера и схема движения воздуха.

### 9.3 Процессы изменения состояния воздуха

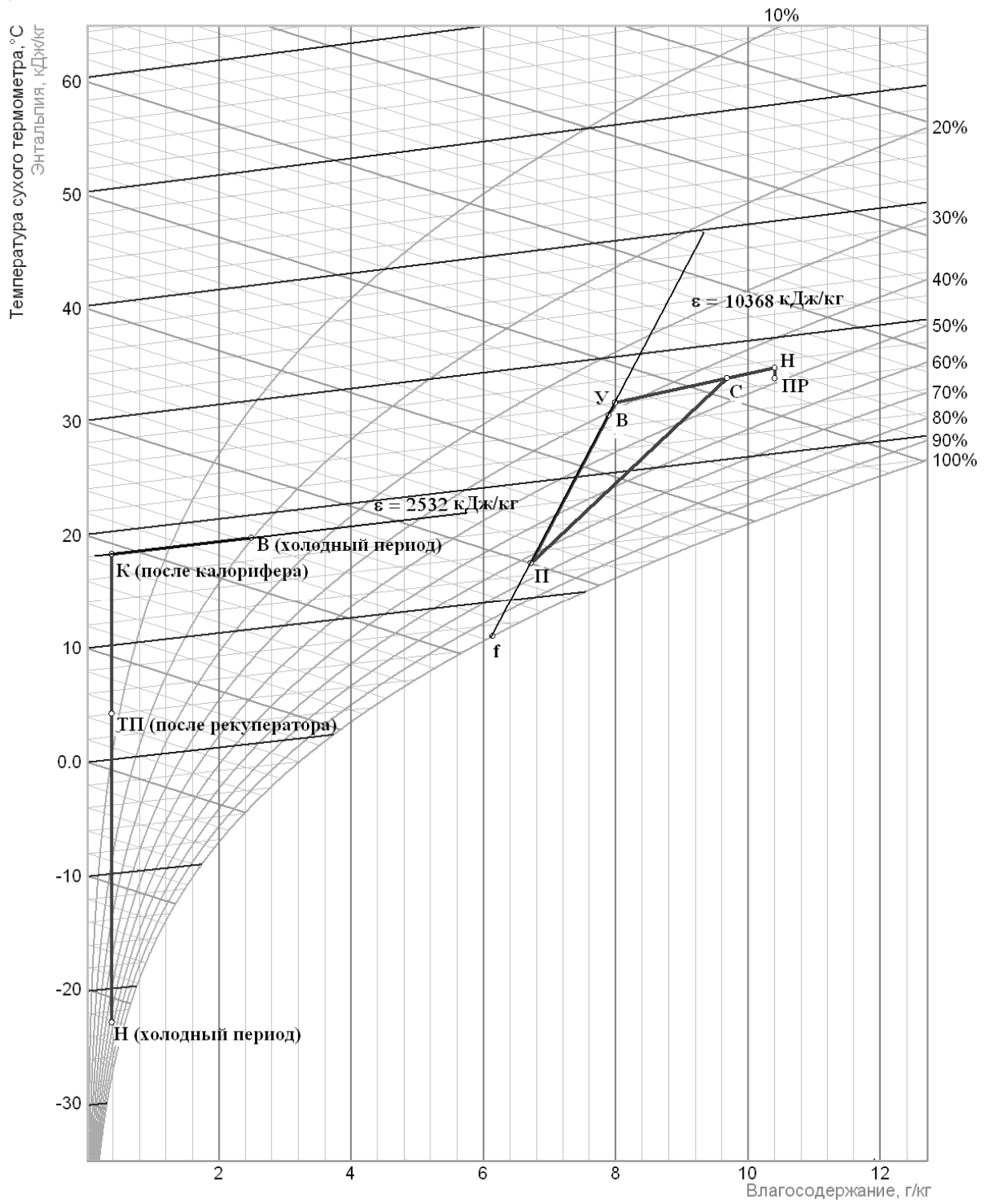


Таблица 9.3.1 Параметры точек (барометрическое давление 101.08 кПа).

№	Название	T, °C	φ, %	I, кДж/кг	d, г/кг	Tc, °C	Tm, °C	Pп, кПа
0	В (тёплый период)	25.0	43.5	46.7	8.47	16.7	11.7	1.35
1	Н (тёплый период)	27.4	46.2	54.1	10.4	19.1	14.8	1.66
2	У	26.0	41.6	48.0	8.6	17.2	11.9	1.38
3	f	7.00	100	22.4	6.13	6.99	7.00	0.98
4	П	13.0	75.2	30.5	6.91	10.6	8.73	1.11
5	С	26.9	45.0	52.2	9.86	18.5	14.0	1.57
6	ПР (тёплый период)	26.5	48.7	53.1	10.4	18.8	14.8	1.66
7	Н (холодный период)	-23.0	66.4	-22.2	0.38	-23.3	-27.4	0.06
8	ПР1 (до калорифера)	4.00	7.80	4.99	0.38	-2.64	-27.4	0.06
9	К (после калорифера)	18.0	3.07	19.0	0.38	5.33	-27.4	0.06
10	В (холодный период)	18.0	19.8	24.4	2.49	7.91	-5.38	0.40

Луч процесса, кДж/кг

П-У	К-В
10368	2532

Таблица 9.3.2 Параметры процессов

П-У	Процесс в помещении	Производительность по воздуху (G), кг/час	13219
П-У	Процесс в помещении	Полная тепловая нагрузка, отводимая из помещения (Q), кВт	66.5
П-У	Процесс в помещении	Явная тепловая нагрузка, отводимая из помещения (Q <sub>я</sub> ), кВт	49.6
ПР1-К	Процесс в нагревателе	Расход воздуха (G), кг/ч	9600
ПР1-К	Процесс в нагревателе	Теплопроизводительность нагревателя (Q <sub>н</sub> ), кВт	36.7



## Задание на расчетно-графическую работу

### Вариант 1

Определить избыточные тепловыделения для зала заседаний на 300 мест, если тепlopоступления за счет солнечной радиации составляют 5 кВт. Высота зала 6 метров, площадь зала  $F = 450 \text{ м}^2$ . Влаговыведения считать только от людей. Географическое положение: г. Днепропетровск.

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха и комфортные параметры внутреннего микроклимата.

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### Вариант 2

Определить избыточные тепловыделения для конференц-зала на 200 мест, если тепlopоступления за счет солнечной радиации составляют 4 кВт. Высота зала 5 метров, площадь зала  $F = 300 \text{ м}^2$ . Влаговыведения считать только от людей. Географическое положение: г. Донецк.

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха и комфортные параметры внутреннего микроклимата.

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### Вариант 3

Определить избыточные тепловыделения для кинотеатра на 300 мест, если тепlopоступления за счет солнечной радиации составляют 5 кВт. Высота зала 6 метров, площадь зала  $F = 450 \text{ м}^2$ . Влаговыведения считать только от людей. Географическое положение: г. Харьков.

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха и комфортные параметры внутреннего микроклимата.

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### Вариант 4

Определить избыточные тепловыделения для зала заседаний на 400 мест, если тепlopоступления за счет солнечной радиации составляют 6 кВт. Высота зала 6 метров, площадь зала  $F = 400 \text{ м}^2$ . Влаговыведения считать только от людей. Географическое положение: г. Киев.

Необходимо обеспечить минимальную подачу наружного воздуха и комфорт-

ные параметры внутреннего микроклимата.

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### **Вариант 5**

Определить избыточные тепловыделения для кинотеатра на 500 мест, если теплоступления за счет солнечной радиации составляют 6 кВт. Высота зала 6 метров, площадь зала  $F = 450 \text{ м}^2$ . Влаговыведения считать только от людей. Географическое положение: г. Полтава

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха и комфортные параметры внутреннего микроклимата ( $t_{в} = 16^{\circ}\text{C}$ ).

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### **Вариант 6**

Определить избыточные тепловыделения для зала заседаний на 500 мест, если теплоступления за счет солнечной радиации составляют 6 кВт. Высота зала 6 метров, площадь зала  $F = 450 \text{ м}^2$ . Влаговыведения считать только от людей. Географическое положение: г. Бердянск.

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха и комфортные параметры внутреннего микроклимата.

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### **Вариант 7**

Определить избыточные тепловыделения для конференц-зала на 500 мест, если теплоступления за счет солнечной радиации составляют 6 кВт. Высота зала 6 метров, площадь зала  $F = 600 \text{ м}^2$ . Влаговыведения считать только от людей. Географическое положение: г. Ивано-Франковск.

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха и комфортные параметры внутреннего микроклимата.

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### **Вариант 8**

Определить избыточные тепловыделения для зала заседаний на 400 мест, если теплоступления за счет солнечной радиации составляют 6 кВт. Высота зала 6 метров, площадь зала  $F = 500 \text{ м}^2$ . Влаговыведения считать только от людей. Географическое положение: г. Одесса.

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха и комфортные параметры внутреннего микроклимата.

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### **Вариант 9**

Определить избыточные тепловыделения для кинотеатра на 300 мест, если теплоступления за счет солнечной радиации составляют 6 кВт. Высота зала 6 метров, площадь зала  $F = 450 \text{ м}^2$ . Влаговыведения считать только от людей. Географическое положение: г. Ровно.

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха и комфортные параметры внутреннего микроклимата ( $t_{в} = 16^{\circ}\text{C}$ ).

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### **Вариант 10**

Определить избыточные тепловыделения для кинотеатра на 350 мест, если теплоступления за счет солнечной радиации составляют 4 кВт. Высота зала 6 метров, площадь зала  $F = 400 \text{ м}^2$ . Влаговыведения считать только от людей. Географическое положение: г. Одесса.

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха и комфортные параметры внутреннего микроклимата ( $t_{в} = 16^{\circ}\text{C}$ ).

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### **Вариант 11**

Определить избыточные тепловыделения для тренажерного зала, рассчитанного на 30 человек. Высота зала 3 метра, площадь зала  $F = 55 \text{ м}^2$ .

Географическое положение: г. Луганск.

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха (3-х-кратный воздухообмен) и комфортные параметры внутреннего микроклимата ( $t_{в} = 16^{\circ}\text{C}$ ).

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### **Вариант 12**

Определить избыточные тепловыделения для тренажерного зала в полуподвальном помещении, рассчитанного на 40 человек. Высота зала 3 метра, площадь зала  $F = 65 \text{ м}^2$ . Географическое положение: г. Симферополь.

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха (3-х-кратный воздухообмен) и комфортные параметры внутреннего микроклимата ( $t_B = 16^\circ\text{C}$ )

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### **Вариант 13**

Определить избыточные тепловыделения для тренажерного зала в полуподвальном помещении, рассчитанного на 25 человек. Высота зала 3 метра, площадь зала  $F = 40 \text{ м}^2$ . Географическое положение: г. Житомир.

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха (3-х-кратный воздухообмен) и комфортные параметры внутреннего микроклимата ( $t_B = 16^\circ\text{C}$ )

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### **Вариант 14**

Определить избыточные тепловыделения для игрового спортивного зала  $42 \times 24$  м, рассчитанного на 60 человек. Высота зала 6 метров. Географическое положение: г. Сумы.

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха ( $80 \text{ м}^3/\text{ч}$  на одного тренирующегося) и комфортные параметры внутреннего микроклимата ( $t_B = 15^\circ\text{C}$ )

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### **Вариант 15**

Определить избыточные тепловыделения для игрового спортивного зала  $48 \times 30$  м, рассчитанного на 65 человек. Высота зала 6 метров. Географическое положение: г. Ужгород.

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха ( $80 \text{ м}^3/\text{ч}$  на одного тренирующегося) и комфортные параметры внутреннего микроклимата ( $t_B = 15^\circ\text{C}$ )

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### **Вариант 16**

Найти избыточные тепловыделения в помещении офиса, площадь помещения  $F = 58 \text{ м}^2$ ; Параметры наружного воздуха: г. Мариуполь.

Количество человек считать из расчёта  $6 \text{ м}^2$  на 1 человека.

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха и комфортные параметры внутреннего микроклимата.

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### **Вариант 17**

Найти избыточные тепловыделения в помещении офиса, площадь помещения  $F = 70 \text{ м}^2$ ; Параметры наружного воздуха: г. Николаев.

Количество человек считать из расчёта  $6 \text{ м}^2$  на 1 человека.

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха и комфортные параметры внутреннего микроклимата.

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### **Вариант 18**

Найти избыточные тепловыделения в помещении офиса, площадь помещения  $F = 40 \text{ м}^2$ ; Параметры наружного воздуха: г. Ивано-Франковск.

Количество человек считать из расчёта  $6 \text{ м}^2$  на 1 человека.

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха и комфортные параметры внутреннего микроклимата.

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### **Вариант 19**

Найти избыточные тепловыделения в помещении офиса, площадь помещения  $F = 50 \text{ м}^2$ ; Параметры наружного воздуха: г. Феодосия.

Количество человек считать из расчёта  $6 \text{ м}^2$  на 1 человека.

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха и комфортные параметры внутреннего микроклимата.

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### **Вариант 20**

Найти избыточные тепловыделения в помещении офиса, площадь помещения  $F = 90 \text{ м}^2$ ; Параметры наружного воздуха: г. Севастополь.

Количество человек считать из расчёта  $6 \text{ м}^2$  на 1 человека.

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха и комфортные параметры внутреннего микроклимата.

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### **Вариант 21**

Найти избыточные тепловыделения в помещении офиса, площадь помещения  $F = 75 \text{ м}^2$ ; Параметры наружного воздуха: г. Ялта.

Количество человек считать из расчёта  $6 \text{ м}^2$  на 1 человека.

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха и комфортные параметры внутреннего микроклимата.

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### **Вариант 22**

Найти избыточные тепловыделения в помещении офиса, площадь помещения  $F = 85 \text{ м}^2$ ; Параметры наружного воздуха: г. Черкассы.

Количество человек считать из расчёта  $6 \text{ м}^2$  на 1 человека.

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха и комфортные параметры внутреннего микроклимата.

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### **Вариант 23**

Найти избыточные тепловыделения в торговом зале магазина.

Исходные данные: Географическое месторасположение: г. Чернигов.

Размер помещения:  $20 \times 12 \text{ м}$ ., высота потолка  $3,2 \text{ м}$ ;

Количество посетителей и продавцов соответственно 36 и 4;

Теплопоступления от солнечной радиации и оборудования =  $6 \text{ кВт}$ .

Теплопоступления от освещения брать из расчёта  $35 \text{ Вт/м}^2$ .

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха и комфортные параметры внутреннего микроклимата.

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### **Вариант 24**

Найти избыточные тепловыделения в торговом зале магазина.

Исходные данные: Географическое месторасположение: г. Винница.

Размер помещения:  $17 \times 15 \text{ м}$ ., высота потолка  $3,2 \text{ м}$ ;

Количество посетителей и продавцов соответственно 30 и 6;

Теплопоступления от солнечной радиации и оборудования =  $5 \text{ кВт}$ .

Теплопоступления от освещения брать из расчёта  $35 \text{ Вт/м}^2$ .

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха и комфортные параметры внутреннего микроклимата.

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### **Вариант 25**

Найти избыточные тепловыделения в торговом зале магазина.

Исходные данные: Географическое месторасположение: г. Измаил.

Размер помещения:  $18 \times 25$  м., высота потолка 3,2 м;

Количество посетителей и продавцов соответственно 40 и 4;

Теплопоступления от солнечной радиации и оборудования = 6 кВт.

Теплопоступления от освещения брать из расчёта  $35 \text{ Вт/м}^2$ .

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха и комфортные параметры внутреннего микроклимата.

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### **Вариант 26**

Найти избыточные тепловыделения в торговом зале магазина.

Исходные данные: Географическое месторасположение: г. Черкассы.

Размер помещения:  $20 \times 15$  м., высота потолка 3,2 м;

Количество посетителей и продавцов соответственно 35 и 3;

Теплопоступления от солнечной радиации и оборудования = 4 кВт.

Теплопоступления от освещения брать из расчёта  $35 \text{ Вт/м}^2$ .

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха и комфортные параметры внутреннего микроклимата.

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### **Вариант 27**

Найти избыточные тепловыделения в торговом зале магазина.

Исходные данные: Географическое месторасположение: г. Ялта.

Размер помещения:  $35 \times 15$  м., высота потолка 3,2 м;

Количество посетителей и продавцов соответственно 45 и 5;

Теплопоступления от солнечной радиации и оборудования = 7 кВт.

Теплопоступления от освещения брать из расчёта  $35 \text{ Вт/м}^2$ .

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха и комфортные параметры внутреннего микроклимата.

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Вы-

брать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### **Вариант 28**

Найти избыточные тепловыделения в торговом зале магазина.

Исходные данные: Географическое месторасположение: г. Феодосия.

Размер помещения:  $30 \times 20$  м., высота потолка 3,2 м;

Количество посетителей и продавцов соответственно 40 и 5;

Теплопоступления от солнечной радиации и оборудования = 7 кВт.

Теплопоступления от освещения брать из расчёта  $35 \text{ Вт/м}^2$ .

Необходимо обеспечить минимально-необходимую подачу наружного воздуха и комфортные параметры внутреннего микроклимата.

Построить принципиальную схему обработки воздуха в I-D диаграмме. Выбрать тип СКВ, обосновать свой выбор. Определить необходимый расход наружного воздуха и производительность СКВ.

### **Вариант 29**

Построить в I-D диаграмме процесс обработки воздуха в летний и зимний периоды и найти количество приточного воздуха в помещении инфекционной больницы при следующих условиях:

избыточные тепловыделения в помещении  $Q = 12000$  кДж/час;

избыточные влаговыведения  $W = 0,64$  кг/час;

параметры наружного воздуха: г. Донецк;

параметры внутреннего воздуха (зима):  $t = 21^\circ\text{C}$ ;  $\varphi = 40\%$ ;

параметры внутреннего воздуха (лето):  $t = 24^\circ\text{C}$ ;  $\varphi = 55\%$ ;

температура приточного воздуха:  $t = 18^\circ\text{C}$

температура уходящего воздуха:  $t = 23^\circ\text{C}$

### **Вариант 30**

Построить в I-D диаграмме процесс обработки воздуха в летний и зимний периоды и найти количество приточного воздуха в помещении инфекционной больницы при следующих условиях:

избыточные тепловыделения в помещении  $Q = 10000$  кДж/час;

избыточные влаговыведения  $W = 0,52$  кг/час;

параметры наружного воздуха: г. Киев;

параметры внутреннего воздуха (зима):  $t = 22^\circ\text{C}$ ;  $\varphi = 45\%$ ;

параметры внутреннего воздуха (лето):  $t = 24^\circ\text{C}$ ;  $\varphi = 55\%$ ;

температура приточного воздуха:  $t = 18^\circ\text{C}$

температура уходящего воздуха:  $t = 23^\circ\text{C}$



## **Список источников**

### **Основная литература**

- 1 Белова Е.М. Центральные системы кондиционирования воздуха в зданиях. – М.: Евроклимат, 2006 – 640 с.
- 2 Богословский В.Н., Кокорин О.Я., Петров Л.В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение. - М.: Стройиздат, 1985. - 336 с.
- 3 Ивашкевич А.А. Вентиляция общественных зданий. – Хабаровск: ХГТУ, 2001 – 65 с.
- 4 СНиП 2.04.05-91\*У Отопление, вентиляция и кондиционирование. К. : КиевЗНИИЭП, 1996 - 89 с.
- 5 Тихомиров Н.В., Сергиенко Э.С. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция. - М.: Стройиздат, 1991. - 479 с.

### **Дополнительная литература**

- 1 Ананьев В.А., Балужева Л.Н. и др. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. – М.: Евроклимат, 2001 – 416 с.
- 2 Харланов С.А., Степанов В.А. Монтаж систем вентиляции и кондиционирования воздуха. - М.: Высш. шк., 1986. - -224 с.

### **Методическое обеспечение**

- 1 Евсеева Т.А., Ластовец Н.В. Конспект лекций по курсу «Кондиционирование воздуха»./ Харьк. нац. акад. город. хоз-ва – Х.: ХНАГХ, 2011 – 115 с.

### **Интернет-ресурсы**

- 1 [www.abok.ru](http://www.abok.ru)
- 2 [www.hvacpro.ru/](http://www.hvacpro.ru/)
- 3 [www.aircon.ru](http://www.aircon.ru)

Навчальне видання

ЄВСЄЄВА Тетяна Олексіївна

ЛАСТОВЕЦЬ Наталя Володимирівна

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи, до практичних завдань та самостійної роботи студентів з дисципліни «**Кондиціонування повітря**» (для студентів 4 і 5 курсів всіх форм навчання за напрямом підготовки 0921 (6.060101) «Будівництво» і слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.092108 (7.06010107) «Теплогазопостачання і вентиляція»)  
(рос.мовою)

В авторській редакції  
Комп'ютерне верстання *Т.О. Євсєєва*  
Відповідальний за випуск *І.І. Капцов*

План 2009, поз. 184 М

Підп. до друку 16.11.2010  
Друк на ризографі.  
Зам. №

Формат 60 x 84 1/16  
Ум. друк. арк. 1,9  
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:  
Харківська національна академія міського господарства,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК №731 від 19.12.2001