

Вентиляция и кондиционирование

Практическое занятие №1-5.

Расчет расходов воздуха
общеобменной вентиляции
(РГЗ)

ЗАДАЧА №1

Типовое задание:

Определить расход приточного воздуха и требуемую кратность воздухообмена для вентиляции механического цеха самолетостроительного завода: а) в теплый период года, б) в холодный период года, в) для переходных условий и произвести выбор воздухораспределения. Вентилятор создает разность давлений – 1300 Па. Вт=Дж/с.

Исходные данные для расчета:

- Габариты цеха: длина, ширина, высота.
- Расчетная температура наружного воздуха **в теплый период года 24 °С.**
- Избытки теплоты – КВт.
- Расход воздуха, удаляемого из рабочей зоны – м³/ч.
- Категория работ средней тяжести II Б.
- Тепловой поток для отопления помещения в холодный период года – КВт.
- Температура воздуха в рабочей зоне - °С.
- Избытки теплоты при переходных условиях – КВт.

Порядок расчета

Расход приточного воздуха для нужд предприятия по избыткам поступающего тепла можно определить по формуле:

$$L = L_{wz} + \frac{3,6 \cdot Q_{изб} - c \cdot \rho \cdot L_{wz} \cdot (t_{wz} - t_{in})}{c \cdot \rho \cdot (t_{ex} - t_{in})}, \text{ где}$$

L - расход приточного воздуха ($\text{м}^3/\text{час}$);

L_{wz} - расход воздуха, удаляемого из рабочей зоны местными отсосами общеобменной вентиляции и на технологические нужды ($\text{м}^3/\text{час}$);

$Q_{изб}$ – избыточный явный тепловой поток в помещении (Вт) - **СОСТОИТ ИЗ ИЗБЫТКОВ ТЕПЛОТЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЙ**;

C – теплоёмкость воздуха (принять равной $C=1,005$ ($\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$);

ρ – плотность воздуха ($1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$)

t_{wz} - температура воздуха в рабочей зоне помещения, удаляемого местными отсосами общеобменной вентиляции и на технологические нужды ($^\circ\text{C}$);

t_{in} - температура воздуха, подаваемого в помещение равная температуре приточного воздуха на выходе из воздухораспределителей ($^\circ\text{C}$);

t_{ex} - температура воздуха удаляемого за пределами рабочей зоны ($^\circ\text{C}$);

1 ватт [Вт] = 3600 джоуль в час [Дж/ч] – > 3,6 переводной коэффициент

wz – work zone (рабочая зона)

In – inlet (поступаемый поток)

Ex – exhaust (выходящий, удаляемый поток)

Температура удаляемого воздуха находится эмпирически:

$$t_{ex} = t_{in} + K_t(t_{wz} - t_{in})$$

K_t - коэффициент воздухообмена (принять по таблице 2).

Определяем допустимую температуру воздуха t_{wz} в рабочей зоне **в теплый период года.**

Для Новосибирска допустимая температура рабочей зоны определяется как прибавка 4°C к расчетной температуре, но не превышающая 31°C - для легких работ; 30°C - для работ средней тяжести и 29°C - для тяжелых работ

$$t_{w,z} = t_a + 4$$

• Допустимая температура воздуха в рабочей зоне t_{wz} при переходных условиях и в холодный период года принимается по таблице 1 по НИЖНЕМУ пределу для постоянных рабочих мест (15 °С).

Таблица 1 – Допустимые и оптимальные температуры в рабочей зоне

Период года	Категория работ	Оптимальные нормы на постоянных и непостоянных рабочих местах			Допустимые нормы				
		температура, °С	скорость движения, м/с. не более	относительная влажность, %	температуры, °С			скорости движения воздуха, м/с, не более	относительной влажности воздуха, %, не более
					на всех рабочих местах	на постоянных рабочих местах	на непостоянных рабочих местах		
Теплый	Легкая:			40-60	На 4 °С выше расчетной температуры наружного воздуха (параметры А) и не более указанных в гр. 7 и 8				75
	Ia	23-25	0.1			28/31	30/32	0.2	
	Iб	22-24	0.2			28/31	30/32	0,3	
	Средней тяжести:	21-23	0,3			27/30	29/31	0,4	
	IIa	20-22	0,3			27/30	29 31	0,5	
	IIб								
Тяжелая:									
III	18-20	0,4		26/29	28/30	0.6			
Холодный и переходные условия	Легкая:			40-60	-				75
	Ia	22-24	0,1			21-25	18-26	0,1	
	Iб	21-23	0,1			20-24	17-25	0,2	
	Средней тяжести:	18-20	0,2			17-23	15-24	0,3	
	IIa		0,2						
	IIб	17-19	0,3			15-21	13-23	0,4	
	Тяжелая:								
III	16-18			13-19	12-20	0,5			

- Примечания: 1. В таблице допустимые нормы внутреннего воздуха приведены в виде дроби: в числителе для районов с расчетной температурой наружного воздуха (параметры А) ниже 25 °С, в знаменателе - выше 25 °С.
- 2. Для районов с температурой наружного воздуха (параметры А) 25 °С и выше соответственно для категорий работ легкой, средней тяжести и тяжелой температуру на рабочих местах следует принимать на 4 °С выше температуры наружного воздуха, но не выше указанной в знаменателе гр. 7 и 8.
- 3. В населенных пунктах с расчетной температурой наружного воздуха 18 °С и ниже (параметры А) вместо 4 °С, указанных в гр. 6, допускается принимать 6 °С.
- 4 Нормативная разность температур между температурой на рабочих местах и температурой наружного воздуха (параметры А) 4 или 6 °С может быть увеличена при обосновании расчетом в соответствии с п. 2.10.
- 5. В населенных пунктах с расчетной температурой наружного воздуха t , °С, на постоянных и непостоянных рабочих местах в теплый период года (параметры А), превышающей:
 - а) 28 °С - на каждый градус разности температур $t - 28$ °С следует увеличивать скорость движения воздуха на 0,1 м/с, но не более чем на 0,3 м/с выше скорости, указанной в гр. 9;
 - б) 24 °С - на каждый градус разности температур $t - 24$ °С допускается принимать относительную влажность воздуха на 5 % ниже относительной влажности, указанной в гр. 10.
- 6. В климатических зонах с высокой относительной влажностью воздуха (вблизи морей, озер и др.), а также при применении адиабатной обработки приточного воздуха водой для обеспечения на рабочих местах температур, указанных в гр. 7 и 8, допускается принимать относительную влажность воздуха на 10 % выше относительной влажности, определенной в соответствии с примеч. 5, 6.
- 7. если допустимые нормы невозможно обеспечить по производственным или экономическим условиям, то следует предусмотреть воздушное душирование или кондиционирование воздуха на постоянных рабочих местах.

$t_{v,z}$ – принимаем последовательно для всех периодов года.

Расчетные параметры наружного воздуха (температуру и энтальпию) при проектировании вентиляции общественных, административно-бытовых и производственных помещений следует принимать в соответствии со СНиП 02.04.05-91, для теплого периода года **по параметрам А, для холодного периода - по параметрам Б.**

Для переходных условий независимо от места расположения здания принимаем температуру наружного воздуха **8°C**, энтальпию 22,5 кДж/кг.

ТОГДА

Для Новосибирска, для теплого периода года $t_{in} = + 22,7$ °С.

Для **переходных условий** $t_{in} = 8,0$ °С.

Для **холодного периода** года $t_{in} = - 39,0$ °С (в формулу подставляется со знаком МИНУС, знак меняется на плюс).

Рассчитываем удельные избытки теплоты:

$$\frac{Q}{V}, \text{ Вт}$$

V – объем зданий, Q – избытки теплоты.

По найденному значению находим K_t из таблицы 2, выбирая тип и расположение воздухораспределителей для каждого времени года.

Q – разное для разных времен года.

Таблица 2 - Значения коэффициентов воздухообмена K_t и K_q для помещений с незначительными избытками явной теплоты.

Подача воздуха	Удельные избытки теплоты Вт на 1 м ³ помещения					
	до 20 Вт		20-50 Вт		50 и более Вт	
	Воздухообмен 1/ч					
	3 - 5		5-10		10 и более	
	K_t	K_q	K_t	K_q	K_t	K_q
Непосредственно в рабочую зону	1,3	1,85	1,2	1,4	1,05	1,15
Наклоненными струями в направлении рабочей зоны:						
с высоты не более 4м	1,15	1,4	1,1	1,2	1,0	1,1
с высоты более 4м	1	1,2	1	1,1	1	1,05
Сосредоточенно, выше рабочей зоны	0,95	1,1	1	0,95	1	1
Сосредоточенно, выше рабочей зоны с использованием направляющих сопел	1	1	1	1	1	1
Сверху вниз:						
настилающимися струями	0,95	1,1	1	1,05	1	1
коническими струями	1,05	1,1	1	1,05	1	1
плоскими струями	1,1	1,2	1,05	1,1	1	1

Коэффициент воздухообмена характеризует скорость замещения воздуха в помещении, принимается по таблице.

- Он зависит от условий раздачи воздуха в помещении, расположения и размеров диффузоров, расположения источников тепла и т.д.
- При применении метода вытеснения, возможно получить значения коэффициента воздухообмена от 50 до 100%, в то время как при вентиляции перемешиванием они не превышают 50%.

Кратность воздухообмена (air exchange rate) (отношение расхода воздуха к объёму помещения) определяется как:

$$K = \frac{L}{V}$$

Задача 2

Типовое задание: Определить расход воздуха для общеобменной вентиляции цеха

Исходные данные для расчета:

- в помещение поступает X г/ч вредных газов, которые легче воздуха (сернистый газ, угарный газ и др.)
- ПДК вредных газов в воздухе рабочей зоне = Y мг/м³, q_{wz} .

ПДК берется из "ИНСТРУКЦИЯ ПО САНИТАРНОМУ СОДЕРЖАНИЮ ПОМЕЩЕНИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ" (УТВ. ГЛАВНЫМ ГОСУДАРСТВЕННЫМ САНИТАРНЫМ ВРАЧОМ СССР 31.12.66 N 658-66)

- В наружном воздухе содержится Z мг/м³ этих веществ, q_{in} .
- Местными отсосами из рабочей зоны удаляется L_{wz} м³/ч воздуха.
- Коэффициент воздухообмена – K .

Порядок расчета

Расход воздуха общеобменной вентиляции определяем по формуле:

$$L_{p_0} = L_{w,z} + \frac{m_{p_0} - L_{w,z}(q_{w,z} - q_{in})}{K(q_{w,z} - q_{in})} \text{ где}$$

m_{p_0} - масса вредных веществ, **г/ч**.

$L_{w,z}$ - объем воздуха, удаляемого из помещений системой вентиляции, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$q_{w,z}, q_{in}$ - предельно допустимая концентрация и фоновая концентрация ЗВ в воздухе, $\text{мг}/\text{м}^3$;

K – коэффициент воздухообмена.

№ п.п.	Наименование вещества	Наименование вещества	Величины предельно допустим. концентраций в мг/м ₃
<u>1. ГАЗЫ И ПАРЫ</u>			
1. Газы и пары			
1	Акролеин	Акролеин	2
2	Амилацетат	Амилацетат	100
3	n-аминоанизол	n-аминоанизол	1
4	Аммиак	Аммиак	20
5	Анилин	Анилин	3
6	Ацетальдегид	Ацетальдегид	5
7	Ацетон	Ацетон	200
8	Ацетонциангидрин	Ацетонциангидрин	0,9
9	Бензальхлорид	Бензальхлорид	0,5
10	Бензин-растворитель (в пересчете на С)	Бензин-растворитель (в пересчете на С)	300
11	Бензин топливный (сланцевый, крекинг и др.) в пересчете на С	Бензин топливный (сланцевый, крекинг и др.) в пересчете на С	100

Задача 3

Типовое задание:

Определить расход приточного воздуха в теплый период года для помещения сборочного цеха при кондиционировании (давление от вентилятора 1200-1400 Па).

Исходные данные для расчета:

- Габариты цеха: длина, ширина, высота, м.
- Избытки явной теплоты Q , кВт.
- Избытки влаги W , г/ч.
- Коэффициенты воздухообмена K_t , K_q (подача воздуха непосредственно в рабочую зону)
- Категория работ – легкая / а.
- Оптимальные параметры воздуха в рабочей зоне согласно ГОСТ 12.1.005-88 (температура $t_{w,z}=t_b = 25^\circ\text{C}$, влажность 60 %).

Система кондиционирования воздуха
– (СКВ) - предназначена для
борьбы с избыточными
тепловлаговыведениями и
выделениями углекислого газа от
людей

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СКВ

- Объект кондиционирования – строительные размеры и объемы.
- Местонахождение здания, расчетная географическая широта, климатические данные местности (барометрическое давление, парциальное давление водяного пара в июле, средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее теплого месяца, средняя месячная относительная влажность воздуха в 13 часов наиболее теплого месяца).
- Расчетные наружные условия для теплого и холодного периодов года (температура, удельная энтальпия и скорость ветра).

ПОСТРОЕНИЕ ЗОНЫ РАСЧЕТНОГО НАРУЖНОГО КЛИМАТА НА $I-d$ ДИАГРАММЕ

- Выбор расчетных наружных климатических условий проводят на основе существующих строительных норм и правил, в которых определяется степень обеспеченности внутреннего микроклимата.
- СКВ поддерживают заданные параметры внутри помещений только в пределах расчетного наружного климата и называются СКВ, рассчитываемые по параметрам Б. Эти параметры задаются нормами в виде расчетного теплосодержания (энтальпии) и расчетной температуры.
- I – теплосодержание (энтальпия) [кДж/кг], d – влагосодержание [г/кг].

Построение зоны расчетного наружного климата на $I-d$ диаграмме сводится к определению линий минимальной φ_{\min} и максимальной φ_{\max} относительных влажностей, линий постоянного теплосодержания наружного воздуха для теплого $I_H^{T.П.}$ и холодного $I_H^{X.П.}$ периодов года (положение точек $H^{T.П.}$ и $H^{X.П.}$) и линии расчетного максимального влагосодержания, ограничивающих расчетную зону d_p^{\max} (рис.1), что позволяет более правильно наметить схему обработки воздуха.

Минимальная относительная влажность наружного воздуха ϕ_{\min} , ограничивающая слева на $I-d$ диаграмме зону расчетного климата (см. рис.1), принимается равной 20 % – для очень сухого климата и 30 % – для всех остальных местностей.

Значение максимальной относительной влажности ϕ_{\max} , ограничивающей справа на $I-d$ диаграмме зону расчетного климата, рекомендуется принимать в зависимости от степени влажности климата данной местности:

- ❑ в прибрежных районах – 95 %, для районов с континентальным климатом – 90 %,
- ❑ для районов с резко выраженным континентальным климатом (Средняя Азия) – 70 %.

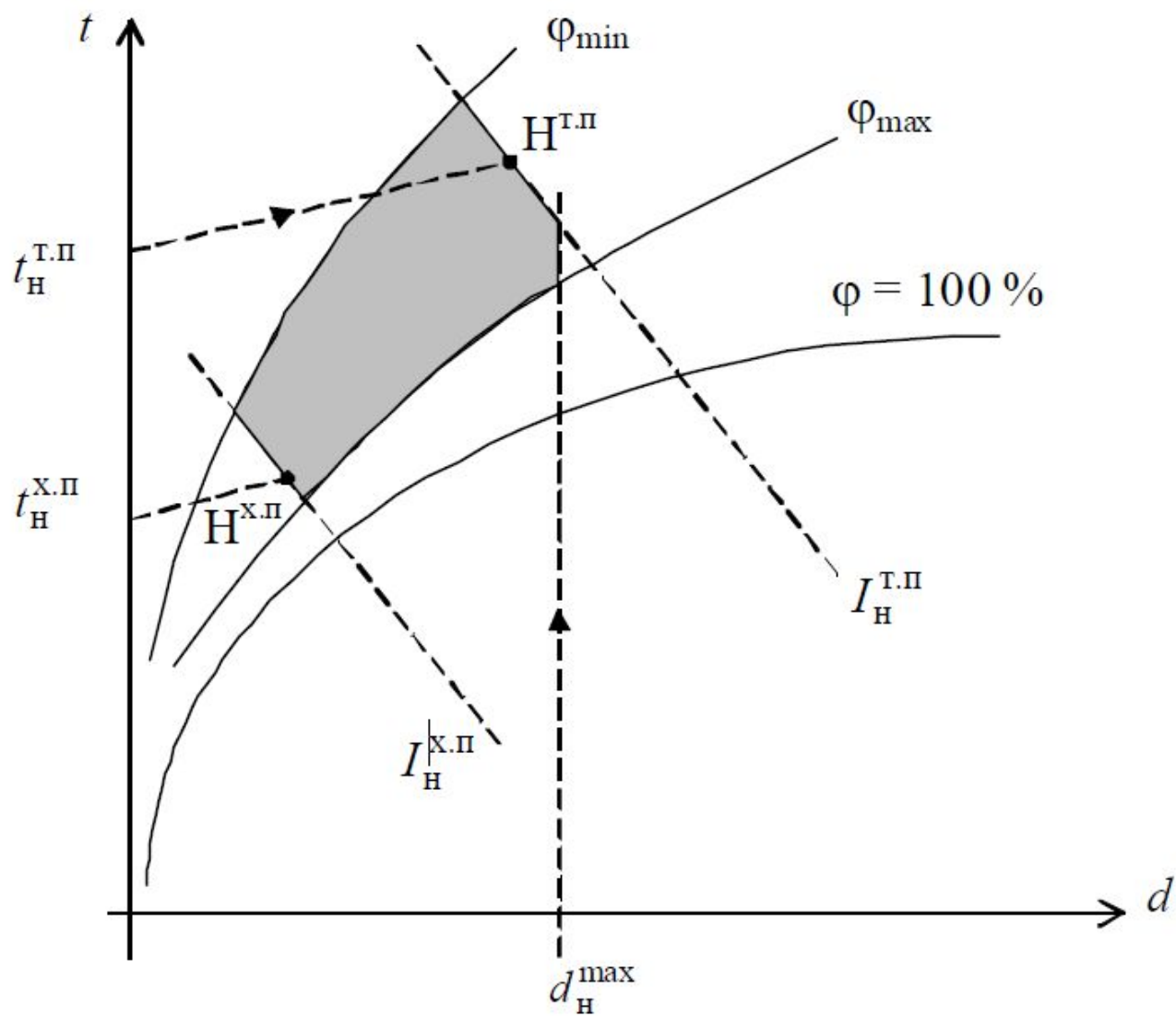


Рис. 1. Построение зоны расчетного наружного климата на $I-d$ диаграмме

Рассчитаем максимальное влагосодержание, г/кг сухого воздуха:

$$d_p^{\max} = d_{\text{срм}} + (2 \div 3)$$

ИЛИ

$$d_p^{\max} = \frac{622 \cdot P_{\text{п}}}{(P_{\text{б}} - P_{\text{п}})} + (2 \div 3)$$

Где $d_{\text{срм}}$ – среднемесячное влагосодержание наружного воздуха, принимается как более высокое за июль или август по абсолютной влажности, г/кг сухого воздуха; $P_{\text{б}}$ – барометрическое давление, гПа; $P_{\text{п}}$ – среднемесячное парциальное давление водяного пара (упругость водяного пара наружного воздуха) в июле, гПа.

Расчетное максимальное влагосодержание, таким образом, устанавливается из максимального среднемесячного путем прибавления 2 или 3 г на 1 кг сухого воздуха. Это необходимо, так как в течение суток влагосодержание не остается постоянным. Большую цифру (3 г/кг сухого воздуха) следует прибавлять при проектировании СКВ во влажном климате и меньшую (2 г/кг сухого воздуха) – в континентальном.

Исходными данными для построения процессов кондиционирования воздуха в холодный период являются:

- расчетные параметры наружного ($t_{\text{Н}}^{\text{х.п.}}$, $I_{\text{Н}}^{\text{х.п.}}$) и внутреннего ($t_{\text{В}}^{\text{х.п.}}$, $I_{\text{В}}^{\text{х.п.}}$) воздуха;
- результаты расчетов теплоступлений $Q^{\text{х.п}}$ и влаговыделений $W^{\text{х.п}}$;
- значение $\xi^{\text{х.п}}$;
- температура удаляемого воздуха t_y ; расход наружного и приточного воздуха, установленный расчетом для теплого периода года, а также схема обработки воздуха в теплый период года.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОГО И ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМОВ В ПОМЕЩЕНИИ

Определение теплового и влажностного режимов в помещении требует тщательного учета тепловлагодоступлений от людей, оборудования, освещения, солнечной радиации и прочих источников.

Расчет производится для холодного и теплого периодов года.

Теплый период года

Тепловыделения от людей полные (скрытые и явные),
 $Q_{\text{л}}^{\text{ТП}}$, Вт:

$$Q_{\text{л}}^{\text{ТП}} = q_{\text{п}} \cdot n$$

где $q_{\text{п}}$ - полная теплота, выделяемая одним человеком, Вт (рекомендуется принимать $q_{\text{п}}=120$ Вт для теплого и холодного периодов года, для людей не находящихся в состоянии покоя); n - число людей в расчётном объеме.

Теплопоступления от солнечной радиации через бесчердачное покрытие $Q_{\text{ср}}$, Вт:

$$Q_{\text{ср}} = q_{\text{ср}} \cdot F_{\text{з}}$$

где F_3 - площадь покрытия, м^2 ; $q_{\text{ср}}$ - количество теплоты, вносимое солнечной радиацией на 1 м^2 поверхности покрытия, $\text{Вт}/\text{м}^2$; принимается при географической широте 35° , 45° , 55° и 65° соответственно 23, 21, 17,5 и 14; при наличии чердака $q_{\text{ср}} = 6 \text{ Вт}/\text{м}^2$.
Широта г. Новосибирск – 55°

Если необходимо использовать кондиционер с открытым окном, то нужно учесть:

- Теплопоступления от солнечной радиации увеличивают на 19 – 27%.
- При этом увеличивается потребление электроэнергии на 9 – 15% - основная причина запрета использования кондиционера при открытом окне в коммерческих организациях.
- При больших тепловых потоках через окно кондиционер не сможет охладить воздух до заданной температуры, кондиционер будет работать без остановки в режиме перегрузки и окно надо обязательно будет закрыть.

Тепловыделения от бытового

оборудования
Тепловыделения от бытового оборудования ($Q_{\text{быт.об.}}$) составляет примерно 30% от потребляемой им мощности сети 220В. К примеру:

- компьютер портативный до 0.45 кВт;
- ксерокс до 0.65 кВт;
- офисный принтер (лазерный) до 0,45 кВт;
- телевизор до 0,25 кВт;

Тепловыделения от бытовой техники на кухне

- Кофеварка с греющей поверхностью – 300 Вт
- Кофемашина и электрочайник – 900-1500 Вт
- Электроплита – 900-1500 Вт на 1 м² верхней поверхности
- Газовая плита – 1800-3000 Вт 1 м² верхней поверхности
- Фритюрница – 2750-4050 Вт
- Тостер – 1100-1250 Вт
- Вафельница – 850 Вт
- Гриль – 13500 Вт на 1 м² верхней поверхности
- При наличии вытяжного зонта, теплопоступления от плиты делятся на 1,4.
При определении мощности кондиционера считают, что приборы включают в быту не одновременно - берется максимальная для данной кухни возможная комбинация по мощности. Например: три конфорки на электрической плите и микроволновая печь.

Суммарные тепловыделения в теплый период года , Вт:

$$Q_{\text{изб}}^{\text{ТП}} = Q_{\text{л}}^{\text{ТП}} + Q_{\text{ср}} + Q_{\text{быт.об.}}$$

Влаговыведения от людей, $W^{тп}$, кг/ч:

$$W^{тп} = w^{тп} \cdot n$$

где $w^{тп}$ — влаговыведения одним человеком в теплый период года, г/ч, принимается по табл. 1 для человека, находящегося в состоянии покоя.

Выделение углекислого газа (CO_2) $G_{CO_2}^{тп}$, кг/ч:

$$G_{CO_2}^{тп} = g_{CO_2} \cdot n$$

где g_{CO_2} выделение CO_2 одним человеком, г/ч, зависит от категории работ и принимается согласно табл.1.

Плотность CO_2 при н.у. составляет 1,98 кг/м³=1980 г/м³.

1 литр = 0,001 м³.

Таблица 1

Количество теплоты, влаги и CO₂, выделяемых человеком*

Параметры	Значения параметров при температуре воздуха в помещении, °С				
	15	20	25	30	35
Состояние покоя					
Теплота, Вт:					
явная	120	90	60	40	10
полная	145	120	95	95	95
Влага, г/ч	30	40	50	75	115
CO ₂ , л/ч	23	23	23	23	23
Легкая работа					
Теплота, Вт:					
явная	120	100	65	40	5
полная	160	150	145	145	145
Влага, г/ч	55	75	115	150	200
CO ₂ , л/ч	25	25	25	25	25
Работа средней тяжести					
Теплота, Вт:					
явная	135	105	70	40	5
полная	210	205	200	200	200
Влага, г/ч	110	140	185	230	280
CO ₂ , л/ч	35	35	35	35	35
Тяжелая работа					
Теплота, Вт:					
явная	165	130	95	50	10
полная	290	290	290	290	290
Влага, г/ч	185	240	295	355	415
CO ₂ , л/ч	45	45	45	45	45

* В таблице приведены данные для взрослого мужчины; для ребенка принимают 75 % и для женщины – 85 % от приведенных тепловлагодоступлений.

Величина углового коэффициента луча процесса изменения состояния воздуха в помещении в теплый период $\xi^{\text{ТП}}$, кДж/(кг влаги), определяется как:

$$\xi^{\text{ТП}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{изб}}^{\text{ТП}}}{W^{\text{ТП}}}$$

Холодный период года

Тепловыделения от людей полные (скрытые и явные), $Q_{л}^{ХП}$, Вт:

$$Q_{л}^{ХП} = q_{п} \cdot n$$

Рекомендуется поддерживать дежурное отопление $t_{деж} = +5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, и нагревать воздух в помещении за счет тепловыделений от людей.

Таким образом теплотери в помещении компенсируются тепловыделениями от людей.

Для этого определяются теплопотери помещения $Q_{\text{деж.от.}}$, Вт, от $t_{\text{деж}}$ до нормируемой температуры воздуха $t_{\text{в}}$:

$$Q_{\text{деж.от.}} = q_{\text{от.}} \cdot (5 - t_{\text{нрo}}) V_{\text{з}}$$

где $q_{\text{от.}}$ — удельная отопительная характеристика здания, Вт/м³, рекомендуется принимать от 0,4 до 0,5 Вт/м³, из справочных данных;

5 °С - минимальная температура воздуха в помещении, поддерживаемая дежурным отоплением;

$t_{\text{н.р.о}}$ — наружная расчетная температура для проектирования отопления, принимается равной $t_{\text{н}}^{\text{ХП}}$, °С.

Для ХПГ теплопотери $Q_{\text{теп.п}}^{\text{ХП}}$ удобнее рассчитывать отдельно - для стен, пола и потолка через градусосутки отопительного периода для заданного города. Причем теплопотери через пол

В ряде случаев, в высоких зданиях с большой площадью остекления, кондиционирование бывает необходимо уже в марте, когда отопительный сезон еще не закончен. В этом случае в расчете необходимо учитывать теплоизбытки от системы отопления, которые можно принять равными 80-125 Вт на 1 м² площади. В этом случае надо учитывать не теплопоступления от внешних стен, а теплопотери, которые можно принять равными 18 Вт на 1 м².

Суммарные теплоступления в холодный период года, Вт:

$$Q^{\text{хп}} = Q_{\text{л}}^{\text{хп}} - (Q_{\text{теп.п}}^{\text{хп}} - Q_{\text{деж от}}) + Q_{\text{быт.об.}}$$

Влаговыведения от людей:

$$W^{\text{хп}} = w^{\text{хп}} \cdot n$$

где $w^{\text{хп}}$ — влаговыведения одним человеком в холодный период года, рекомендовано принимать $w^{\text{хп}}=30$ г/ч.

Выделение углекислого газа (CO_2) $G_{\text{CO}_2}^{\text{ХП}}$, кг/ч:

$$G_{\text{CO}_2}^{\text{ХП}} = G_{\text{CO}_2}^{\text{ТП}}$$

Величина коэффициента $\xi^{\text{ХП}}$, кДж/(кг влаги), определяется как:

$$\xi^{\text{ХП}} = \frac{3,6 \cdot Q^{\text{ХП}}}{W^{\text{ХП}}}$$

ПОСТРОЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ВОЗДУХА В КОНДИЦИОНЕРЕ НА I-D ДИАГРАММЕ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОГО ВОЗДУХООБМЕНА

Построение процессов обработки воздуха в кондиционере на I-d диаграмме осуществляется для теплого и холодного периодов года. Наибольшие тепловые избытки в помещениях гражданских зданий имеют место в теплый период года при параметрах Б (в теплый период года, при расчете отопления), поэтому расход необходимого приточного воздуха $G_{\Pi}^{\text{ТП}}$ и подбор кондиционера осуществляется для теплого периода года в целях устойчивой работы аэродинамики оборудования СКВ.

Построение процессов обработки воздуха на $I-d$

диаграмме для теплого периода года
Возможны два варианта построения процессов в зависимости от схемы обработки воздуха в СКВ.

Пример 1. Политропическое охлаждение наружного воздуха с применением холодильной машины без рециркуляции (рис. 2).

ВАЖНО! Политропный процесс, политропический процесс — термодинамический процесс, во время которого удельная теплоёмкость газа остаётся неизменной.

- 1) Определяем параметры наружного и внутреннего воздуха, положение точек Н и В. Положение точки Н определено ранее (см. рис.1). Точка В находится на пересечении линий $\varphi_B^{\text{ТП}} = 60\%$ и $t_B^{\text{ТП}} = 25\text{ }^\circ\text{C}$.
- 2) Через точку В проводим луч процесса $\xi_{\text{ТП}}$.
- 3) Из точки В опускаемся на $1\text{ }^\circ\text{C}$ по $d_B = \text{const}$ (учитываем нагрев воздуха в вентиляторе и воздуховодах), получаем точку В' и проводим линию, параллельную лучу процесса, до пересечения с $\varphi = 90\div 95\%$ - точка К, которая определяет состояние воздуха после обработки в увлажнительной секции.

Значение влажности воздуха на выходе из увлажнительного блока зависит от типа или вида применяемого увлажнителя. Рекомендуется при расчете принимать $\phi_k = 90\%$.

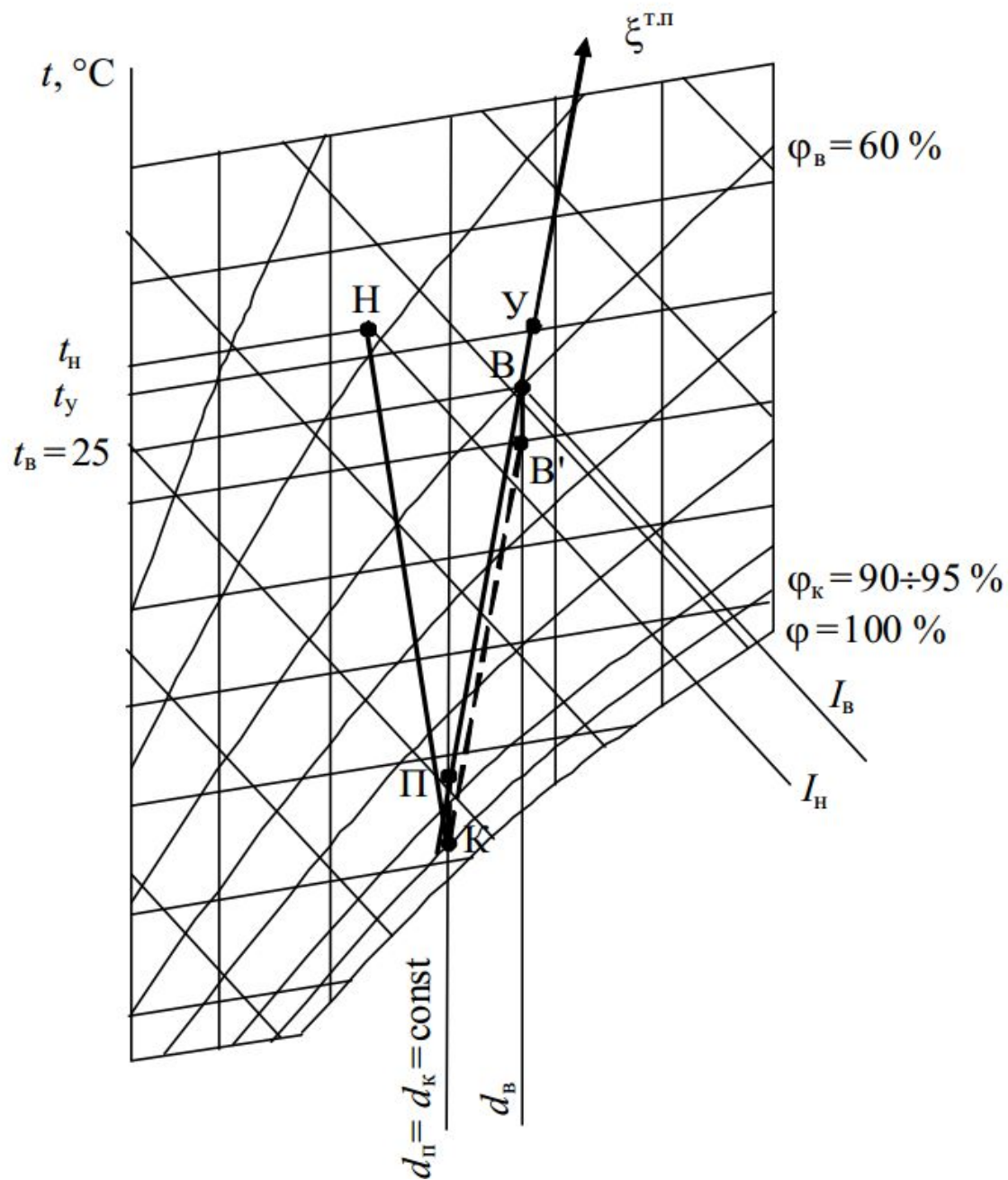
4) Точка П определяет параметры приточного воздуха перед поступлением в помещение. Для определения ее положения необходимо из точки К подняться по $d_k = \text{const}$ до пересечения с $\xi_{\text{ТП}}$.

5) Точка У характеризует параметры удаляемого воздуха и находится на $1...1,5$ °С выше В на луче процесса в зависимости от градиента температуры и высоты вытяжной решетки.

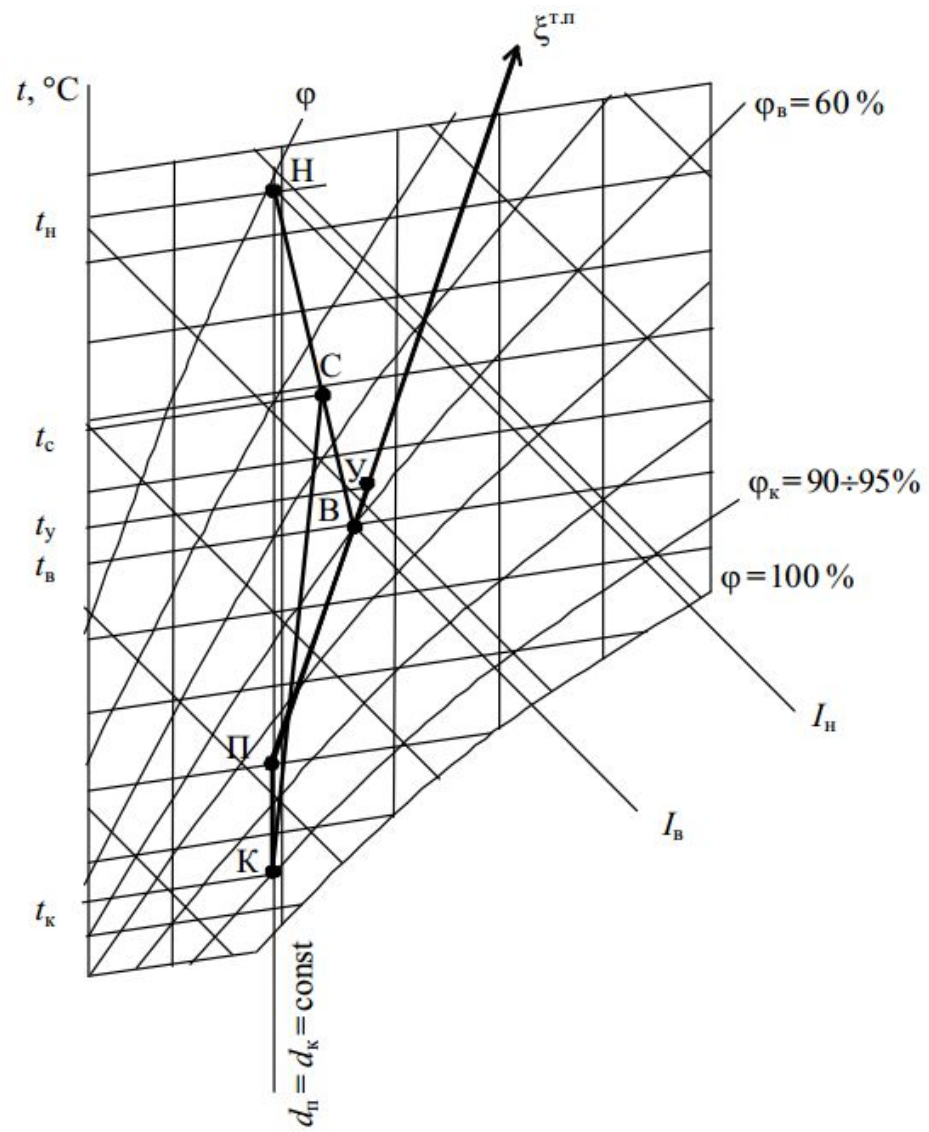
Таким образом, построенные на $I-d$ диаграмме процессы обработки воздуха в кондиционере характеризуют следующее:

- НК - политропическое охлаждение наружного воздуха в увлажнительной секции СКВ;
- КП - нагревание воздуха в вентиляторе и воздуховодах;
- ВУ - нагрев воздуха в верхней зоне зала;
- ПВУ - изменение состояния приточного воздуха в помещении, характеризуемое лучом процесса $\xi^{ТП}$.

Рис. 2 - Построение процессов обработки воздуха в СКВ на I-d диаграмме в теплый период года при политропическом охлаждении наружного воздуха



Пример 2. Политропическое охлаждение смеси наружного и рециркуляционного воздуха с применением холодильной машины (см. раздаточный материал)



- Определяем положение точек Н и В.
- Через точку В проводим луч процесса $\xi^{ТП}$.
- Соединяем точки В и Н, получаем линию, по которой идет процесс смешения наружного и рециркуляционного воздуха.
- Определяем положение точки С, исходя из условия, что отрезок ВС > 0,1 НВ; можно принять ВС = (0,35÷0,4) НВ.
- Находим точку К, расположенную на линии $\phi_k = 90\div 95\%$ и t_k . Температуру t_k назначаем такой, чтобы построенная далее точка П оказалась «ЛЕВЕЕ» и «НИЖЕ» точки В по лучу процесса $\xi^{ТП}$. Точка К будет характеризовать состояние приточного воздуха после обработки в увлажнительной секции.
- Определяем положение точки П, которая находится на луче процесса $\xi^{ТП}$ и $d_k = \text{const}$.
- Строим точку У.
- Таким образом, построенные на $l-d$ диаграмме процессы обработки воздуха в кондиционере характеризуют следующее:
НС и ВС - смешение наружного и рециркуляционного воздуха;
СК - политропическое охлаждение смеси воздуха;
КП - нагревание воздуха в вентиляторе и воздуховодах;
ПВУ - изменение состояния приточного воздуха в помещении.

После построения процессов обработки воздуха в теплый период года по одному из двух приведенных выше вариантов составляется таблица.

Параметры воздуха в теплый период года	Н	В	С	П	У	К
Температура t , °С						
Относительная влажность ϕ , %						
Влагосодержание d , г/кг						
Энтальпия l , кДж/кг						
Плотность ρ , кг/м ³						

Определение расчетного воздухообмена при отсутствии рециркуляции

После определения параметров приточного воздуха в теплый период года можно определить расчетный воздухообмен помещения, т. е. расход приточного воздуха, который необходимо подать, **при отсутствии рециркуляции.**

Расчет воздухообмена $G_{\Pi}^{\text{ТП}}$, кг/ч, производится по избыткам полной теплоты в теплый период года $Q_{\text{Изб}}^{\text{ТП}}$.

$$G_{\Pi}^{\text{ТП}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{Изб}}^{\text{ТП}}}{I_{\text{У}}^{\text{ТП}} - I_{\Pi}^{\text{ТП}}}$$

Где $I_{\text{У}}^{\text{ТП}}$ и $I_{\Pi}^{\text{ТП}}$ теплосодержания удаляемого и подаваемого объемов воздуха

Определение количества воздуха, необходимого при рециркуляции

● Количество рециркуляционного воздуха $G_{\text{рец}}$, кг/ч, определяется по формуле

$$G_{\text{рец}} = G_{\text{п}} - G_{\text{нар}}$$

где $G_{\text{нар}}$ - количество наружного воздуха для удаления избытков CO_2 , кг/ч.

Минимальное количество необходимого для борьбы с CO_2 воздуха $G'_{\text{нар}}$, кг/ч, при условии, что концентрация газа не превышает предельно допустимой концентрации (ПДК):

$$G'_{\text{нар}} = \frac{G_{\text{CO}_2}}{\text{ПДК} - C_{\text{н}}}$$

где G_{CO_2} - выделение CO_2 в помещении; принимается из расчета теплового и влажностного режимов помещения, кг/ч; $C_{\text{н}}$ - концентрация CO_2 в наружном воздухе, $C_{\text{н}} = 0,75$ г/кг; ПДК=3 г/кг.

Плотность CO_2 при н.у. составляет $1,98 \text{ кг/м}^3 = 1980 \text{ г/м}^3$.

1 литр = $0,001 \text{ м}^3$.

При этом необходимо учитывать рекомендации строительных норм и правил, согласно которым для определенных видов помещений количество наружного воздуха $G''_{\text{нар}}$, кг/ч, должно составлять не менее 20 м³/ч на 1 человека (табл. 2):

$$G''_{\text{нар}} = 20 \cdot \rho_{\text{н}} \cdot n$$

где $\rho_{\text{н}}$ - плотность наружного воздуха, кг/м³,

$$\rho_{\text{н}} = \frac{353}{273 + t_{\text{н}}^{\text{ТП}}}$$

$t_{\text{н}}^{\text{ТП}}$ - температура наружного воздуха в теплый период года, °С (принимается

из исходных данных);

n – количество человек.

В расчете необходимо выбрать наибольшее значение из G' и G'' .

Таблица 2 - Минимальный расход, м³/ч, наружного воздуха на 1 человека

Помещения (участок, зона)	Помещение	
	с естественным проветриванием	без естественного проветривания
1	2	3
Производственные	30	60
Общественные и административного назначения*	40	60 20**
Жилые общей площадью квартиры на 1 чел.: более 20 м ² менее 20 м ²	30 3 м ³ /ч на 1 м ² жилой площади	60
<p>* Норма наружного воздуха приведена для рабочих помещений кабинетов, офисов общественных зданий административного назначения. В других помещениях общественного назначения норму наружного воздуха следует принимать по требованиям соответствующих нормативных документов.</p> <p>** Для помещений, в которых люди находятся не более двух часов непрерывно.</p> <p>Примечание - Нормы установлены для людей, находящихся в помещении более двух часов непрерывно.</p>		

Пример 3

● Определить расход приточного воздуха и построить процессы обработки воздуха при политропическом охлаждении в теплый период года для кинозала на 400 мест в г. Калуге (56° С.Ш.) **без применения рециркуляции** при кондиционировании (Параметры Б). Рассчитать кратность воздухообмена.

Исходные данные

Параметры наружного и внутреннего воздуха принять согласно СНиП 02.04.05-91*.

Относительная влажность воздуха $\varphi_B^{\text{ТП}} = 60\%$.

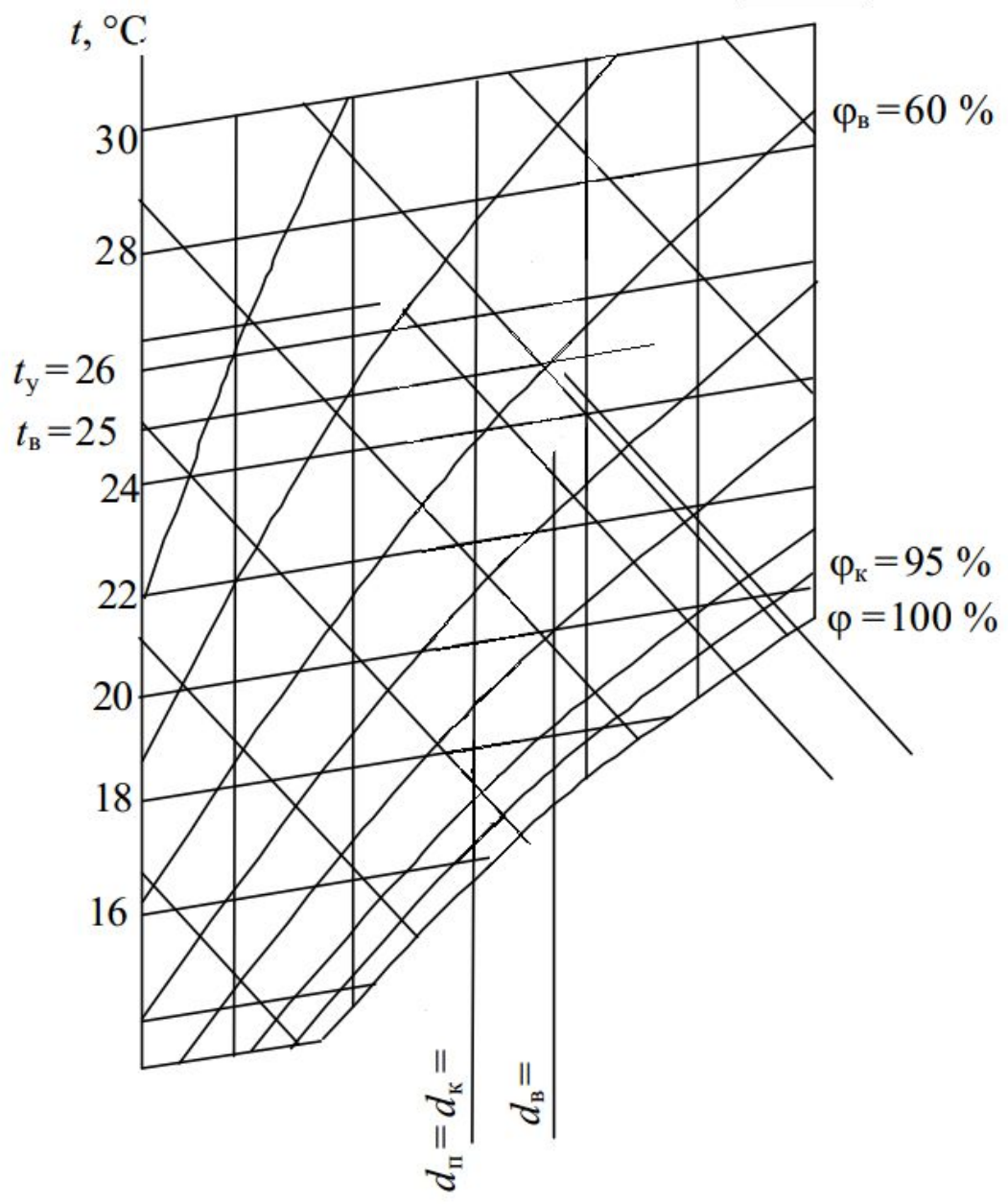
Избыточные полные тепlopоступления в зале:

- От оборудования $Q_{\text{изб.об.}}^{\text{ТП}} - 34800 \text{ Вт}$,
- От людей $Q_{\text{л}}^{\text{ТП}}$ и солнечной радиации $Q_{\text{ср}}^{\text{ТП}}$ – рассчитать;

Определить расход наружного воздуха $Q_{\text{нар}}^{\text{П}}$.

Объем зала – 2970 м^3 , площадь крыши без чердака 150 м^2 .

• $\xi^{т.п} =$ _____ кДж/кг



- 1) Наносим точку **Н**, характеризующую состояние наружного воздуха ($t_{\text{Н}} = 26,3 \text{ } ^\circ\text{C}$; $i^{\text{ТП}}_{\text{Н}} = 53,6 \text{ кДж/кг}$).
- 2) Наносим точку **В** ($t_{\text{В}} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$, $\phi^{\text{ТП}}_{\text{В}} = 60 \%$), характеризующую состояние внутреннего воздуха.

3) Определяем количество влагопоступлений $W^{тп}$ (г/ч) от людей по табличным данным.

Рассчитываем теплопоступления $Q_{изб}^{тп}$.

Вычисляем тепловлажностное отношение, по формуле:

$$\xi^{тп} = \frac{3,6 \cdot Q_{изб}^{тп}}{W^{тп}}$$

4) Через точку В проводим луч процесса $\xi^{\text{ТП}}$. Строим точку У.

5) Из точки В опускаемся на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (учитывая нагрев воздуха в вентиляторе и воздуховодах) по $d_B = \text{const}$ (учитываем нагрев воздуха в вентиляторе и воздуховодах), получаем точку В' и проводим линию, параллельную лучу процесса, до пересечения с $\phi = 95\%$ - точка К, которая определяет состояние воздуха после обработки в увлажнительной секции (оросительной камере).

6) Для определения положения точки П необходимо подняться по $d_K = \text{const}$ до пересечения с $\xi^{\text{ТП}}$. Находим $I_{\text{П}}^{\text{ТП}}$ на диаграмме.

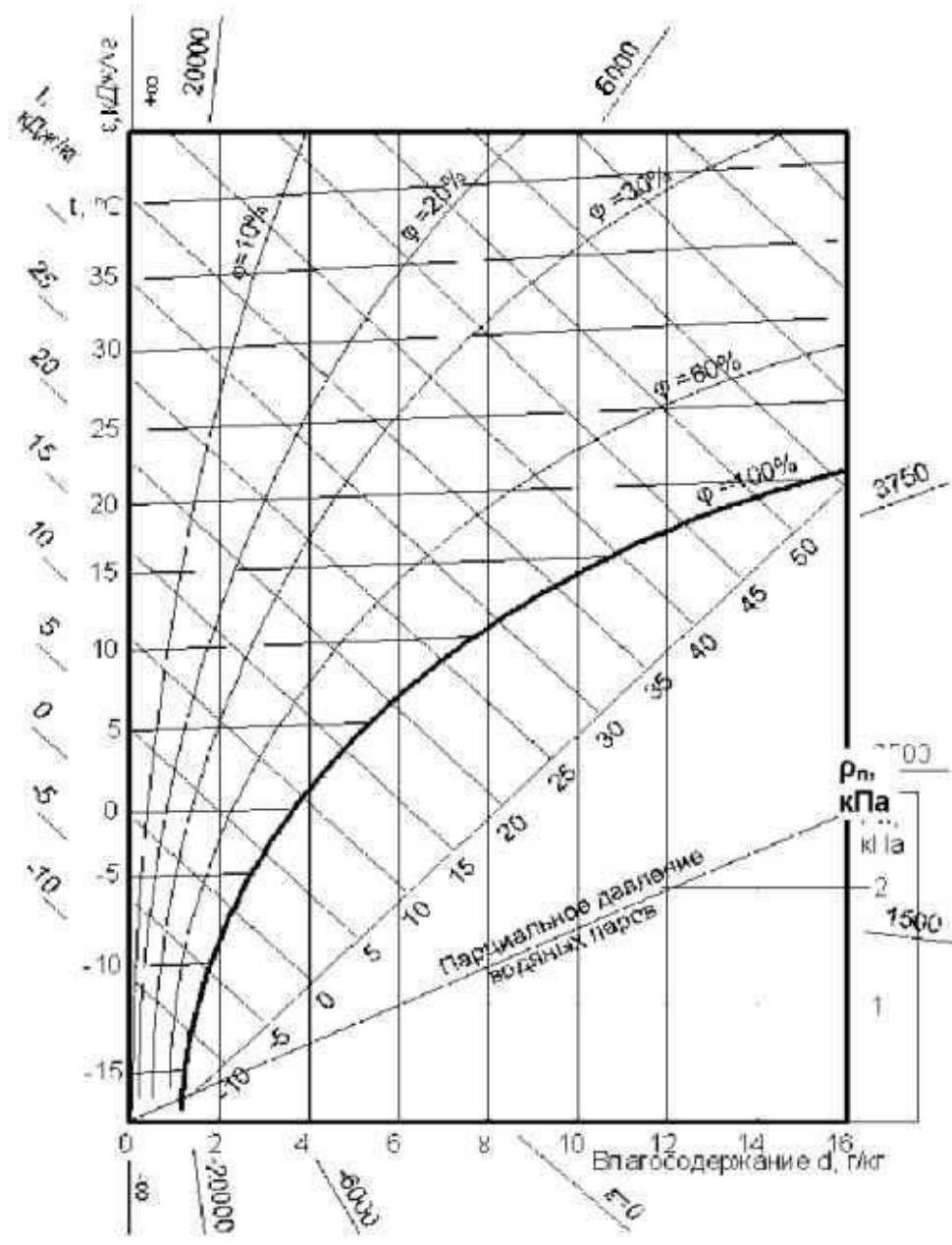
7) Расход приточного воздуха в случае отсутствия рециркуляции ведется по тепло- и влагоизбыткам:

$$G_{\text{п}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{изб}}^{\text{тп}}}{I_{\text{у}}^{\text{тп}} - I_{\text{п}}^{\text{тп}}}$$

8) Определяем кратность воздухообмена K .

9) Параметры воздуха сводим в таблицу состояний воздуха.

Параметры воздуха в теплый период года	Н	В	С	П	У	К
Температура t , °С						
Относительная влажность ϕ , %						
Влагосодержание d , г/кг						
Энтальпия l , кДж/кг						
Плотность ρ , кг/м ³						



Пример 4. Построение I-d диаграммы для холодного периода года

Построить процессы обработки воздуха в СКВ в холодный период года для кинозала в г. Новороссийске. Для сокращения энергозатрат на нагревание наружного воздуха в СКВ применяется **рециркуляция**.

Параметры наружного воздуха: температура $t_{\text{Н}}^{\text{ХП}} = -13 \text{ }^{\circ}\text{C}$,
 $I_{\text{Н}}^{\text{ХП}} = -10,5 \text{ кДж/кг}$.

Параметры внутреннего воздуха: температура $t_{\text{В}}^{\text{ХП}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$,
относительная влажность воздуха $\varphi_{\text{В}}^{\text{ХП}} = 40 \text{ \%}$.

Суммарные теплоступления в холодный период года $Q^{\text{ХП}} = 35\,200 \text{ Вт}$, количество влагопоступлений $W^{\text{ХП}} = 16\,000 \text{ г/ч}$, объем зала - 1890 м^3 .

Рассчитанное количество приточного воздуха в теплый период года $G_{\text{П}}^{\text{ТП}} = 35\,950 \text{ кг/ч}$.

- 1) Определяем положение точек Н и В по исходным данным.
- 2) Вычисляем тепловлажностное отношение по формуле: $\xi^{ХП} = \frac{3,6 \cdot Q_{изб}^{ХП}}{W^{ХП}}$
- 3) Через точку В проводим луч процесса $\xi^{ХП}$.
- 4) Определяем параметры приточного воздуха, положение точки П на луче процесса $\xi^{ХП}$:
- 5)
$$I_{П} = I_{В} - \frac{3,6 \cdot Q_{изб}^{ХП}}{G_{П}}$$
- 6) Соединяем точки В и Н.
- 7) Из точки П по линии $d_{п} = \text{const}$ проводим прямую до пересечения с $\varphi_{к} = \text{const}$, получаем точку К, которая характеризует состояние смеси наружного и рециркуляционного воздуха на выходе из оросительной камеры.
- 8) Из точки К по линии $I_{к} = \text{const}$ находим положение точки С на линии смеси НВ наружного и рециркуляционного воздуха. СК - адиабатическое увлажнение воздуха в оросительной камере.
- 9) Параметры воздуха сводим в таблицу состояний воздуха.

$\xi^{x.п} = \text{--- кДж/кг}$

