Библиотека СОК

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра отопления и вентиляции

РАСЧЕТ ВОЗДУХООБМЕНА В ПОМЕЩЕНИЯХ ЗДАНИЯ ДЛЯ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Методические указания к выполнению курсового и дипломного проектов

Для студентов заочного отделения специальности 290700 «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Москва, 2006

Авторы-составители

Профессор, доктор технических наук
Ю.Я.Кувшинов
Доцент, кандидат технических наук
О.Д.Самарин

Рецензент

Доцент, кандидат технических наук
А.Г.Рымаров

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

ВВЕДЕНИЕ..... 4

1. РАСЧЕТ ПОТОКОВ ВРЕДНЫХ ВЫДЕЛЕНИЙ В ПОМЕЩЕНИЯХ ЗДАНИЯ..... 4

1.1. Теплоизбытки в помещении..... 4
1.2. Влаговыделения в помещении..... 10
1.3. Газовые выделения в помещении……11

2. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ И ОБОСНОВАНИЮ СХЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУХООБМЕНА В ПОМЕЩЕНИИ..... 17

2.1. Общие положения..... 17
2.2. Помещения жилых и общественных зданий..... 18

3. РАСЧЕТ ТРЕБУЕМЫХ ВОЗДУХООБМЕНОВ В ПОМЕЩЕНИЯХ ЗДАНИЯ. ВЫБОР РАСЧЕТНОГО ВОЗДУХООБМЕНА..... 19

3.1. Расчет по избыткам явной теплоты.....19
3.2. Выбор расчетного воздухообмена.....23
3.3. Построение процессов изменения состояния воздуха на I-d-диаграмме и определение фактических параметров внутреннего воздуха при вентиляции……27

4. РАСЧЕТ ВОЗДУХООБМЕНОВ ПО НОРМАМ КРАТНОСТИ..... 30

4.1. Нормы кратности..... 30
4.2. Правила заполнения таблицы воздухообменов по кратности..…..... 31

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 33

ПРИЛОЖЕНИЕ 1..... 34
Бланки таблиц для расчета воздухообмена общеобменной вентиляции.....……. 34

ВВЕДЕНИЕ.

Методические указания к выполнению курсового и дипломного проекта **“Расчет воздухообмена в помещениях здания для вентиляции и кондиционирования воздуха”** составлены в соответствии с программой курса "ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИЯХ ЗДАНИЙ" для студентов факультета ТГВ. Эта часть Методических указаний являются продолжением 1-й части, в которой рассмотрен **расчет мощности отопительных приборов системы отопления.**

В последнее время технология обеспечения заданного микроклимата в помещениях бурно развивается. Новые способы ОБОГРЕВА, ОХЛАЖДЕНИЯ и ПРОВЕТРИВАНИЯ помещений, связанные с появлением на рынке широкого ассортимента нового оборудования, аппаратов и блоков данных систем с гибким автоматическим управлением, позволяют проектировать и осуществлять эффективные и экономичные системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

При проектировании таких систем необходимо определять минимально необходимую производительность по воздуху (“требуемый воздухообмен”) в разные периоды года и выбрать расход воздуха для подбора мощности оборудования (“расчетный воздухообмен”). В соответствии с действующими нормативными документами расчет воздухообмена проводится для условий установившегося режима либо по заданной кратности воздухообмена, либо методом решения систем балансовых уравнений, составленных для каждого рассчитываемого помещения.

При выполнении **2-й части** Курсовой работы необходимо **рассчитать воздухообмен в вентилируемых и кондиционируемых помещениях здания.**

Рекомендуется следующая последовательность выполнения работ:

1. Для двух помещений здания (по согласованию с преподавателем-консультантом) рассчитать потоки вредных выделений (явная и полная теплота, водяные пары и газообразные выделения от людей, солнечной радиации, освещения, технологического оборудования и пр.) и заполнить таблицы «**Теплопоступления и теплопотери помещения с общеобменной вентиляцией или кондиционированием воздуха»** и **«Сводная таблица вредных выделений»**;
2. Рассчитать ТРЕБУЕМЫЕ ВОЗДУХООБМЕНЫ по избыткам явной теплоты (три расчетных периода года для вентиляции и два – для кондиционирования воздуха) и выбрать РАСЧЕТНЫЙ ВОЗДУХООБМЕН в рассматриваемых помещениях; при необходимости рассмотреть “обратную задачу”, т.е. уточнить параметры приточного или внутреннего воздуха в помещении в другие периоды года;
3. По нормам кратности рассчитать воздухообмен во всех остальных вентилируемых помещениям и заполнить таблицу **«Расчетный воздухообмен общеобменной вентиляции по кратности в помещениях здания».**

В дополнение к Методическим указаниям следует использовать **источники, перечисленные в списке рекомендуемой литературы.**

Примечание. *Последовательность изложения материала в методических указаниях соответствует последовательности выполнения курсовой работы.*

1. РАСЧЕТ ПОТОКОВ ВРЕДНЫХ ВЫДЕЛЕНИЙ В ПОМЕЩЕНИЯХ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЯХ.

1.1. Теплоизбытки в помещении.

Разность теплопоступлений и теплопотерь помещения называются **теплоизбытками** помещения (если разность больше нуля) или **теплонедостатками** (если разность отрицательна). В вентилируемых помещениях, как правило, даже в холодный период года (при работающем отоплении) имеют место теплоизбытки.

Теплопоступления в вентилируемые помещения жилых и общественных зданий складывается в основном из следующих потоков теплоты:

- от людей;
- от солнечной радиации (в теплый и переходный периоды года);
- от искусственного освещения;
- от работающих отопительных приборов систем отопления (в холодный период);
- от технологического оборудования, расположенного в помещении;
- от других источников теплоты (горячей пищи, нагретых поверхностей оборудования, горячей воды и пр.);
- от поступающего в воздух помещения водяного пара (скрытая теплота).

Теплопотери вентилируемого помещения имеют место в **холодный и переходный** периоды года и складывается из потерь теплоты:

- через наружные ограждения (при расчетных температурных условиях внутри и снаружи помещения, принятых для режима вентиляции или кондиционирования воздуха);
- на нагрев инфильтрующегося через наружные ограждения воздуха (главным образом через окна);
- на нагрев ввозимого материала и въезжающих в помещение средств транспорта (гаражи, прачечные, почтовые учреждения и т.д.);
- на нагрев воздуха, врывающегося в помещение через периодически открываемые наружные двери или ворота.

Тепло- и влагопоступления от людей определяют по нижеприведенной таблице [1] с учетом температуры внутреннего воздуха в помещении и интенсивности физической нагрузки людей.

Количество теплоты и влаги, выделяемое взрослыми людьми (мужчинами)

Показатель	Количество теплоты, Вт/чел, и влаги $m_ч$, г/(ч·чел), выделяемых одним человеком при температуре воздуха в помещении, °С					
	10	15	20	25	30	35
В состоянии покоя						
Теплота явная $q_{ч.я}$	140	120	90	60	40	10
Полная $q_{ч.п}$	165	145	120	95	95	95
Влага $m_ч$	30	30	40	50	75	115
При легкой работе						
$q_{ч.я}$	150	120	99	65	40	5
$q_{ч.п}$	180	160	151	145	145	145
$m_ч$	40	55	75	115	150	200
При работе средней тяжести						
$q_{ч.я}$	165	135	105	70	40	5
$q_{ч.п}$	215	210	205	200	200	200
$m_ч$	70	110	140	185	230	280
При тяжелой работе						
$q_{ч.я}$	200	165	130	95	50	10

$q_{ч.п}$	290	290	290	290	290	290
$m_ч$	135	185	240	295	355	415

Примечание: для женщин значения из таблицы необходимо умножать на 0,85; для детей – на 0,75.

Теплопоступления от солнечной радиации для теплого периода определяются **через окна** по методике, приведенной в Главе 2 [1]. Для переходного периода принимается такое же значение, как и для теплого. Если помещение находится на последнем или единственном этаже, кроме поступлений через окна, необходимо учитывать поступления **через покрытие** или чердачное перекрытие в размере 5 – 7 Вт/м^2. Подробнее см. также пример расчета теплопоступлений, приведенный ниже.

Теплопоступления от источников искусственного освещения учитываются в холодный период года, за исключением помещений, перечисленных в примечаниях, когда такой учет возможен и в теплый и переходный периоды. Эти теплопоступления зависят от принятого уровня освещенности помещения и удельных тепловыделений от установленных светильников и определяются с использованием следующих таблиц [2] по формуле:

$$Q_{ОСВ} = E \cdot F_{ПЛ} \cdot q_{ОСВ} \cdot h_{ОСВ},$$

где $F_{ПЛ}$ – площадь пола помещения, м^2, коэффициент $h_{ОСВ}$ равен 1, если светильники находятся непосредственно в помещении, и 0,45 – если светильники располагаются в вентилируемом подвесном потолке. Остальные параметры приведены ниже.

Удельные тепловыделения от светильников с люминесцентными лампами (верхние значения) и лампами накаливания (нижние значения)

Тип светильника	Средние удельные тепловыделения $q_{осв}$, Вт/(лк·м^2), для помещений площадью, м^2:					
	Менее 50		50 – 200		Более 200	
	При высоте помещения, м					
	До 3,6	Более 4,2	До 3,6	Более 4,2	До 3,6	Более 4,2
Прямого света	0,077	0,202	0,058	0,074	0,056	0,067
	0,212	0,280	0,160	0,204	0,154	0,187
Диффузного света	0,116	0,166	0,079	0,102	0,077	0,094
	0,319	0,456	0,217	0,280	0,212	0,268
Отраженного света	0,161	0,264	0,154	0,264	0,108	0,145
	0,443	0,726	0,424	0,726	0,297	0,399

Уровень общего освещения помещений

Помещения	Общая освещенность помещения **E**, лк
Проектные залы, конструкторские бюро	600
Читальные залы, проектные кабинеты, рабочие и классные комнаты и аудитории	300
Залы заседаний, спортивные, актовые, зрительные залы клубов, фойе театров, обеденные залы, буфеты	200
Крытые бассейны, фойе клубов и кинотеатров	150
Номера гостиниц	100
Зрительные залы кинотеатров, палаты и спальные комнаты санаториев	75
Торговые залы магазинов продовольственных товаров	400
То же, промышленных товаров	300
То же, хозяйственных товаров	200
Аптеки	150

Примечания

1. Для помещений без световых проемов (зрительные залы и т.п.) теплопоступления от освещения учитывают во все периоды года в одинаковом размере. Теплопоступления от солнечной радиации в теплый и переходный период года учитываются, только если такое помещение находится на последнем или единственном этаже – это будут теплопоступления через покрытие или чердачное перекрытие.

2. При "глубоких" помещениях (глубиной больше 6 м от оконных проемов) теплопоступления от освещения учитывают также в теплый и переходный период от источников, освещающих ту часть помещения, которая удалена от окон более чем на 6 м от окон, совместно с теплопоступлениями от солнечной радиации.

3. Частичный учет теплоты от искусственного освещения в теплый и переходный периоды года с коэффициентом 0,3....0,5 по сравнению с холодным периодом года также возможен в помещениях, в которых часть светильников работает днем (читальные залы, офисы, залы ресторанов и т.п.).

Теплопоступления в помещение от отопительных приборов $Q_{С.О.}$, Вт, установленных в нем, при расчете общеобменной вентиляции или кондиционирования воздуха в холодный период года определяют по формуле:

$$Q_{C.O.} = Q_{OT}\frac{t_{CP.OП} - t_{B.ВЕНТ}^{ХП}}{t_{CP.OП} - t_{B.OT}},$$

где **Qот** – расчетная величина теплопотерь помещения, т.е. мощность системы отопления в помещении (из таблицы расчета теплопотерь), Вт; $t_{B.ВЕНТ}^{ХП}$ – температура воздуха в помещении в холодный период года для режима **вентиляции или кондиционирования воздуха** (из таблицы расчетных параметров внутреннего воздуха), ^{O}С; $\mathbf{t_{B.OT}}$ – то же, для режима **отопления** (из таблицы расчета теплопотерь), ^{O}С; $\mathbf{t_{СР.ОП}}$ – средняя температура теплоносителя в отопительных приборах при расчетных наружных условиях для отопления (**параметры "Б")**, ^{O}С; $t_{CP.OП} = \frac{t_Г + t_O}{2}$, где $t_Г$ и t_O – температура воды в подающей и обратной магистралях системы отопления, ^{o}С. Для предварительных расчетов можно принять $t_O = 70^{o}$С, а $t_Г = 95^{o}$С, кроме детских садов, яслей и больниц, где нужно принимать 85^{o}С.

В помещениях предприятий общественного питания имеют место **теплопоступления от остывания пищи** (в торговом зале) и **от технологического оборудования (на кухне) [2].**

Поступление **полной теплоты** от горячей пищи в обеденном зале:

$$Q_{ГП} = \frac{q_П c_П (t_{НП} - t_{КП}) n}{Z_П},$$

где $q_П$ – средняя масса всех блюд, приходящихся на одного обедающего, кг (обычно около 0,85); $c_П$ – условная теплоемкость блюд, входящих в состав обеда, кДж/(кг·К) (обычно равна 3,3); $t_{НП}$, $t_{КП}$ – начальная и конечная температура пищи, поступающей в обеденный зал (например, соответственно 70 и 40 ^{O}С); $Z_П$ – продолжительность принятия пищи одним посетителем (для ресторанов – 1 ч, для столовых – 0,5.. 0,75 ч, для столовых с самообслуживанием – 0,3 ч); при подстановке в формулу величину $Z_П$ необходимо перевести в секунды, т.е. умножить на 3600; n - число посетителей в обеденном зале.

Одна треть величины $Q_{ГП}$ поступает в помещение **в виде явной теплоты**, а **две трети – в виде скрытой**.

Теплопоступления от технологического оборудования кухонь $Q_{ОБ}$, Вт, вычисляют по формуле:

$$Q_{ОБ} = 1000 \cdot K_O \left[\Sigma N_M \cdot K_З \cdot (1 - K_1) + \Sigma N_H \cdot K_З \cdot (1 - K_2) + \Sigma N_P \cdot K_З\right],$$

где $\mathbf{N_M}$ – установочная мощность модулированного технологического оборудования (см. таблицу ниже), кВт; $\mathbf{N_H}$ – установочная мощность немодулированного технологического оборудования (котлы, кипятильники), кВт; $\mathbf{N_P}$ – установочная мощность электрического оборудования в раздаточном проеме, кВт;

$\mathbf{К_О}$ – коэффициент одновременности работы теплового оборудования (для столовых – 0.8, для ресторанов и кафе – 0,7); $\mathbf{К_З}$ – коэффициент загрузки теплового оборудования (см.таблицу ниже); $\mathbf{К_1}$ – коэффициент эффективности приточно-вытяжных локализующих устройств (ПВЛУ), равный 0,75; $\mathbf{К_2}$ – то же, для немодулированного оборудования (ПВЛУ – 0.75, для завес – 0.45).

Характеристика теплового оборудования предприятия общественного питания

Тепловое оборудование	Габариты оборудования	Установочная мощность единицы оборудования, кВт	Коэффициент загрузки оборудования
1	**2**	**3**	**4**
Секционное модулированное оборудование			
Плиты: ПЭСМ-4ш ПЭСМ-2к	840 × 840 × 860 420 × 840 × 860	18 3,8	0,65 0,65
Сковороды: СЭСМ-0,5 СЭСМ-0,2	1470 × 840 × 860	13	0,65
Фритюрница ФЭСМ-2	420 × 840 × 860	7,5	0,65
Котел КПЭСМ-2	1050 × 840 × 860	8,6	0,30
Шкаф ШЖЭСМ-2	840 × 800 × 1500	3,8	0,65
Немодулированное оборудование			
Варочный котел емкостью, л: 40 60 125	 -- -- --	 5 6,8 8,5	 0,3 0,3 0,3
Кипятильник емкостью, л: 200 100 25	 -- -- --	 10 8,3 3,3	 0,3 0,3 0,3
Оборудование, расположенное в раздаточном проеме			
Тепловая стойка СРТЭСМ Мармит МЭСМ-50	1470 × 840 × 860 840 × 840 × 860	2,0 4,0	0,50 0,50

Теплопоступления от нагретых поверхностей определяются по формуле [1]:

$$Q_{ПОВ} = (\alpha_к + \alpha_л) \cdot F_{ПОВ} \cdot (t_{ПОВ} - t_В), \text{ Вт},$$

где $t_{ПОВ}$ и $F_{ПОВ}$ – соответственно температура поверхности, °С, и ее площадь, м^2; $\alpha_к$ и $\alpha_л$ – соответственно коэффициенты конвективного и лучистого теплообмена, Вт/(м^2·К). Они определяются по формулам [3]: $\alpha_к = A\sqrt[3]{t_{ПОВ} - t_В}$, где А = 1,67 для вертикальных поверхностей, 2,16 – для горизонтальных, обращенных вверх, и 1,16 – для горизонтальных, обращенных вниз; $\alpha_л \approx 4{,}9[0{,}81 + 0{,}005(t_{ПОВ} + t_В)]$.

Поступление скрытой теплоты с поступающим в помещение водяным паром **$Q_{ВП}$**, Вт, можно рассчитать по формуле:

$$Q_{ВП} = \frac{M_{ВП} \cdot (r_О + c_{ВП} \cdot t_В)}{3{,}6},$$

где **$M_{ВП}$** – влаговыделения в помещение, кг/ч; $r_О$ = 2500 кДж/кг – удельная теплота парообразования воды при нулевой температуре; $c_{ВП}$ – теплоемкость водяных паров, равная 1,8 кДж/(кг·К). Однако обычно $Q_{ВП}$, или, что то же самое, $Q_{СКР}$, определяют как разность поступлений полной и явной теплоты, а влаговыделения определяют обратным расчетом через $Q_{СКР}$ (см. п.1.2).

Теплопотери через ограждения и дополнительные теплопотери на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха вентилируемого помещения определяют по таблице

расчета теплопотерь с последующим пересчетом на расчетные наружные и внутренние температуры, принятые для режима вентиляции или кондиционирования воздуха:

$$Q_{ПОТ}^{ХП} = Q_{ОТ} \frac{t_{В.ВЕНТ}^{ХП} - t_{Н.ОТ}}{t_{В.ОТ} - t_{Н.ОТ}}$$, Вт – в холодный период года;

$$Q_{ПОТ}^{ПП} = Q_{ОТ} \frac{t_{В.ВЕНТ}^{ПП} - t_{Н.ПП}}{t_{В.ОТ} - t_{Н.ОТ}}$$, Вт – в переходный период (только для вентиляции).

Здесь $t_{Н.ПП}$ – расчетная температура наружного воздуха в переходный период, принимаемая равной +10°С; $t_{В.ВЕНТ}^{ПП}$ – расчетная температура внутреннего воздуха в переходный период в режиме вентиляции (из таблицы расчетных параметров внутреннего воздуха), $t_{Н.ОТ}$ – расчетная температура наружного воздуха в холодный период по параметрам «Б». Прочие обозначения см. в расчете теплопоступлений от отопительных приборов.

Для защиты помещений от переохлаждения наружным воздухом, поступающим через открываемые двери главных входов здания, следует предусмотреть устройство воздушно-тепловых завес.

Теплопоступления и теплопотери помещения (по явной теплоте) в Вт рекомендуется занести в таблицу «Теплопоступления и теплопотери помещения с общеобменной вентиляцией», бланк которой дан в ПРИЛОЖЕНИИ 1.

1.2. Влаговыделения в помещении

Источниками влагопоступлений в помещение являются люди, технологическое оборудование, горячая пища и т.д. В некоторых помещениях (души, прачечные и пр.) влаговыделение происходит со смоченных поверхностей ограждающих конструкций и оборудования.

Влаговыделения от людей определяют по таблице **«Количество теплоты и влаги, выделяемое взрослыми людьми (мужчинами)»** из п.1.1, учитывая интенсивность физической нагрузки, но рекомендуется уточнение по ниже приведенной формуле, кг/час:

$$M_{ВП} = \frac{3{,}6 \cdot Q_{СКР}}{r_О + c_{ВП} \cdot t_В},$$

где $Q_{СКР} = Q_П - Q_Я$, Вт – разность избытков полной и явной теплоты, т.е. поток скрытой теплоты. Другие обозначения см. в п.1.1 в формуле для $Q_{ВП.}$ При отсутствии других источников влаги, кроме людей, берется разность поступлений полной и явной теплоты только от людей. Температура $t_В$ принимается для соответствующего периода года по таблице расчетных параметров внутреннего воздуха в режиме вентиляции или кондиционирования.

Если имеются поступления теплоты и влаги от горячей пищи, к $Q_{СКР}$ добавляется еще $⅔Q_{ГП}$. Иначе говоря, **влагопоступления от остывающей пищи** $M_{ГП}$, кг/ч, в торговых залах предприятий общественного питания определяют по формуле:

$$M_{ГП} = \frac{3{,}6 \cdot 0{,}67 \cdot Q_{ГП}}{r_О + c_{ВП} \cdot t_В},$$

где 0,67 – доля скрытой теплоты (около ⅔ от общих тепловыделений), $Q_{ГП}$ – полные тепловыделения от горячей пищи в торговом зале предприятия общественного питания, Вт (см. п.1.1).

Влаговыделения с открытой водной поверхности рассчитывают по рекомендациям [1]:

$$M_{ВП} = 7{,}4(a + 0{,}017v)(p_2 - p_1)\frac{101{,}3 \cdot 10^3 \cdot F}{p_Б}, \text{ кг/ч,}$$

где а – фактор скорости движения окружающего воздуха под влиянием гравитационных сил. При $t_В$ от 15 до 30°С принимается по таблице:

Температура поверхности воды $t_{ПОВ}$, °С	30	40	50	60	70	80	90	100
Фактор а	0,022	0,028	0,033	0,037	0,041	0,046	0,051	0,06

v – относительная скорость движения воздуха над поверхностью испарения, м/с, может быть принята равной подвижности воздуха в помещении для соответствующего периода года; p_1 – парциальное давление водяного пара во внутреннем воздухе, Па, принимается по таблице расчетных параметров внутреннего воздуха для соответствующего периода; p_2 – давление насыщенного водяного пара, Па, при температуре поверхности воды $t_{ПОВ}$, определяется по формуле, приведенной в методических указаниях «**Расчет мощности отопительных приборов системы отопления**» или по I-d-диаграмме, а также по таблицам водяного пара; F – поверхность испарения, м^2; $p_Б$ – барометрическое давление в районе строительства, Па, выбирается по принятым расчетным параметрам наружного климата.

Если вода хорошо перемешивается, температура ее поверхности равна температуре воды в целом t_W. Для спокойной воды можно пользоваться таблицей (при $t_В$ около 20°С и $\varphi_В$ около 70%):

t_W, °С	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$t_{ПОВ}$, °С	18	28	37	45	51	58	69	82	97

При других параметрах внутреннего воздуха величину $t_{ПОВ}$ можно считать равной температуре мокрого термометра t_M по таблице расчетных параметров внутреннего воздуха.

Влаговыделения от плит, сковород, котлов и другого оборудования, снабженного укрытиями, поступают в эти укрытия и **в балансе помещения не учитываются.**

От немодулированного оборудования без отсоса воздуха, а также от теплового оборудования, установленного в раздаточном проеме, в кухню поступают **влаговыделения в следующем количестве**:

- от варочных котлов емкостью: 40 л – 3 кг/ч;
  60 л – 5 кг/ч;
  125 л – 10 кг/ч;
- от мармитов и тепловых стоек – 0,7 кг/ч на 1м^2 в плане (см.размеры в таблице п.1.1).

При расчете влаговыделений от варочных котлов коэффициент загрузки принимают равным 0,3, а коэффициент одновременности (если установлено несколько варочных котлов) – 0,7.

1. 3. Газовые выделения в помещении

Выделение в помещение углекислого газа, выдыхаемого людьми, определяется в одинаковом размере для всех периодов года с учетом интенсивности физической нагрузки по следующей таблице ([2], с изменениями):

Количество углекислого газа, выделяемого взрослыми людьми (мужчинами).

Интенсивность нагрузки	Поступления CO_2, m_{CO2}, л/ч от 1 чел.
Покой	18
Легкая работа	25
Работа средней тяжести	35
Тяжелая работа	50

Примечание: для женщин значения из таблицы необходимо умножать на 0,85; для детей – на 0,75.

Тепловые избытки по явной и полной теплоте, переведенные в кДж/ч, влаговыделения в кг/ч и газовые выделения в л/ч в помещении заносят в таблицу «Сводная таблица вредных выделений», бланк которой дан в ПРИЛОЖЕНИИ 1.

Пример расчета поступлений теплоты, влаги и углекислого газа в помещение общественного здания.

Исходные данные:

Общественное двухэтажное здание: Амбулатория на 100 посещений в смену с аптекой IV группы в конструкциях.

Район строительства – г.Краснодар.

Помещение №1 (Зал обслуживания населения).

Размеры: 18,29 (площадь пола)×3,3 (высота) м. В помещении находятся: 7 человек (3 женщины, 4 мужчины) и 1 продавец (женщина), т.е. всего 4 женщины и 4 мужчины. Расчетные параметры наружного и внутреннего климата и результаты расчета теплопотерь в холодный период в режиме отопления приняты по примеру, приведенному в методических указаниях по расчету мощности отопительных приборов системы отопления.

Расчеты: Коэффициент снижения теплопоступлений от людей:

$\eta_{ЖЕН} = 0{,}85$; $\eta_{МУЖ} = 1$. Категория работы – легкая.

Явная теплота:

ТП $t_B = 31{,}6$ ºС; $q_{Ч.Я.} = 29{,}12$ Вт/чел (по таблице п.1.1).

$$Q_{Ч.Я.} = \sum q_{Ч.Я.} \cdot N \cdot \eta = 29{,}12 \cdot 4 \cdot 0{,}85 + 29{,}12 \cdot 4 \cdot 1 = 215{,}5 \text{ Вт.}$$

Здесь N – число людей соответствующего пола и возраста и с данной категорией работы.

ПП $t_B = 18$ ºС; $q_{Ч.Я.} = 108{,}2$ Вт/чел.

$$Q_{Ч.Я.} = \sum q_{Ч.Я.} \cdot N \cdot \eta = 108{,}2 \cdot 4 \cdot 0{,}85 + 108{,}2 \cdot 4 \cdot 1 = 801 \text{ Вт}$$

ХП $t_B = 20$ ºС; $q_{Ч.Я.} = 99$ Вт/чел.

$$Q_{Ч.Я.} = \sum q_{Ч.Я.} \cdot N \cdot \eta = 99 \cdot 4 \cdot 0{,}85 + 99 \cdot 4 \cdot 1 = 732{,}6 \text{ Вт}$$

Полная теплота:

ТП $t_B = 31{,}6$ ºС; $q_{Ч.П.} = 145$ Вт/чел.

$$Q_{Ч.П.} = \sum q_{Ч.П.} \cdot N \cdot \eta = 145 \cdot 4 \cdot 0{,}85 + 145 \cdot 4 \cdot 1 = 1073 \text{ Вт}$$

ПП $t_B = 18$ ºС; $q_{Ч.П.} = 153{,}3$ Вт/чел.

$$Q_{Ч.П.} = \sum q_{Ч.П.} \cdot N \cdot \eta = 153{,}3 \cdot 4 \cdot 0{,}85 + 153{,}3 \cdot 4 \cdot 1 = 1135 \text{ Вт}$$

ХП $t_B = 20$ ºС; $q_{Ч.П.} = 151$ Вт/чел.

$$Q_{Ч.П.} = \sum q_{Ч.П.} \cdot N \cdot \eta = 151 \cdot 4 \cdot 0{,}85 + 151 \cdot 4 \cdot 1 = 1117{,}4 \text{ Вт}$$

Скрытая теплота и влага:

ТП $M_{ВП} = \dfrac{3{,}6 \cdot (1073 - 215{,}5)}{2500 + 1{,}8 \cdot 31{,}6} \approx 1{,}2$ кг/ч

ПП $M_{ВП} = \dfrac{3{,}6 \cdot (1135 - 801)}{2500 + 1{,}8 \cdot 18} \approx 0{,}5$ кг/ч

ХП $M_{ВП} = \dfrac{3{,}6 \cdot (1117{,}4 - 732{,}6)}{2500 + 1{,}8 \cdot 20} \approx 0{,}55$ кг/ч

Углекислый газ:

$M_{CO_2} = \sum m_{CO_2} \cdot N \cdot \eta$; в нашем случае $m_{CO_2} = 25$ л/(ч·чел) по таблице п.1.3.

$M_{CO_2} = 25 \cdot 4 \cdot 0{,}85 + 25 \cdot 4 \cdot 1 = 185$ л/ч для всех периодов года.

Искусственное освещение:

$Q_{ОСВ} = E \cdot F_{ПЛ} \cdot q_{ОСВ} \cdot h_{ОСВ}$

В нашем случае $F_{ПЛ} =$ 18,29 м^2, $E =$ 150 лк по таблице п.1.1 «Уровень общего освещения помещений» для аптеки, $q_{ОСВ}$ = 0,087 по таблице п.1.1 «Удельные тепловыделения от светильников» при площади помещения до 50 м^2 и высоте помещения до 3,6 м. Принимаем светильники преимущественно прямого света и берем среднее значение между светильниками прямого и диффузного света. Коэффициент $h_{ОСВ} = 0{,}45$ (считаем, что светильники находятся в вентилируемом подвесном потолке).

Тогда $Q_{ОСВ} = 150 \cdot 18{,}29 \cdot 0{,}087 \cdot 0{,}45 \approx 107{,}4$ Вт

Теплопоступления от приборов системы отопления:

$$Q_{С.О.} = Q_{ОТ} \frac{t_{СР.ОП} - t_{В.ВЕНТ}^{ХП}}{t_{СР.ОП} - t_{В.ОТ}},$$

$Q_{ОТ} = 862$ Вт; $t_{СР.ОП} = \dfrac{t_Г + t_О}{2} = \dfrac{95 + 70}{2} = 82{,}5^o C$;

$t_{В.ВЕНТ}^{ХП} = 20^oC$; $t_{В.ОТ} = 16^oC$.

$$Q_{С.О.} = 862 \frac{82{,}5 - 20}{82{,}5 - 16} \approx 814 \text{ Вт}.$$

Теплопотери в режиме вентиляции:

$t_{В.ВЕНТ}^{ПП} = 18^oC$; $t_{Н.ОТ} = -19^oC$;

$$Q_{ПОТ}^{ХП} = Q_{ОТ} \frac{t_{В.ВЕНТ}^{ХП} - t_{Н.ОТ}}{t_{В.ОТ} - t_{Н.ОТ}} = 862 \cdot \frac{20 - (-19)}{16 - (-19)} \approx 960{,}5 \text{ Вт}$$

$$Q_{ПОТ}^{ПП} = Q_{ОТ} \frac{t_{В.ВЕНТ}^{ПП} - t_{Н.ПП}}{t_{В.ОТ} - t_{Н.ОТ}} = 862 \cdot \frac{18 - 10}{16 - (-19)} \approx 197 \text{ Вт}.$$

Расчет теплопоступлений от солнечной радиации через окна помещения

Исходные данные: Помещение №1. Одно окно с ориентацией на СВ.
Географическая широта φ = 44 ºс.ш.; площадь окна $F_{ОКН} = 1{,}2 \cdot 0{,}9 = 1{,}08$ м^2;

1) Максимальное количество теплоты от прямой и рассеянной солнечной радиации, проникающей через одинарное остекление:
$q_П^В = 369$ *Вт/м*^{2}, $q_Р^В = 98$ *Вт/м*^{2} в период с 6 до 7 часов по таблице 2.3 [1] для остекления, ориентированного на СВ на широте 44^o.

Угол между солнечным лучом и окном: $\beta = arctg(ctgh \cdot \cos A_{CO})$

где h – высота стояния Солнца; A_{CO} – солнечный азимут остекления. Принимаем h = 19 º по таблице 2.8 [1] для периода 6 – 7 часов и широты 44º.

По той же таблице принимаем азимут Солнца $A_C = 100^{\circ}$. Поскольку A_C<135, то по таблице 2.6 [1] при ориентации СВ и времени до полудня $A_{CO} = 135 - A_C = 135 - 100 = 35^{\circ}$.

Тогда $\beta = arctg(ctg19 \cdot \cos 35) \approx 67{,}2^{\circ}$

2) Коэффициент инсоляции вертикального остекления:

$$K_{ИНС.В.} = \left(1 - \frac{L_Г ctg\beta - a}{H}\right) \cdot \left(1 - \frac{L_B tgA_{CO} - c}{B}\right)$$

где Н – высота окна (Н = 1,2 м); В – ширина (В = 0,9 м);

а = с = 0 – т.к. отсутствуют внешние солнцезащитные козырьки;

$L_Г = L_B$ = 0,13 – заглубление остекления от наружной поверхности фасада (принято 0,13 м, как для кирпичных зданий)

Отсюда $K_{ИНС.В.} = \left(1 - \frac{0{,}13 \cdot ctg67{,}2^{\circ} - 0}{1{,}2}\right) \cdot \left(1 - \frac{0{,}13 \cdot tg35^{\circ} - 0}{0{,}9}\right) \approx 0{,}858$.

3) Коэффициент облучения $K_{ОБЛ}$ зависит от углов:

$\beta_1 = Arctg\left(\frac{L_B}{B + c}\right) \approx 8{,}2^{\circ} \Rightarrow$ вертикальная компонента $K_{ОБЛ.В} = 0{,}984$ (график Рис.2.4 [1]);

$\gamma_1 = Arctg\left(\frac{L_Г}{H + a}\right) \approx 6{,}2^{\circ} \Rightarrow$ горизонтальная компонента $K_{ОБЛ.Г} = 0{,}9784$ (см. там же).

Тогда $K_{ОБЛ} = K_{ОБЛ.В} \cdot K_{ОБЛ.Г} \approx 0{,}96$.

4) Удельный тепловой поток от проникающей солнечной радиации через принятое остекление:

$$q_{ПР} = (q_П^B \cdot K_{ИНС.В} + q_Р^B \cdot K_{ОБЛ}) \cdot K_{ОТН} \cdot \tau_2$$

где $K_{ОТН}$ – коэффициент относительного проникания солнечной радиации; для окон с двойным остеклением без солнцезащитных устройств и толщиной стекла 4 – 6 мм по таблице 2.4 [1] $K_{ОТН}$=0,8;

τ_2 – коэффициент учета затенения окна переплетами; для принятого остекления по таблице 2.5 [1] τ_2 = 0,65.

Тогда $q_{ПР} = (369 \cdot 0{,}858 + 98 \cdot 0{,}96) \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}65 \approx 214\ Вт/м^2$

5) Наружная условная температура на поверхности окна:

$$t_{Н.УСЛ} = t_{Н.СР} + 0{,}5A_{tН} \cdot \beta_2 + \frac{(S_B \cdot K_{ИНС.В} + D_B \cdot K_{ОБЛ}) \cdot \rho_{//} \cdot \tau_2}{\alpha_H}$$

где $t_{Н.СР}$ – средняя температура наиболее жаркого месяца (июля); $t_{Н.СР}$ = 23,3 ºС [3]; для кондиционируемых помещений следует принимать наружную температуру в теплый период года по параметрам «Б».

$A_{tН}$ – средняя суточная амплитуда колебания температуры наружного воздуха в теплый период; $A_{tН}$ = 18ºС [4];

β_2 = – 0,605 – коэффициент, учитывающий суточный ход наружной температуры (таблица 2.9 [1] при ε = 0 для периода 6 – 7 часов);

$\rho_{//}$ – приведенный коэффициент поглощения радиации; $\rho_{//}$ = 0,4 по таблице 2.4 [1] для двойного остекления без солнцезащитных устройств при толщине стекла 4 – 6 мм;

S_B, D_B – количество теплоты, поступающей на вертикальную поверхность ориентации СВ в период 6-7 часов от прямой и рассеянной радиации для широты 44° по таблице 2.10 [1] ($S_B = 419\ Вт/м^2$, $D_B = 133\ Вт/м^2$)

α_H – коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности окна; для вертикальной поверхности $\alpha_H = 5{,}8 + 11{,}6\sqrt{V} = 5{,}8 + 11{,}6\sqrt{1} \approx 17{,}4\ Вт/м^2 \cdot {}^\circ C$

$$t_{H.УСЛ} = 23{,}3 + 0{,}5 \cdot 18 \cdot (-0{,}605) + \frac{(419 \cdot 0{,}858 + 133 \cdot 0{,}96) \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}65}{17{,}4} \approx 29{,}6\ {}^\circ C$$

6) Теплопоступления от теплопередачи через окно:

$q_{ПТ} = \frac{(t_{H.УСЛ} - t_B)}{R_0} = \frac{(29{,}6 - 31{,}6)}{0{,}42} \approx -4{,}8\ Вт/м^2$, где R_o – сопротивление окна теплопередаче в летних условиях; для выбранного типа окна R_o = 0,42 Вт/(м·К) по таблице 2.4 [1].

7) Суммарные теплопоступления через окно, ориентированное на СВ:

$Q_{СР} = (q_{ПР} + q_{ПТ}) \cdot F_{ОКН} = (214 - 4{,}8) \cdot 1{,}08 \approx 226$ Вт

Результаты всех расчетов сводим в таблицы.

Теплопоступления и теплопотери помещения с общеобменной вентиляцией

Наименование помещения	Объем Помещения, м^3	Расчетный период года	Поступления в помещение явной теплоты, Вт						
			От людей		От солнечной радиации	От искусственного освещения	От системы отопления	От технологического оборудования	От прочих источников
			Явная	Полная					
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1	18,29×3,3 = 60,4	ТП	215,5	1073	226	-	-	-	-
		ПП	801	1135	226	-	-	-	-
		ХП	732,6	1117,4	-	107,4	814	-	-

Продолжение таблицы

Теплопоступления в помещение, Вт			Теплопотери помещения, Вт	Избыточная теплота		
Суммарные			Суммарные	Явная		Полная
Явные	Полные	скрытые		Вт	Вт/м^3	Вт
11	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**
441,5	1299	857,5	-	441,5	7,3	1299
1027	1361	334	197	830	13,8	1164
1654	2038,8	384,8	960,5	693,5	11,5	1078,3

Сводная таблица вредных выделений

№№ помещения	Наименование помещения	Объем помещения, м^3	Расчетный период года	Тепловые избытки			Влаговыделения, кг/ч	Газовые выделения, л/ч	$\varepsilon = Q_п/M_{вп}$, кДж/кг
				Явные, кДж/ч	Скрытые, кДж/ч	Полные, кДж/ч			
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	Зал обслуживания населения	60,4	ТП	1589	3087	4676	1,2	185	3920
			ПП	2988	1202	4190	0,5	185	8400
			ХП	2497	1385	3882	0,55	185	7100

Примечание: для перевода теплоизбытков в кДж/ч необходимо теплоизбытки в Вт умножить на 3,6.

Аналогичным образом рассчитываем тепло- и влагопоступления в кондиционируемое помещение – кабинет заведующего №9. Результаты приведены ниже.

Теплопоступления и теплопотери кондиционируемого помещения

Наименование помещения	Объем Помещения, м^3	Расчетный период года	Поступления в помещение явной теплоты, Вт						
			От людей		От солнечной радиации	От искусственного освещения	От системы отопления	От технологического оборудования	От прочих источников
			Явная	Полная					
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
9	10,7×3,3= 35,3	ТП	71	146	300	-	-	-	-
		ХП	92	149	-	279	505	-	-

Продолжение таблицы

Теплопоступления в помещение, Вт			Теплопотери помещения, Вт	Избыточная теплота		
Суммарные			Суммарные	Явная		Полная
Явные	Полные	скрытые		Вт	Вт/м^3	Вт
11	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**
371	446	75	-	371	10,5	446
876	933	57	526	350	9,9	407

Сводная таблица вредных выделений

№№ помещения	Наименование помещения	Объем помещения, м^3	Расчетный период года	Тепловые избытки			Влаговыделения, кг/ч	Газовые выделения, л/ч	$\varepsilon = Q_п/M_{вп}$, кДж/кг
				Явные, кДж/ч	Скрытые, кДж/ч	Полные, кДж/ч			
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
9	Кабинет заведующего	35,3	ТП	1336	270	1606	0,11	25	14640
			ХП	1260	205	1465	0,08	25	18400

2.ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ И ОБОСНОВАНИЮ СХЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУХООБМЕНА В ПОМЕЩЕНИИ.

2.1. Общие положения.

При расчете воздухообмена необходимо иметь представление о схеме организации воздухообмена в помещении. В том числе необходимо знать распределение параметров воздуха в объеме помещения и расход воздуха, подаваемого и удаляемого из отдельных частей помещения системами местной вентиляции.

Основные принципы, которыми следует руководствоваться при выборе схем подачи – удаления воздуха в помещении:

- подача приточного воздуха (общеобменный приток) должна предусматриваться в зону дыхания, приточные струи не должны проходить через загрязненные зоны помещения;
- удаление воздуха целесообразно осуществлять непосредственно от мест образования вредных выделений (местные отсосы, зонты и другие укрытия систем местной вентиляции);
- общеобменная вытяжка устраивается из зон помещения с наибольшим загрязнением воздуха;

- соотношение между потоками подаваемого и удаляемого из помещений воздуха выбирают таким, чтобы обеспечить направление и достаточный расход воздуха, перетекающего из “чистых” помещений в “загрязненные” смежные помещения;
- в здании и отдельных его частях и секциях, как правило, должен быть полный баланс между суммарным притоком и суммарной вытяжкой.

В большинстве помещений гражданских зданий для общеобменной вентиляции приточные и вытяжные устройства можно размещать в верхней зоне помещения.

В некоторых помещениях в соответствии с нормами кратности воздухообменов предусматривается только вытяжка из верхней зоны, а приток осуществляется через неплотности дверных проемов, отделяющих эти помещения от коридоров или смежных помещений, в которые подается избыток притока.

Минимальный расход наружного воздуха обычно определяют из условия ассимиляции поступлений углекислого газа (см.п.3.1).

При выборе мест расположения в помещении приточных отверстий следует учитывать, что приточные струи на пути своего движения в помещении не должны встречать препятствия (балки, мебель, оборудование).

В помещениях с сосредоточенными источниками тепловыделений (плиты и кухни и т.п.) приточные струи не должны нарушать работы местных отсосов или разбивать естественную конвективную струю над нагретым оборудованием. Взаимное расположение приточных и вытяжных отверстий в плане помещения должно приниматься в соответствии с требованиями [1]. Вытяжные отверстия целесообразно размещать несколько выше приточных, учитывая наличие в верхней части помещения загрязненной "тепловой подушки".

2.2. Помещения жилых и общественных зданий

Жилые здания. Приток наружного воздуха, как правило, через открывающиеся окна и неплотности наружных строительных ограждений, вытяжка канальная с естественным побуждением движения воздуха. Вытяжные отверстия, закрытые декоративными решетками, следует размещать в кухнях, санузлах и ванных комнатах.

Гостиницы. В номерах предусматривают вентиляцию или кондиционирование воздуха в соответствии с “классом” гостиницы (решением консультанта). Подача и удаление воздуха в помещениях гостиниц осуществляется по схеме "сверху-вверх".

Здания научно-исследовательских институтов. В кабинетах, служебных помещениях, проектных залах, библиотеках и других помещениях, характерных для зданий конструкторских и проектных организаций, НИИ и для административно-управленческих зданий, подачу и удаление вентиляционного воздуха предусматривают по схеме "сверху-вверх".

Аналогичные схемы рекомендуют и для помещений профессионально-технических и средних специальных **учебных заведений**.

В конференц-залах этих зданий при использовании рециркуляции воздуха – по схеме "сверху-вниз-вверх".

В большинстве основных помещений **лечебно-профилактических учреждений** применяют подачу и удаление приточного воздуха по схеме "сверху-вверх". Исключением являются помещения с выделением тяжелых газов, паров и аэрозолей (наркозная, некоторые процедурные кабинеты, грязелечебницы и т.д.). В этих помещениях рекомендуют схемы "сверху-вниз" или "сверху-вниз-вверх".

Магазины. Во всех торговых залах магазинов (кроме магазинов с товарами бытовой химии) допускается рециркуляция воздуха. Подача и удаление воздуха по схеме "сверху-вверх". Требуемое количество наружного воздуха определяется по расчету воздухообмена из

условий ассимиляции углекислого газа. При этом расчетное количество людей принимают следующее:

- для мебельных магазинов, музыкальных, электро- и радиотоваров, книжных, спортивных и ювелирных – 1 чел. на 3,5 $м^2$ площади торгового зала;

- для других непродовольственных и продовольственных магазинов – 1 чел. на 2,5 $м^2$ площади торгового зала.

В торговых залах площадью 3500 $м^2$ и более предусматривается кондиционирование воздуха при $t_Н$>25^{O}С (параметры "А"). В районах со среднемесячной температурой воздуха в июле 25^{O}С и выше кондиционирование воздуха допускается в магазинах с торговыми залами площадью 1000 $м^2$ и более.

Зрительные залы театров и кинотеатров. Для систем вентиляции и кондиционирования воздуха в зрительных залах театров, клубов и кинотеатров допустимо применять рециркуляцию воздуха. Количество подаваемого наружного воздуха – не менее 20 $м^3$/ч на одного зрителя. В зрительных залах, как правило, применяют подачу приточного воздуха, обеспечивающую равномерное распределение воздуха, исключающее образование застойных зон, а также зон с подвижностью воздуха выше допустимой. Все приточные отверстия в зрительном зале должны быть оборудованы регулирующими устройствами, позволяющими изменять направление движения воздуха. Вытяжку осуществляют из верхней зоны помещения. В театрах и клубах 17% общего объема вытяжки удаляют через сцену.

Кухни и торговые залы предприятий общественного питания. В кухнях и цехах выпечки изделий из теста и в других подобных помещениях приток подается в рабочую зону помещений. В остальные помещения предприятий общепита подачу воздуха осуществляют в верхнюю зону. Общеобменную вытяжку устраивают из верхней зоны помещений.

Основными особенностями устройства систем вентиляции в помещениях кухни и торгового зала являются:

- обязательное применение в кухне системы местной вытяжной вентиляции от основного теплового оборудования (для предотвращения поступления в объем помещения тепла, водяных паров и паров масла), а для модульного кухонного оборудования местной приточно-вытяжной вентиляции;

- организация перетекания воздуха из торгового зала в горячие цехи и другие технологические помещения предприятия.

Приточно-вытяжные локализующие устройства (ПВЛУ), представляющие встроенный элемент модульного технологического оборудования кухни, присоединяются к приточному распределительному и к вытяжному сборному воздуховодам. Вытяжной воздух в ПВЛУ проходит через фильтр для улавливания аэрозолей масла. Приток через ПВЛУ подается в зону дыхания работающих. В ПВЛУ подают либо наружный (подогретый в холодный период) воздух, либо его смесь с воздухом, удаляемым из торгового зала. При кондиционировании воздуха в торговом зале целесообразно весь расход местного притока осуществлять воздухом, удаляемым из верхней зоны зала.

Перетекание воздуха из торгового зала в помещение кухни осуществляется за счет дисбаланса воздуха в этих помещениях. Расход перетекающего воздуха определяется по допустимой скорости воздуха в открытых дверных проемах в ограждениях между этими помещениями и раздаточном окне (0,2 – 0,3 м/с).

3. РАСЧЕТ ТРЕБУЕМЫХ ВОЗДУХООБМЕНОВ В ПОМЕЩЕНИЯХ ЗДАНИЯ. ВЫБОР РАСЧЕТНОГО ВОЗДУХООБМЕНА.

Требуемым воздухообменом помещения называют минимальный воздухообмен, определяемый по одному из видов вредных выделений (теплота, влага, вредные газы или

пары вредных веществ) в один из расчетных периодов года (теплый, переходный или холодный).

Основной метод определения требуемых воздухообменов – балансовый. Он называется так потому, что в его основе лежит составление для помещения системы уравнений баланса воздуха, теплоты, влаги и других вредных выделений. Решением этой системы и получаются соотношения для требуемого воздухообмена.

При использовании балансового метода расчет требуемого воздухообмена целесообразно проводить только по ИЗБЫТКАМ ЯВНОЙ ТЕПЛОТЫ! Дело в том, что расчеты по $Q_{ИЗБ.П}$ и $M_{ВП}$ более громоздки, а дают тот же результат, поэтому избытки полной теплоты в помещении и влаговыделения в нем используем здесь лишь для определения ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ при построении процессов изменения состояния воздуха.

3.1. Расчет по избыткам явной теплоты.

Требуемые воздухообмены общеобменной вентиляции в помещении в случае "один приток – одна вытяжка" (n=1, m=1). К этому типу помещений относятся все помещения с общеобменной вентиляцией независимо от схемы подачи-удаления воздуха и вида вредных выделений.

Последовательность расчета требуемого воздухообмена общеобменной вентиляции следующая:

1) задают параметры приточного и уходящего из помещения воздуха;
2) определяют требуемый воздухообмен для данного периода.

Требуемый воздухообмен по избыткам явной теплоты ($Q_{ИЗБ.Я}$, Вт) находят, решая систему двух уравнений: баланса помещения по явной теплоте и баланса по воздуху:

$$G_{П}^{ТР} = G_{У}^{ТР} = \frac{3{,}6 \cdot Q_{ИЗБ.Я}}{c_{В} \cdot (t_{У} - t_{П})},$$

где $G_{У}^{ТР}$ и $G_{П}^{ТР}$ – требуемые общеобменные вытяжка и приток, кг/ч;

$c_В$ – удельная массовая теплоемкость воздуха, равная 1,005 кДж/(кг·К);

$t_У$ и $t_П$ – температура соответственно удаляемого и приточного воздуха, ^{O}С, для соответствующего периода года. Значение $Q_{ИЗБ.Я}$ также принимают для соответствующего периода по таблице «**Теплопоступления и теплопотери помещения с общеобменной вентиляцией или кондиционированием воздуха»**.

Для получения надежных результатов необходимо правильно выбрать $t_У$ и $t_П$. В режиме ВЕНТИЛЯЦИИ при **вытяжке из верхней зоны** температуру **удаляемого воздуха** можно оценить по формуле:

$$t_{У} = t_{В} + \Delta t \text{, где } \Delta t = (H - h_{РЗ}) \cdot grad\ t .$$

Здесь Н – высота помещения, м; $h_{РЗ}$ – высота рабочей зоны помещения, м, принимается равной 2 м, если люди в помещении стоят, и 1,5 м – если люди сидят или лежат; grad t – вертикальный градиент температуры, К/м, принимаемый в зависимости от удельной теплонапряженности помещения $q_{УД}$, Вт/м^3, по нижеследующей таблице [2]:

Удельная теплонапряженность помещения $q_{УД}$, Вт/м^3	grad t, К/м
Более 23,2	0,8 – 1,5
11,6 – 23,2	0,3 – 1,2
Менее 11,6	0 – 0,5

В режиме КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА и **вытяжке из верхней зоны** обычно принимают $t_У = t_В + 1$, т.е. $\Delta t = 1^oC$. Для воздуха, удаляемого **из обслуживаемой зоны**, и при вентиляции, и при кондиционировании необходимо считать $t_У = t_В$.

Что касается **температуры притока**, в режиме КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА $t_П$ обычно предварительно принимают на 6 .. 8 градусов ниже величины $t_В$, взятой для соответствующего периода года. В дальнейшем значение $t_П$ может быть уточнено с последующим пересчетом воздухообмена по результатам проверки параметров приточной струи на входе ее в обслуживаемую зону помещения, а также с учетом возможности получения выбранной величины $t_П$ в теплый период года наиболее рациональным способом. Это делается в рамках **курсовой работы «Кондиционирование воздуха»**.

В режиме ВЕНТИЛЯЦИИ предварительно принимается: в холодный период $t_П = t_{В.ОТ}$; в теплый и переходный – на 0,5 … 1 градус выше наружной температуры для данного периода по параметрам «А» с учетом того, что в эти периоды наружный воздух подается непосредственно в помещение в качестве притока без дополнительной тепловлажностной обработки и немного подогревается только в вентиляторе.

После выбора расчетного воздухообмена (см. п.3.2) температуры $t_П$ и $t_У$ для некоторых периодов могут быть дополнительно уточнены. Если применяется **рециркуляция**, количество наружного воздуха должно быть не менее величины L_{CO2} (см. п.3.2).

Требуемые воздухообмены в помещении с местной вытяжной вентиляцией – "один приток-две вытяжки". К помещениям, в которых воздух удаляют на двух уровнях, а следовательно, с разными параметрами, относятся лаборатории научных и учебных зданий, различного рода мастерские при театрах, конструкторских бюро (т.е. помещения с местными отсосами от вытяжных шкафов или станков), помещения обеденных залов с организованным перетеканием воздуха через проемы в смежные технологические помещения и др.

Вид оборудования определяет расход местной вытяжной вентиляции. Например, отсос воздуха от лабораторного вытяжного шкафа зависит от площади расчетного сечения шкафа (0,2 м^2 на 1 м ширины шкафа) и требуемой скорости воздуха – $v_{ТР}$, м/с, **при предельно допустимой концентрации (ПДК)** вредных веществ, хранящихся в шкафу:

более 10 мг/м^3 – $v_{ТР} = 0,5$ м/с;
от 10 до 0,1 мг/м^3 – $v_{ТР} = 0,6$ ... 1 м/с;
менее 0,1 мг/м^3 – $v_{ТР} = 1$...1,5 м/с.

При этом

$$G_{МО} = f_{РС} \times v_{ТР} \times \rho_В \times 3600,$$

где $\mathbf{G_{МО}}$ – массовый расход воздуха, удаляемого из обслуживаемой зоны помещения местной вытяжкой, кг/ч;

$f_{РС}$ – площадь расчетного сечения проема шкафа, м^2;

$\rho_В$ – плотность воздуха в обслуживаемой зоне помещения, кг/м^3.

В общем случае расход воздуха, удаляемого из обслуживаемой зоны помещения, обозначается в балансовых уравнениях как $\mathbf{G_{У2}}$. Это либо местные отсосы, либо организованное перетекание воздуха в смежное помещение, либо расход рециркулирующего внутреннего воздуха, забираемого из обслуживаемой зоны помещения.

Воздухообмен общеобменной вентиляции определяют с учетом суммы расходов $\mathbf{G_{У2}}$, кг/ч, всех местных отсосов и других потоков воздуха, уходящих из обслуживаемой зоны. Например, требуемый расход вытяжки из верхней зоны помещения по избыткам явной теплоты $G_{У1}$, кг/ч, определяют по формуле:

$$G_{У1} = \frac{3,6 \cdot Q_{ИЗБ.Я} - G_{У2} c_В (t_{У2} - t_{П1})}{c_В (t_{У1} - t_П)}.$$

Здесь индексы y_1 и y_2 обозначают расходы и параметры общеобменной и местной вытяжки, а п – притока. Обычно можно считать, что $t_{У2} = t_В$. Другие температуры определяются, как при схеме «один приток – одна вытяжка». Расход притока тогда равен $\mathbf{G_П = G_{У1} + G_{У2}}$.

Требуемые воздухообмены в помещении с произвольным числом притоков и вытяжек. В общем случае, если в помещении "n" притоков и "m" вытяжек, требуемая по явной теплоте общеобменная вытяжка (индекс «У1») и общеобменный приток (индекс «П1») вычисляются по формулам:

$$G_{У1} = \frac{3{,}6 \cdot Q_{ИЗБ.Я} + \sum_{2}^{n} G_{Пi} c_В \left(t_{Пi} - t_{П1}\right) - \sum_{2}^{m} G_{Уi} c_В \left(t_{Уi} - t_{П1}\right)}{c_В \left(t_{У1} - t_{П1}\right)};$$

$$G_{П1} = \sum_{1}^{m} G_{Уi} - \sum_{2}^{m} G_{Пi} .$$

Требуемые воздухообмены в блоке смежных помещений. Если между смежными помещениями организовано перетекание воздуха, то расчет воздухообмена в них проводят совместно, учитывая, что для одного помещения перетекающий воздух – это вытяжка, а для другого – приток. Пример таких смежных помещений – блок «кухня и торговый зал» предприятия общественного питания. Расчет воздухообмена для этих помещений начинают с определения расхода воздуха в местных системах вентиляции кухни и потоков организованного перетекания воздуха из "чистого" зала в "загрязненную" кухню. В следующей таблице приведены рекомендуемые объемные расходы воздуха L для местной вентиляции помещения кухни. Массовые расходы G получаются из L умножением на плотность воздуха, взятую при соответствующей температуре.

Рекомендуемые расходы воздуха, удаляемого от оборудования кухни, и расходы местного притока к такому оборудованию.

Типовое оборудование кухни	Расход удаляемого воздуха от ед. оборудования, $м^3/ч$	Расход приточного воздуха на ед. оборудования, $м^3/ч$	Тип ПВЛУ	Количество, шт
Плиты ПЭСМ-4ш	1250	800	МВО-450	2
Плиты ПЭСМ-2к	350	200	МВО-450	1
Сковороды СЭСМ-0,2	800	400	МВО-450	2
Сковороды СЭСМ-0,5	1000	400	МВО-450	3
Фритюрница ФЭСМ-20	550	200	МВО-450	1
Шкаф ШЖЭСМ-2	500	--	МВО-840	1
Котел КПЭСМ-60	750	400	МВО-450	2
Мармит МЭСМ-50	400	400	МВО-450	2
Шашлычная печь	700	600	Встроенное	1

Общие расходы местного притока $G_{П2}$ и местной вытяжки $G_{У2}$ из кухни определяют в зависимости от принятого теплового оборудования, снабженного ПВЛУ, в технологической части проекта (в соответствии с заданием).

Расход воздуха, перетекающего из торгового зала в горячий цех $G_{У2.ЗАЛА} = G_{ПЕРЕТ} = G_{П3.КУХНИ}$, кг/ч, определяют по средней скорости воздуха $v_{ПЕРЕТ}$ в проемах, соединяющих чистое и загрязненное помещения:

$$G_{ПЕРЕТ} = f_{ПР} \times v_{ПЕРЕТ} \times \rho_В \times 3600,$$

где $f_{ПР}$ – площадь проема, м^2; $\rho_В$ – плотность воздуха в обслуживаемой зоне помещения обеденного зала, кг/м^3.

Средняя скорость перетекающего воздуха зависит от разности плотности воздуха в помещениях и минимальной скорости в верхней части проема, предотвращающей поступление вредностей из кухни в зал (0,2...0,3 м/с). Площадь сечения проемов принимают по строительной части проекта (высота раздаточного проема около 1.0 м).

Воздухообмен в торговом зале по избыткам явной теплоты (один приток и две вытяжки, т. е. n = 1, m = 2) находят из формул:

$$G_{У1} = \frac{3{,}6 \cdot Q_{ИЗБ.Я} - G_{У2} c_В (t_{У2} - t_{П1})}{c_В (t_{У1} - t_П)}; \quad \mathbf{G_{П1} = G_{У1} + G_{У2}.}$$

Воздухообмен в горячем цехе по избыткам явной теплоты (обычно три притока и две вытяжки, т. е, n = 3, m = 2) определяют по общей формуле (см. выше), принимая:

$G_{П2}$ – поток воздуха, подаваемый местным притоком, кг/ч. Его температуру можно принять на 0,3 .. 0,5 градуса выше $t_{В.ЗАЛА}$;

$G_{П3}$ – расход перетекающего из зала воздуха с температурой $t_{П3} = t_{В.ЗАЛА}$, кг/ч;

$G_{У2}$ – поток воздуха, удаляемый местными отсосами, кг/ч, с температурой $t_{У2} = t_{В.КУХНИ}$.

Остальные параметры принимаются, как при схеме «один приток – одна вытяжка».

3.2.Выбор расчетного воздухообмена.

Расчетную величину воздухообмена в помещении G^P, кг/ч, т.е. расход воздуха для подбора вентиляционного оборудования, выбирают, руководствуясь следующими соображениями:

- для ВЕНТИЛЯЦИИ:

1) если в помещении в теплый период года можно осуществлять требуемый воздухообмен через открытые проемы, то за расчетный воздухообмен принимается большая величина из требуемых воздухообменов в переходный и холодный периоды;

2) если в теплый период невозможно осуществлять естественное проветривание через окна (по технологическим, санитарно-гигиеническим или конструктивным причинам), то расчетный воздухообмен равен большему из требуемых воздухообменов по трем периодам;

- для КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА:

расчетным является больший из требуемых воздухообменов по двум периодам.

Если для раздачи приточного воздуха используются воздухораспределители, работающие на переменном расходе воздуха, то подача притока регулируется не только по сезонам, но и в течение рабочего времени. Это дает заметную экономию энергии. Однако, системы с переменным расходом пока не получили широкого распространения. Хотя в принципе возможен вариант, при котором устраиваются две приточные системы: одна, с производительностью, равной наименьшему из требуемых воздухообменов, работает в течение всего года, а вторая, дополнительная, подключается в тот период, для которого требуемый воздухообмен больше.

Поэтому, выбрав расчетную величину воздухообмена по какому-нибудь периоду, необходимо уточнить параметры приточного или, наоборот, внутреннего воздуха для остальных периодов, т.е. решить так называемую обратную задачу расчета воздухообмена. Это необходимо для правильного выбора теплопроизводительности калориферной установки.

При схеме «один приток – одна вытяжка» возможны следующие варианты:

1) при КОНДИЦИОНИРОВАНИИ всегда уточняем параметры притока по формуле:

$$t_П = t_У - \frac{3{,}6 \cdot Q_{ИЗБ.Я}}{G^P \cdot c_В},$$

Здесь значения $t_У$ и $Q_{ИЗБ.Я}$ принимаются для того периода, для которого уточняется температура притока. При этом уточненное значение $t_П$ обязательно должно получиться выше, чем первоначально принятое.

2) при ВЕНТИЛЯЦИИ, если расчетный воздухообмен принят **по теплому периоду**, уточняем температуру притока в холодный период по вышеприведенной формуле и внутреннюю температуру в переходный период по формулам:

$$t_У = t_П + \frac{3{,}6 \cdot Q_{ИЗБ.Я}}{G^P \cdot c_B};\ t_B = t_У - \Delta t\ .$$

Здесь величина Δt – это принятая для переходного периода разность $t_У$ и $t_В$, вычисленная через grad t (см.п.3.1); значения $t_П$ и $Q_{ИЗБ.Я}$ также принимаются для переходного периода. Если полученное значение $t_В$ окажется ниже минимального из допустимых для данного помещения, т.е. ниже $t_{В.ОТ}$, делается вывод, что в переходный период необходимо продолжать подогрев притока, и требуемая температура притока вычисляется, как при кондиционировании.

Если расчетный воздухообмен принят **по переходному периоду**, то уточняют температуру притока в холодный период и внутреннюю температуру – в теплый. При этом фактическое значение $t_В$ в теплый период обязательно должно получиться ниже, чем первоначально принятое.

Если расчетный воздухообмен принят **по холодному периоду**, уточняют фактическую внутреннюю температуру в теплый и переходный период и при необходимости решают вопрос о продолжении подогрева притока в переходный период.

После выбора G^P и решения обратной задачи воздухообмена вычисляют объемные расходы воздуха по притоку и вытяжке, м^3/ч: $L_П^P = \frac{G^P}{\rho_П}$; $L_У^P = \frac{G^P}{\rho_У}$; где плотность притока $\rho_П$ и вытяжки $\rho_У$, кг/м^3, вычисляется в зависимости от температур притока и вытяжки, взятых для того периода, для которого они являются наибольшими (обычно для теплого периода): $\rho = \frac{353}{t + 273}$. Поскольку эти плотности неодинаковы, объемный расход по притоку и по вытяжке также может несколько не совпадать. После этого вычисляются фактические кратности воздухообмена (см.п.4.1): $K_P^Ф = L^P / V$, ч$^{-1}$, также отдельно по притоку и по вытяжке. Здесь V – объем помещения по внутреннему обмеру, м^3. Подробнее см. приведенный ниже пример расчета воздухообмена.

Примечание. При снижении в течение года или суток тепловой нагрузки в помещении возможен вариант работы системы “с пропусками”. При этом требуется выполнение санитарной нормы по свежему воздуху, подаваемому в помещение.

После расчета L^P необходимо сравнить их с минимальным количеством наружного воздуха L_{CO2}, м^3/ч, которое определяют по выделениям углекислого газа:

$$L_{CO_2} = \frac{M_{CO_2}}{C_{ПДК} - C_П}$$

Здесь M_{CO2} – выделение CO_2 в помещении, л/ч (см. п.1.3), принимается по таблице **«Сводная таблица вредных выделений»**; $C_{ПДК}$ и $C_П$ – соответственно максимально допустимая концентрация углекислого газа во внутреннем воздухе и его концентрация в приточном воздухе, л/м^3, определяемые следующим образом [3]:

Район	$C_П$, л/м^3	Здание	$C_{ПДК}$, л/м^3
Центр города (более 1 млн.чел)	0,75	Лечебные и детские	1,0
Район в черте города	0,5	Актовые, зрительные, спортивные залы и т.п. с большим числом людей	1,5
Загородная зона, небольшие поселки	0,4	При временном пребывании (магазины, кинотеатры)	2,0

Величина L_{CO2} должна быть не меньше, чем предусмотрено нормами подачи наружного воздуха на одного человека L_O для соответствующих зданий (см.п.4.1). Например, в зрительных залах и магазинах – не менее 20 м^3/ч на человека, в спортивных залах – 80 м^3/ч на одного занимающегося и не менее 20 м^3/ч на одного зрителя [1]. Если оказывается, что L_{CO2} больше, чем L^P, то за расчетный воздухообмен принимается L_{CO2} и еще раз уточняется температура притока или внутреннего воздуха, как описано выше.

Пример расчета воздухообмена в помещении общественного здания.

Исходные данные

Общественное двухэтажное здание: Амбулатория на 100 посещений в смену с аптекой IV группы в конструкциях.

Район строительства – г.Краснодар.

ВЕНТИЛЯЦИЯ. Расчетное помещение – зал обслуживания населения. Характеристики помещения, параметры микроклимата и результаты расчета тепловлаговыделений приведены в примере в п.1.3. Схема организации воздухообмена – один приток, одна вытяжка с подачей воздуха в верхнюю зону и удалением также из верхней зоны.

ТП $\Delta t = (H-2)\cdot grad\ t = (3{,}3-2)\cdot 0{,}135 \approx 0{,}18\ ^{o}C$ по формуле из п.3.1. В данном случае $h_{РЗ}$ = 2 м, т.к. люди в помещении стоят. Величину grad t принимаем по таблице из п.3 при удельной теплонапряженности 7,3 Вт/м^3 из примера в п.1.3.

$t_У = t_В + \Delta t = 31{,}6 + 0{,}18 = 31{,}78\ ^{o}C$

$t_П = t_{НА} + 0{,}5 = 28{,}6 + 0{,}5 = 29{,}1\ ^{o}C$

$$G_П^{ТР} = G_У^{ТР} = \frac{3{,}6\cdot Q_{ИЗБ.Я}}{c_В\cdot(t_У - t_П)} = \frac{3{,}6\cdot 441{,}5}{1{,}005\cdot(31{,}78-29{,}1)} \approx 590\ кг/ч$$

ПП $\Delta t = (H-2)\cdot grad\ t = (3{,}3-2)\cdot 0{,}94 \approx 1{,}3$

$t_У = t_В + \Delta t = 18 + 1{,}3 = 19{,}3\ ^{o}C$

$t_П = t_{НА} + 0{,}5 = 10 + 0{,}5 = 10{,}5\ ^{o}C$

$$G_П^{ТР} = G_У^{ТР} = \frac{3{,}6\cdot Q_{ИЗБ.Я}}{c_В\cdot(t_У - t_П)} = \frac{3{,}6\cdot 830}{1{,}005\cdot(19{,}3-10{,}5)} \approx 338\ кг/ч$$

ХП $\Delta t = (H-2)\cdot grad\ t = (3{,}3-2)\cdot 1{,}1 \approx 1{,}43$

$t_У = t_В + \Delta t = 20 + 1{,}43 = 21{,}43\ ^{o}C$

$t_П = t_{В.ОТ} = 16\ ^{o}C$

$$G_П^{ТР} = G_У^{ТР} = \frac{3{,}6\cdot Q_{ИЗБ.Я}}{c_В\cdot(t_У - t_П)} = \frac{3{,}6\cdot 693{,}5}{1{,}005\cdot(21{,}43-16)} \approx 457{,}5\ кг/ч$$

$G_П^P = G_У^P = \max(ТП, ПП, ХП) = 590$ кг/ч, т.е. соответствует требуемому воздухообмену в ТП $\Rightarrow$ уточняем $t_П^{ХП}$ и $t_В^{ПП}$.

$$t_П^{ХП} = t_У^{ХП} - \frac{3{,}6 \cdot Q_{ИЗБ.Я}^{ХП}}{G^P \cdot c_В} = 21{,}43 - \frac{3{,}6 \cdot 693{,}5}{590 \cdot 1{,}005} \approx 17{,}2 \text{ ºС}$$

$t_П^{ПП} = t_У^{ПП} - \frac{3{,}6 \cdot Q_{ИЗБ.Я}^{ПП}}{G^P \cdot c_В} = 19{,}3 - \frac{3{,}6 \cdot 830}{590 \cdot 1{,}005} = 14{,}3$ ºС. Поскольку это выше наружной температуры в ПП, равной +10ºС, полученный результат говорит о том, что в ПП необходимо продолжать подогрев притока, в данном случае до температуры +14,3ºС, во избежание переохлаждения помещения.

Вычисляем объемный расход воздуха и фактическую кратность воздухообмена, принимая температуры притока и уходящего воздуха наибольшими из всех расчетных периодов, т.е. в данном случае по ТП.

$$\rho_П = \frac{353}{t_П + 273} = \frac{353}{29{,}1 + 273} = 1{,}17 \text{ кг/м}^3;\ L_П^P = \frac{G^P}{\rho_П} = \frac{590}{1{,}17} \approx 504 \text{ м}^3/\text{ч};\ K_P^Ф = L^P / V \approx 8{,}3 \text{ ч}^{-1}$$

$$\rho_У = \frac{353}{t_У + 273} = \frac{353}{31{,}78 + 273} = 1{,}16 \text{ кг/м}^3;\ L_У^P = \frac{G^P}{\rho_У} = \frac{590}{1{,}16} \approx 509 \text{ м}^3/\text{ч};\ K_P^Ф = L^P / V \approx 8{,}3 \text{ ч}^{-1}.$$

Таким образом, расчет показывает, что объемные расходы притока и вытяжки отличаются незначительно, и этой разницей можно пренебречь.

Проверяем расчетный воздухообмен на соответствие санитарной норме:

$L_{CO_2} = \frac{M_{CO_2}}{C_{ПДК} - C_П}$, где $C_П = 0{,}5$ л/м^3, $C_{ПДК} = 1$ л/м^3 (см.п.3.1).

$M_{CO_2} = 185$ л/ч; $L_{CO_2} = \frac{M_{CO_2}}{C_{ПДК} - C_П} = \frac{185}{1 - 0{,}5} = 370$ м^3/ч; $L_{CO_2} < L^P$, поэтому оставляем воздухообмен, вычисленный по избыткам явной теплоты.

КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА. Расчетное помещение – кабинет заведующего (№9). Расчетные параметры наружного и внутреннего климата и результаты расчета теплопотерь в холодный период в режиме отопления приняты по примеру, приведенному в методических указаниях по расчету мощности отопительных приборов системы отопления.

Характеристики помещения и результаты расчета тепловлаговыделений приведены в примере в п.1.3. Схема организации воздухообмена – один приток, одна вытяжка с подачей воздуха в верхнюю зону и удалением также из верхней зоны.

ТП

$t_П = t_В - 6 = 24 - 6 = 18$ ºС; $t_У = t_В + 1 = 24 + 1 = 25$ ºС.

$$G_П^{ТР} = G_У^{ТР} = \frac{3{,}6 \cdot Q_{ИЗБ.Я}}{c_В \cdot (t_У - t_П)} = \frac{3{,}6 \cdot 371}{1{,}005 \cdot (25 - 18)} \approx 190 \text{ кг/ч}.$$

ХП

$t_П = t_В - 6 = 21 - 6 = 15$ ºС; $t_У = t_В + 1 = 21 + 1 = 22$ ºС.

$$G_П^{ТР} = G_У^{ТР} = \frac{3{,}6 \cdot Q_{ИЗБ.Я}}{c_В \cdot (t_У - t_П)} = \frac{3{,}6 \cdot 350{,}5}{1{,}005 \cdot (22 - 15)} \approx 180 \text{ кг/ч}.$$

$G_П^P = G_У^P = \max(ТП, ХП) = 190$ кг/ч, т.е. отвечает требуемому для ТП $\Rightarrow$ уточняем $t_П^{ХП}$.

$$t_{П}^{ХП} = t_{У}^{ХП} - \frac{3{,}6 \cdot Q_{ИЗБ.Я}^{ХП}}{G^{P} \cdot c_{В}} = 22 - \frac{3{,}6 \cdot 350{,}5}{190 \cdot 1{,}005} \approx 15{,}4 \text{ ºС}$$

Вычисляем объемный расход воздуха и фактическую кратность воздухообмена, принимая температуры притока и уходящего воздуха наибольшими из всех расчетных периодов, т.е. в данном случае по ТП.

$$\rho_{П} = \frac{353}{t + 273} = \frac{353}{18 + 273} = 1{,}21 \text{ кг/м}^3;\ L_{П}^{P} = \frac{G^{P}}{\rho_{П}} = \frac{190}{1{,}21} \approx 157 \text{ м}^3\text{/ч};\ K_{P}^{Ф} = L^{P}/V \approx 4{,}5 \text{ ч}^{-1}.$$

$$\rho_{У} = \frac{353}{t + 273} = \frac{353}{25 + 273} = 1{,}18 \text{ кг/м}^3;\ L_{У}^{P} = \frac{G^{P}}{\rho_{У}} = \frac{190}{1{,}18} \approx 161 \text{ м}^3\text{/ч};\ K_{P}^{Ф} = L^{P}/V \approx 4{,}5 \text{ ч}^{-1}.$$

Таким образом, и здесь объемные расходы притока и вытяжки отличаются незначительно.

Проверяем расчетный воздухообмен на соответствие санитарной норме:

M_{CO_2}=25 л/ч; $L_{CO_2} = \frac{M_{CO_2}}{C_{ПДК} - C_{П}} = \frac{25}{1 - 0{,}5} = 12{,}5$ м^3/ч; $L_{CO_2} < L^{P}$, поэтому оставляем воздухообмен, вычисленный по избыткам явной теплоты.

3.3. Построение процессов изменения состояния воздуха на I-d-диаграмме и определение фактических параметров внутреннего воздуха при вентиляции.

Схемы процессов изменения состояния воздуха в помещении, а при вентиляции – и при его обработке в приточной установке должны быть представлены на I-d-диаграмме с учетом избытков ПОЛНОЙ теплоты и ВЛАГОВЫДЕЛЕНИЙ в помещении для всех расчетных периодов года.

Параметры воздуха представлены характерными точками процессов:
- точка Н – параметры наружного воздуха;
- точка П – параметры приточного воздуха;
- точка В – параметры воздуха в обслуживаемой зоне помещения;
- точка У – параметры уходящего воздуха.

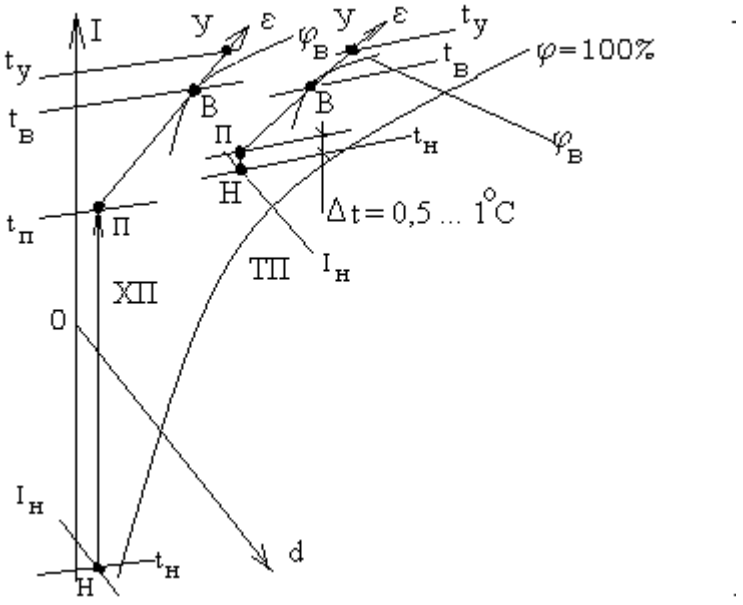
Параметры точки Н – температура и энтальпия – принимаются по таблице **«Расчетные параметры наружного воздуха»**. В холодный период используются параметры «Б», в теплый для режима кондиционирования – тоже «Б», а в теплый и переходный периоды для режима вентиляции – параметры «А».

В режиме ВЕНТИЛЯЦИИ при прямоточной схеме построение процессов осуществляется для трех периодов и производится следующим образом. Сначала на I-d-диаграмме отмечается точка Н по ее температуре и энтальпии для соответствующего периода. Затем от этой точки вертикально вверх по линии $d_Н$ = const строится отрезок до пересечения с изотермой $t_П$ = const, взятой для соответствующего периода, с учетом ее возможного уточнения после выбора расчетного воздухообмена. Получаем точку П. В теплый период года, когда осуществляется только подача воздуха без его обработки, подъем от точки Н к точке П составляет 0,5 … 1 ^{o}С за счет подогрева в вентиляторе (см. п.3.1).

То же самое касается переходного периода, если по расчету оказалось, что подогрев притока не нужен. В противном случае процесс в переходный период будет выглядеть, в принципе, так же, как и в холодный. Затем от точки П проводим луч процесса в помещении с угловым коэффициентом $\varepsilon = Q_{ИЗБ.П} / M_{В.П}$, кДж/кг, где $Q_{ИЗБ.П}$ – избытки полной теплоты, кДж/ч; $M_{В.П}$ – влаговыделения, кг/ч, для соответствующего периода года. Значения ε должны быть определены при заполнении таблицы **«Сводная таблица вредных выделений»** (см. пример после п.1.3).

На пересечении луча процесса с изотермами $t_В$ = const и $t_У$ = const, взятыми опять-таки для соответствующего периода, получаем соответственно точки В и У. По диаграмме определяем фактические значения относительной влажности внутреннего воздуха $\varphi_В$ в точке В для каждого периода и проверяем, не превышают ли они максимально допустимых значений. После этого вычисляем остальные параметры состояния воздуха в точке В по формулам, приведенным в Методических указаниях «**Расчет мощности отопительных приборов системы отопления**», и заполняем до конца соответствующие колонки в таблице «**Расчетные параметры внутреннего воздуха вентилируемых и кондиционируемых помещений**». Схемы процессов в режиме вентиляции приведены на нижеследующем рисунке.

Процессы изменения состояния воздуха в помещении при вентиляции без рециркуляции (прямоточная схема)

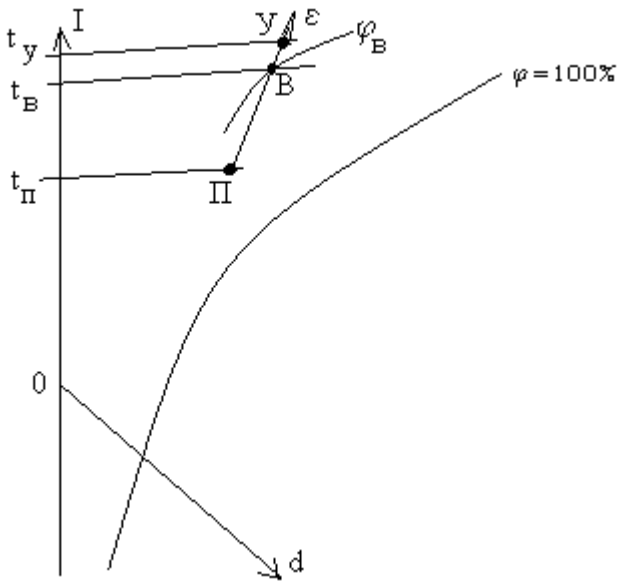


В условиях примера, рассмотренного в п.1.3 и 3.3, фактическая относительная влажность в холодный период года получается равной 12%, в переходный – 56%, а в теплый – 48%, что действительно лежит в допустимых пределах. Остальные уточненные параметры внутреннего воздуха приведены в таблице ниже.

Параметры внутреннего воздуха	**ТП (В) доп.**	**ПП (В) доп.**	**ХП (В) доп.**
Температура t_B, ^{0}С	31,6	18	20
Энтальпия I_B, кДж/кг	68,3	36,9	24,7
Влагосодержание d_B, г/кг	14,3	7,4	1,8
Относительная влажность φ, %	48	56	12
Температура мокрого термометра t_M, ^{0}С	22,9	13	7,8
Температура точки росы t_P, ^{0}С	19,4	9,4	– 8,8
Парциальное давление водяного пара $P_{ВП}$, Па	2256	1156	281
То же при полном насыщении $P_{НАС}$, Па	4700	2064	2338
Плотность ρ, кг/м^3	1,133	1,19	1,18
Удельный вес γ, Н/м^3	11,1	11,66	11,6

В режиме КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА построение осуществляется для двух периодов и начинается с нанесения на диаграмму точки В по ее температуре и относительной влажности для соответствующего периода, поскольку в этом режиме жестко задаются именно внутренние параметры, а основная задача заключается в их обеспечении независимо от переменных наружных условий и внутренних воздействий. После этого через точку В проводится луч процесса с угловым коэффициентом ε, взятым для соответствующего периода, причем проводится в обе стороны – до пересечения с изотермой $t_П$ = const с учетом ее возможного уточнения после выбора расчетного воздухообмена, где мы получаем точку П, и до пересечения с изотермой $t_У$ = const, где мы имеем точку У. Значения $t_П$ и $t_У$ также принимаются для соответствующего периода. Схема процесса приведена на нижеследующем рисунке. Примерно таким должен быть процесс в оба периода, только в холодный период точка В, а вместе с ней и точки П и У, и все построение в целом, будут находиться ниже и левее, чем в теплый, из-за более низких параметров в точке В.

Процесс изменения состояния воздуха в помещении при кондиционировании воздуха без рециркуляции (прямоточная схема)



4. РАСЧЕТ ВОЗДУХООБМЕНОВ ПО НОРМАМ КРАТНОСТИ.

4.1. Нормы кратности.

Кратностью воздухообмена Кр называют отношение часового объемного расхода приточного воздуха (кратность притока $Кр_П$) или расхода вытяжного воздуха (кратность вытяжки $Кр_У$) к объему вентилируемого помещения. Размерность кратности воздухообмена [$ч^{-1}$]. Нормативная кратность воздухообмена для рядовых помещений здания приведена в справочной литературе и СНиП для зданий различного назначения.

В курсовом проекте для большинства помещений здания предусмотрено определение воздухообмена в $м^3/ч$ по нормативной величине кратности:

$$L_П = Кр_П \times V \; ; \quad L_У = Кр_У \times V \; ,$$

где $L_П$, $L_У$ – расчетный воздухообмен помещения по притоку и по вытяжке, $м^3/ч$;

$Кр_П$, $Кр_У$ – нормативная кратность притока и вытяжки, $ч^{-1}$;

V – объем помещения по внутреннему обмеру, $м^3$ – произведение площади на высоту Н "в чистоте", т.е. от пола до потолка.

Для некоторых помещений в литературе приводится нормативный воздухообмен на 1 человека Lo, $м^3/(ч \cdot чел.)$. В этом случае расчетный воздухообмен помещения вычисляется по формуле:

$$L_П = L_У = L_О \times N_{ЧЕЛ} \; ,$$

где $N_{чел}$ – количество людей в помещении. В отдельных помещениях, например, санузлах, душевых и т.д., роль $N_{чел}$ играет число унитазов, душевых сеток и других подобных измерителей. В таких случаях это оговаривается в справочной литературе.

Нормативные значения кратностей воздухообмена и нормативного воздухообмена на 1 человека, унитаз и т.д. для различных помещений в зданиях разного назначения приведены в таблицах Главы 3 [1]. Если в таблице, относящейся к проектируемому зданию, сведения о некоторых помещениях отсутствуют, их можно найти в таблицах, относящихся к зданиям другого назначения.

Результаты расчета воздухообмена заносят в таблицу «Расчетный воздухообмен общеобменной вентиляции по кратности в помещениях здания»**, бланк которой дан в Приложении 1.**

4.2. Правила расчета воздухообмена в помещениях по кратности.

Заполнение расчетной таблицы производят раздельно для каждого этажа при коридорной системе или группы помещений на этаже, выходящих в общий коридор (шлюз). Необходимо определить суммарный воздухообмен по притоку $\Sigma G_П$ и суммарный воздухообмен по вытяжке $\Sigma G_У$ для каждой такой группы помещений.

Разницу между суммарными притоками и вытяжкой – "дисбаланс" – следует подавать (при избыточной вытяжке) или удалять (при избыточном притоке) из общего шлюза (исключением являются жилые помещения, в которых вытяжка компенсируется естественным притоком через окна).

Суммируя все суммарные притоки с учетом компенсации дисбаланса, получают расчетный расход приточного воздуха для подбора приточной установки для рассмотренных помещений.

Рассчитанные расходы вытяжного воздуха позволяют выбрать производительность вытяжных вентиляционных установок, объединяющих помещения с учетом специальных правил (по режиму работы и видам вредных выделений в помещениях).

Примечание: помещения, в которых воздухообмен вычислялся подробно по тепло-, влаго- и газовыделениям в соответствии с п.3 данных методических указаний, также включаются в таблицу расчета воздухообмена по кратностям, только в колонках 6 и 7 указываются фактические кратности, полученные по расчету (см. пример в п.3.3) с пометкой «по расчету», а в колонках 8 и 9 указываются расчетные значения воздухообмена по притоку и по вытяжке. Если в здании имеются несколько помещений того же названия, что и какое-либо из расчетных, но с другими размерами, для них также используются полученные фактические значения кратности, а воздухообмен получается умножением на эти кратности фактического объема данных помещений (см. пример).

Пример расчета воздухообмена по нормам кратности.

Исходные данные

Общественное двухэтажное здание: Амбулатория на 100 посещений в смену с аптекой IV группы в конструкциях.

Район строительства – г.Краснодар.

Фрагменты планов этажей здания приведены в методических указаниях по расчету мощности отопительных приборов системы отопления

Расчетный воздухообмен общеобменной вентиляции по кратности в помещениях здания

(для группы помещений аптеки, объединенных общим коридором)

№№ помещения	Наименование помещения	Размеры помещения, м, или его площадь, $м^2$	Объем помещения V, $м^3$	Количество людей в помещении $N_{чел.}$	Нормативная кратность воздухообмена Кр, $ч^{-1}$, или нормативный воздухообмен на 1 человека L_O, $м^3$/(ч.чел.)		Расчетный воздухообмен, $м^3$/ч	
					Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
1	Зал обслуживания населения	18,29	60,4		8,3 (по расчету)	8,3 (по расчету)	504 (по расчету)	509 (по расчету)
1А	зал обслуживания населения	25,2	88		8,3 (по расчету)*	8,3 (по расчету)*	730	735
1Б	зал обслуживания населения	12,2	43		8,3 (по расчету)*	8,3 (по расчету)*	357	360
1В	зал обслуживания населения	12,2	43		8,3 (по расчету)*	8,3 (по расчету)*	357	360
2	ассистентская	18,8	66		4	2	263	132
3	помещение хранения торгового запаса	17	60		2	3	119	179
3А	помещение хранения торгового запаса	16,9	59		2	3	118	177
4	моечная	10,7	37		2	3	75	112
5	дистиляционная-стерилизационная	12,2	43		4	2	171	85
6	ассистентская-асептическая	12,2	43		4	2	171	85
7	стерилизационная	7,9	28		4	2	111	55
8	шлюз	4,1	14		-	5	-	72
9	Кабинет заведующего	10,7	35,3		4,5 (по расчету)	4,5 (по расчету)	157 (по расчету)	161 (по расчету)
10	кладовая вспомогательного материала	8,3	29		-	1	-	29
11	кладовая стеклотары	11,8	41		-	1	-	41
12	бельевая	4,5	16		-	1	-	16
13	уборная	-	-	1	-	50 $м^3$/час на 1 унитаз	-	50
						Итого	3022	3158
						Дисбаланс		136

Примечание: *) кратности приняты такие же, как для помещения 1, т.к. помещения имеют одинаковые названия.

Таким образом, для ликвидации дисбаланса нужен дополнительный приток в объеме 136 $м^3$/ч в общий коридор.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч.3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн.1. / под ред. Н.Н.Павлова и Ю.И.Шиллера. – М: Стройиздат, 1992, 320 с.
2. И.И.Полосин, Б.П.Новосельцев, В.Н.Шершнев. Теоретические основы создания микроклимата в помещении. – Воронеж, 2005, 143 с.
3. Отопление и вентиляция. Ч. II. Вентиляция. / Под ред. В.Н.Богословского. – М.: Стройиздат., 1976, 439 с.
4. СНиП 23-01-99* «Строительная климатология». – М: ГУП ЦПП, 2004.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Теплопоступления и теплопотери помещения с общеобменной вентиляцией или кондиционированием воздуха

Наименование помещения	Объем Помещения, $м^3$	Расчетный период года	Поступления в помещение явной теплоты, Вт						
			От людей		От солнечной радиации	От искусственного освещения	От системы отопления	От технологического оборудования	От прочих источников
			Явная	Полная					
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
		ТП							
		ПП							
		ХП							

Продолжение таблицы

Теплопоступления в помещение, Вт			Теплопотери помещения, Вт	Избыточная теплота		
Суммарные			Суммарные	Явная		Полная
Явные	Полные	скрытые		Вт	$Вт/м^3$	Вт
11	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**

Сводная таблица вредных выделений

№№ помещения	Наименование помещения	Объем помещения, $м^3$	Расчетный период года	Тепловые избытки			Влаговыделения, кг/ч	Газовые выделения, л/ч	$\varepsilon = Q_п/M_{вп}$, кДж/кг
				Явные, кДж/ч	Скрытые, кДж/ч	Полные, кДж/ч			
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**

Расчетный воздухообмен общеобменной вентиляции по кратности в помещениях здания

№№ помещения	Наименование помещения	Размеры помещения, м, или его площадь, $м^2$	Объем помещения V, $м^3$	Количество людей в помещении $N_{чел.}$	Нормативная кратность воздухообмена Кр, $ч^{-1}$, или нормативный воздухообмен на 1 человека L_O, $м^3/(ч.чел.)$		Расчетный воздухообмен, $м^3/ч$	
					Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
						Итого:		
						Дисбаланс:		

Примечание: количество людей в колонке 5 указывается в том случае, если для данного помещения в литературе указывается нормативный воздухообмен на 1 человека, а не кратность.