

## ЗАДАЧА №1

### ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОЗДУХООБМЕНА В ПОМЕЩЕНИЯХ

**Вентиляция** представляет собой организованную и регулируемую смену воздуха в помещении, предназначенную поддерживать в нем соответствующие параметры микроклимата и чистоту воздушной среды. Вентиляция помещений достигается удалением из них нагретого и/или загрязненного воздуха и подачей свежего, чистого наружного воздуха. Системы вентиляции разнообразны, их классификация представлена на рис. 1.1 [1].



Рис. 1.1. Классификация вентиляционных систем

По способу перемещения воздуха различают системы естественной и механической вентиляции.

**При естественной вентиляции** воздух перемещается благодаря возникающей разнице давлений снаружи и внутри здания. Естественная вентиляция может быть организованной и неорганизованной.

*Неорганизованная естественная вентиляция – инфильтрация*, или естественное проветривание, – осуществляется при проникновении воздуха внутрь помещения через неплотности в ограждениях и элементах строительных конструкций (дверей, окон и стен) за счет разности давлений снаружи и внутри помещения. Такой воздухообмен зависит от случайных факторов: силы и направления ветра, температуры воздуха внутри и снаружи здания, качества строительных работ.

Для постоянного воздухообмена, требуемого по условиям поддержания параметров микроклимата и чистоты воздуха в помещении, необходима организованная вентиляция.

*Аэрацией* называется организованная естественная общеобменная вентиляция помещений в результате поступления и удаления воздуха через отрывающиеся фрамуги окон и аэрационных фонарей. *Организованная естественная вентиляция* обеспечивается при помощи специальных устройств (створок, форточек, фрамуг, дефлекторов). Основным достоинством аэрации является возможность осуществлять большие воздухообмены без затрат механической энергии, она экономична, а также проста в эксплуатации. Однако аэрация применима только там, где нет больших выделений вредных веществ; приточный воздух поступает в помещения необработанным: не подогревается (охлаждается), не увлажняется и не очищается от вредных веществ; а в теплый период года эффективность аэрации может существенно падать вследствие повышения температуры наружного воздуха.

**Механическая вентиляция** устраняет недостатки естественной вентиляции. При механической вентиляции воздух перемещается с помощью специальных воздухоудувных машин – вентиляторов с электроприводом. Преимуществами механической вентиляции по сравнению с естественной являются большой радиус действия, возможность изменять или сохранять необходимый воздухообмен независимо от температуры наружного воздуха и скорости ветра; подвергать вводимый в помещения воздух предварительной очистке, сушке, увлажнению, подогреву или охлаждению; организовать оптимальное воздухо-распределение с подачей воздуха непосредственно к рабочим местам; улавливать вредные выделения непосредственно в местах их образования и предотвращать их распространение по всему объему помещения; очищать загрязненный воздух перед выбросом его в атмосферу. К недостаткам механической вентиляции следует отнести значительную стоимость ее сооружения и эксплуатации, а также необходимость проведения мероприятий по борьбе с шумом.

По месту действия механическая вентиляция бывает общеобменной и местной.

*Общеобменная вентиляция* предназначена для поддержания параметров воздушной среды во всем объеме помещения. Она применяется в том случае, если вредные выделения поступают непосредственно в воздух помещения, рабочие места не фиксированы, а располагаются по всему помещению.

По способу подачи и удаления воздуха различают четыре схемы общеобменной вентиляции: приточная, вытяжная, приточно-вытяжная, системы с рециркуляцией.

*В приточной системе* воздух подается в помещение после под-готовки его в приточной камере. В помещении при этом создается избыточное давление, за счет которого воздух уходит наружу через окна, двери или в другие помещения. Приточную систему применяют для вентиляции помещений, в которые нежелательно попадание за-грязненного воздуха из соседних помещений или холодного воздуха извне. Воздух из помещения удаляется через неплотности ограж-дающих конструкций.

*Вытяжная система* предназначена для удаления воздуха из помещения. При этом в нем создается пониженное давление, и воздух соседних помещений или наружный воздух поступает в данное поме-щение. Вытяжную систему целесообразно применять в том случае, если вредные выделения данного помещения не должны распро-страняться на соседние, например, для химических и биологических лабораторий. Чистый воздух поступает в производственное помеще-ние через неплотности в ограждающих конструкциях, что является недостатком данной системы вентиляции, так как неорганизованный приток холодного воздуха (сквозняки) может вызвать простудные за-болевания.

*Приточно-вытяжная вентиляция* – наиболее распространенная система, при которой воздух подается в помещение приточной систе-мой, а удаляется вытяжной; системы работают одновременно. В от-дельных случаях для сокращения эксплуатационных расходов при нагревании воздуха применяют системы с частичной рециркуляцией. В них к поступающему снаружи воздуху подмешивают воздух, удаляе-мый из помещения вытяжной системой. Систему *вентиляции с ре-циркуляцией* разрешено использовать только для тех помещений, в которых отсутствуют выделения вредных веществ или выделяющиеся вещества относят к 4-му классу опасности, и концентрация их в воз-духе, подаваемом в помещение, не превышает 30% от ПДК. Приме-нение рециркуляции не допускается и в том случае, если в воздухе помещений содержатся болезнетворные бактерии, вирусы или име-ются резко выраженные неприятные запахи.

Основные принципы, которыми следует руководствоваться при выборе схем подачи воздуха в помещение и его удаления [2]:

- 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 (применение вытяжных зонтов и других укрытий 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 соблюдаться 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 вытяжка только из верхней зоны, а приток осуществляется через неплотности дверных проемов, отделяющих эти помещения от коридоров или смежных помещений, в которые подается избыток притока.

Разность теплоступлений 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.

*Теплоступления* в вентилируемые помещения жилых и общественных зданий складываются 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 оборудо-

вания, горячей воды и пр.); от поступающего в воздух помещения во-дяного пара (скрытая теплота).

*Теплопотери* вентилируемого помещения имеют место в холодный и переходный периоды года и складываются 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, почтовые учреждения и т.д.); на нагрев воздуха, врывающегося в помещение через периодически открываемые наружные двери или ворота.

**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). Основным методом определения требуемых воздухообменов – балансовый. В его основе лежит составление для помещения системы уравнений баланса воздуха, теплоты, влаги и других вредных выделений. Решением этой системы и получают соотношения для потребного воздухообмена.

При использовании балансового метода расчет требуемого воздухообмена целесообразно проводить только по **избыткам явной теплоты**.

### Расчет требуемого воздухообмена по избыткам явной теплоты

1. Определяют явные тепlopоступления от людей, находящихся в помещении, в теплое  $Q^T_{ч.я}$ , Вт, и холодное  $Q^X_{ч.я}$ , Вт, время соответственно [2]

$$Q^T = \sum_{ч.я} q^T_{ч.я} N \eta ; \quad (1.2a)$$

$$Q^X = \sum_{ч.я} q^X_{ч.я} N \eta , \quad (1.2б)$$

где  $q^T_{ч.я}$ ,  $q^X_{ч.я}$  – удельное тепlopоступление от одного человека при определенной температуре воздуха в помещении в зависимости от категории выполняемых работ, Вт (табл. 1.1);  $N$  – количество людей соответствующего пола и возраста, занятых на работах данной категории;  $\eta$  – коэффициент снижения тепlopоступлений от людей:  $\eta_{жен} = 0,85$ ;  $\eta_{муж} = 1$ .

Таблица 1.1

Количество теплоты и влаги, выделяемое взрослыми людьми (мужчинами)

Показатель	Количество теплоты и влаги, выделяемых одним человеком при температуре воздуха в помещении, °С					
	10	15	20	25	30	35
В состоянии покоя						
Теплота явная $q_{ч.я}$ , Вт/чел	140	120	90	60	40	10
Влага $m_{ч}$ , г/(ч·чел)	30	30	40	50	75	115
При легкой работе						
Теплота явная $q_{ч.я}$ , Вт/чел	150	120	99	65	40	5
Влага $m_{ч}$ , г/(ч·чел)	40	55	75	115	150	200
При работе средней тяжести						
Теплота явная $q_{ч.я}$ , Вт/чел	165	135	105	70	40	5
Влага $m_{ч}$ , г/(ч·чел)	70	110	140	185	230	280
При тяжелой работе						
Теплота явная $q_{ч.я}$ , Вт/чел	200	165	130	95	50	10
Влага $m_{ч}$ , г/(ч·чел)	135	185	240	295	355	415

2. Определяют теплоступления через окна от солнечной радиации для теплого периода  $Q_{с.р}$ , Вт:

$$Q_{с.р} = (q_{пр} + q_{отн}) F_{окн}, \quad (1.3)$$

где  $F_{окн}$  – площадь окна, м<sup>2</sup>;  $q_{пр}$  – удельный тепловой поток от тепло-передачи через окно, Вт/м<sup>2</sup>.

$$q_{пр} = \frac{t_{н.усл} - t_{в}^T}{R_0}, \quad (1.4)$$

где  $t_{н.усл}$  – наружная условная температура на поверхности окна, °С;  $t_{в}^T$  – температура воздуха в помещении, °С;  $R_0$  – сопротивление окна тепло-передаче в летних условиях; для выбранного типа окна  $R_0 = 0,42$  Вт/(м·К);  $q_{пр}$  – удельный тепловой поток от проникающей солнечной радиации че-рез остекление, Вт/м<sup>2</sup>.

$$q_{пр} = (q_{п}^{max} K_{инс.вр} + q_{р}^{max} K_{обл} K_{отн} \tau_2), \quad (1.5)$$

где  $q_{п}^{max}$ ,  $q_{р}^{max}$  – максимальное количество теплоты соответственно от прямой и рассеянной солнечной радиации, проникающей через одинарное остекление, Вт/м<sup>2</sup>. Принимается по табл. 1.2 в зависимости от географической широты расположения объекта и ориентации оконных проемов;  $K_{инс.вр}$  – коэффициент инсоляции вертикального остекления; для принятого остекления  $K_{инс.вр} = 0,85$ ;  $K_{обл}$  – коэффициент облучения; для принятого остекления  $K_{обл} = 0,96$ ;  $K_{отн}$  – коэффициент относительного проникания солнечной радиации, для окон с двойным остеклением без солнцезащитных устройств и толщиной стекла 4–6 мм  $K_{отн} = 0,8$ ;  $\tau_2$  – коэффициент учета затенения окна переплетами; для принятого остекления  $\tau_2 = 0,65$ .

Таблица 1.2

Количество теплоты от прямой и рассеянной солнечной радиации, проникающей через одинарное остекление [2]

Географическая широта, град	Истинное солнечное время, ч		Количество теплоты, Вт/м <sup>2</sup> , при заполнении световых проемов									горизонтальном
			вертикальном с ориентацией до полудня									
	до полудня	после полудня	С (Ю)	СВ (ЮВ)	В	ЮВ (СВ)	Ю (С)	ЮЗ (СЗ)	З	СЗ (ЮЗ)		
			после полудня									
		С (Ю)	СЗ (ЮЗ)	З	ЮЗ (СЗ)	Ю (С)	ЮВ (СВ)	В	СВ (ЮВ)			
40	5-6	18-19	71/38	170/46	214/46	50/35	-/20	-/20	-/21	-/22	19/31	
	6-7	17-18	51/71	350/96	419/112	183/86	-/55	-/42	-/44	-/46	114/62	
	7-8	16-17	6/78	345/114	493/133	302/109	-/71	-/56	-/55	-/57	270/78	
	8-9	15-16	-/71	258/104	471/121	354/108	60/78	-/60	-/60	-/60	431/87	
	9-10	14-15	-/64	116/80	363/99	342/95	150/79	-/63	-/62	-/62	558/93	
	10-11	13-14	-/62	6/71	191/81	274/86	222/83	-/67	-/62	-/62	651/100	
	11-12	12-13	-/60	-/67	35/73	172/77	257/83	45/77	-/65	-/65	692/104	
44	5-6	18-19	84/42	222/53	292/58	72/40	-/23	-/22	-/22	-/23	31/36	
	6-7	17-18	42/70	369/98	452/112	209/86	-/55	-/44	-/44	-/44	126/62	
	7-8	16-17	-/77	357/110	509/130	333/109	-/71	-/55	-/55	-/55	283/76	
	8-9	15-16	-/71	256/101	490/121	398/108	66/79	-/60	-/59	-/60	431/83	
	9-10	14-15	-/64	84/80	371/100	387/101	162/81	-/63	-/60	-/62	543/93	
	10-11	13-14	-/60	2/71	193/81	305/86	245/84	-/67	-/60	-/64	629/98	
	11-12	12-13	-/59	-/67	37/72	214/79	288/85	73/77	-/65	-/65	668/98	
48	5-6	18-19	93/45	356/60	327/65	95/45	-/27	-/26	-/24	-/26	37/42	
	6-7	17-18	35/69	385/98	472/114	237/87	-/55	-/43	-/44	-/44	145/62	
	7-8	16-17	-/74	348/107	542/129	363/109	3/73	-/53	-/53	-/53	285/73	
	8-9	15-16	-/70	222/99	497/121	427/112	80/81	-/60	-/58	-/59	420/82	
	9-10	14-15	-/64	60/81	372/100	419/107	186/86	-/65	-/58	-/62	519/93	
	10-11	13-14	-/60	-/71	193/81	352/94	271/87	-/70	-/60	-/64	601/95	
	11-12	12-13	-/59	-/67	37/72	251/84	317/88	106/78	-/65	-/65	643/98	
52	5-6	18-19	102/55	301/69	371/73	116/52	-/31	-/23	-/28	-/28	57/42	
	6-7	17-18	26/69	391/98	497/119	272/91	-/59	-/43	-/44	-/44	158/62	
	7-8	16-17	-/71	342/106	545/129	398/110	13/76	-/55	-/53	-/53	291/73	
	8-9	15-16	-/67	196/96	428/123	448/114	94/85	-/63	-/57	-/58	419/82	
	9-10	14-15	-/63	42/79	374/100	429/110	206/87	-/67	-/59	-/60	508/87	
	10-11	13-14	-/60	-/69	193/84	363/98	299/90	14/72	-/60	-/62	585/93	
	11-12	12-13	-/59	-/65	37/72	272/86	544 91	150/78	-/65	-/63	630/98	
56	5-6	18-19	88/19	165/32	227/27	28/70	-/12	-/13	-/13	-/13	33/20	
	6-7	17-18	103/56	344/74	433/74	140/57	-/35	-/28	-/30	-/30	76/42	
	7-8	16-17	17/66	401/93	523/115	287/90	-/58	-/42	-/43	-/44	169/97	
	8-9	15-16	-/65	339/93	547/122	424/105	22/74	-/53	-/48	-/53	287/71	
	9-10	14-15	-/62	174/87	504/114	479/108	128/85	-/64	-/55	-/56	405/78	
	10-11	13-14	-/58	26/71	378/91	479/102	245/88	-/67	-/56	-/57	493/87	
	11-12	12-13	-/57	-/62	193/76	427/92	347/91	21/72	-/58	-/58	566/91	
			-/55	-/59	37/67	330/79	398/92	176/76	-/63	-/58	606/93	

Примечание:  $q_n$  – числитель дроби,  $q_p$  – знаменатель.

3. Определяют теплопоступления от источников искусственного освещения  $Q_{и.о.}$ , Вт, в холодный период года. Эти теплопоступления зависят от уровня освещенности помещения и удельных тепловыделений от установленных светильников и определяются по формуле

$$Q_{и.о.} = E_{пл} \cdot F_{пл} \cdot q_{осв} \cdot h_{осв} \quad (1.6)$$

где  $E$  – общая освещенность помещения, лк; задается согласно требованиям действующих нормативов (табл. 5.1);  $F_{пл}$  – площадь пола помещения, м<sup>2</sup>;  $h_{осв}$  – коэффициент, учитывающий высоту расположения светильников,  $h_{осв} = 1$ , если светильники находятся непосредственно в помещении, и  $h_{осв} = 0,45$ , если светильники располагаются в вентилируемом подвесном потолке;  $q_{осв}$  – удельные тепловыделения

от светильников, Вт/(лк·м<sup>2</sup>), в зависимости от типа светильников и помещения принимается по табл. 1.3.

Таблица. 1.3

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

Тип светильника	Средние удельные тепловыделения $q_{\text{осв}}$ , Вт/(лк·м <sup>2</sup> ) для помещений площадью, м <sup>2</sup>					
	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

4. Определяют теплоступления в помещение от отопительных приборов  $Q_{\text{с.о}}$ , Вт, установленных в нем, в холодный период года по формуле

$$Q_{\text{с.о}} = Q_{\text{от}} \frac{t_{\text{ср.оп}} - t^{\text{x}}_{\text{в.вент}}}{t_{\text{ср.оп}} - t^{\text{x}}_{\text{в.от}}}, \quad (1.7)$$

где  $Q_{\text{от}}$  – мощность системы отопления в помещении, Вт, для централизованной системы отопления  $Q_{\text{от}} = 862$  Вт;  $t^{\text{x}}_{\text{в.вент}}$  – температура воздуха в помещении в холодный период года для режима вентиляции или кондиционирования воздуха, °С;  $t^{\text{x}}_{\text{в.от}}$  – температура воздуха в помещении в холодный период года для режима отопления, °С;  $t_{\text{ср.оп}}$  – средняя температура теплоносителя в отопительных приборах при расчетных наружных условиях для отопления, °С:

$$t_{\text{ср.оп}} = \frac{t_{\text{г}} + t_{\text{о}}}{2}, \quad (1.8)$$

где  $t_{\text{г}}$  и  $t_{\text{о}}$  – температура воды в подающей и обратной магистралях системы отопления, °С. Для предварительных расчетов можно принять  $t_{\text{о}} = 70^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{г}} = 95^{\circ}\text{C}$ , кроме детских садов, яслей и больниц, где нужно принимать,  $t_{\text{г}} = 85^{\circ}\text{C}$ .

5. Определяют суммарные теплоступления  $Q^{\text{T}}_{\text{пост}}$ ,  $Q^{\text{x}}_{\text{пост}}$ , Вт, в помещение в теплое и холодное время соответственно:

$$Q^{\text{x}}_{\text{пост}} = Q_{\text{ч.я.}} + Q_{\text{ч.яи.ос.о}}; \quad (1.9a)$$

$$Q^{\text{T}}_{\text{пост}} = Q_{\text{ч.я}} + Q_{\text{с.р}}. \quad (1.9б)$$

6. Рассчитывают теплотери через ограждения и дополнительные теплотери на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха в холодный период  $Q^{\text{x}}_{\text{пот}}$ , Вт

$$\frac{Q_{\text{ПОТ}}^X}{Q_{\text{ОТ}}^X} = \frac{t_{\text{В.ВЕНТ}}^X - t_{\text{Н}}^X}{t_{\text{В.ОТ}}^X - t_{\text{Н}}^X}, \quad (1.10)$$

где  $t_{\text{Н}}^X$  – расчетная температура наружного воздуха в расчетный период, °С.

7. Определяют избытки явной теплоты  $Q_{\text{изб.я}}^X$ ,  $Q_{\text{изб.я}}^T$ , Вт, для хо-лодного и теплого периодов года соответственно:

$$Q_{\text{изб.я}}^X = Q_{\text{ПОСТ}}^X - Q_{\text{ПОТ}}^X; \quad (1.11a)$$

$$Q_{\text{изб.я}}^T = Q_{\text{ПОСТ}}^T. \quad (1.11б)$$

8. Находят требуемый воздухообмен по избыткам явной теплоты, решая следующие уравнения:

$$G_{\text{П}}^{\text{ТР.Х}} = G_{\text{У}}^{\text{ТР.Х}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{изб.я}}^X}{c_{\text{В}} (t_{\text{П}}^X - t_{\text{У}}^X)}; \quad (1.12a)$$

$$G_{\text{П}}^{\text{ТР.Т}} = G_{\text{У}}^{\text{ТР.Т}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{изб.я}}^T}{c_{\text{В}} (t_{\text{П}}^T - t_{\text{У}}^T)}, \quad (1.12б)$$

где  $G_{\text{П}}^{\text{ТР.Х}}$ ,  $G_{\text{П}}^{\text{ТР.Т}}$  – требуемые общеобменные расходы приточной вентиляции для холодного и теплого периода соответственно, кг/ч;  $G_{\text{У}}^{\text{ТР.Х}}$ ,  $G_{\text{У}}^{\text{ТР.Т}}$  – требуемые общеобменные расходы вытяжной вентиляции для теплого и холодного периода соответственно, кг/ч;  $c_{\text{В}}$  – удельная массовая теплоемкость воздуха;  $c_{\text{В}} = 1,005$  кДж/(кг·К);  $t_{\text{П}}^X$  и  $t_{\text{П}}^T$  – температура приточного воздуха для холодного и теплого периода соответственно, °С:

$$t_{\text{П}}^X = t_{\text{В.ОТ}}^X; \quad (1.13a)$$

$$t_{\text{П}}^T = t_{\text{Н}}^T \cdot 1,5, \quad (1.13б)$$

где  $t_{\text{Н}}^T$  – наружная температура воздуха для теплого периода года, °С;  $t_{\text{Н}}^T = t_{\text{В}}^T$  – в теплый период года;  $t_{\text{У}}^T$  – температура удаляемого воздуха для холодного и теплого периода соответственно, °С.

В режиме вентиляции при вытяжке из верхней зоны температуру удаляемого воздуха можно оценить по формуле:

$$t_{\text{У}} = t_{\text{В}} + \Delta t, \quad (1.14)$$

где  $\Delta t (H \neq h_{\text{рз}}) \cdot \text{grad } t$ ;  $t_{\text{В}} = t_{\text{В}}^T$  – в теплое время года, °С;  $t_{\text{В}} = t_{\text{В}}^X$  – в холодное время года, °С;  $H$  – высота помещения, м;  $h_{\text{рз}}$  – высота рабочей зоны помещения, м, принимается  $h_{\text{рз}} = 2$  м, если люди в помещении стоят, и  $h_{\text{рз}} = 1,5$  м, если люди сидят или лежат;  $\text{grad } t$  – вертикальный градиент температуры, °С/м, принимаемый по табл. 1.4 в зависимости от удельной теплонапряженности помещения  $q_{\text{уд}}$ , Вт/м<sup>3</sup>:

$q_{уд}$ 

$$= \frac{Q_{изб.я}}{H \cdot F_{пл}} \quad (1.15)$$

Таблица 1.4

Значения вертикального градиента температуры  $grad t$ в зависимости от удельной теплonaпряженности помещения  $q_{уд}$ , Вт/м<sup>3</sup>

Удельная теплonaпряженность помещения $q_{уд}$ , Вт/м <sup>3</sup>	$grad t$ , °С/м
Более 23,2	0,8–1,5
11,6–23,2	0,3–1,2
Менее 11,6	0–0,5

9. Выбирается расчетный общеобменный расход для вытяжной и приточной вентиляции,  $G_y^p = G_n^p$ , кг/ч, из соотношения

$$G_n^p = G_y^p = \max(G_{у,пу,п}^{тр.х}; G_{у,пу,п}^{тр.т}) \quad (1.16)$$

10. Рассчитывается плотность приточного  $\rho_n$  и вытяжного  $\rho_y$  воздуха, кг/м<sup>3</sup>, в зависимости от температур приточного и вытяжного воздуха, взятых для того периода, для которого они являются наибольшими (обычно для теплого периода)

$$\rho_n = \frac{353}{t_n^T + 273} \quad ; \quad (1.17a)$$

$$\rho_y = \frac{353}{t_y^T + 273} \quad . \quad (1.17b)$$

11. Вычисляется объемный расход для приточного  $L_n^p$  и удаляемого  $L_y^p$  воздуха, м<sup>3</sup>/ч, соответственно:

$$L_n^p = \frac{G_n^p}{\rho_n} \quad ; \quad (1.18a)$$

$$L_y^p = \frac{G_y^p}{\rho_y} \quad . \quad (1.18b)$$

12. Проводится проверка значений расчетного воздухообмена на соответствие санитарным нормам. Для этого  $L^p$  необходимо сравнить с минимальным расходом наружного воздуха  $L_{CO_2}$ , м<sup>3</sup>/ч, которое определяют по выделениям углекислого газа:

$$L_{CO_2} = \frac{M_{CO_2} \cdot N \cdot v}{C_{пдк} - C_n} \quad , \quad (1.19)$$

где  $M_{CO_2}$  – выделение  $CO_2$  в помещении, л/ч; принимается по табл. 1.5 в зависимости от категории выполняемых работ;  $v$  – коэффициент снижения поступлений  $CO_2$  от людей:  $v_{жен} = 0,85$ ;  $v_{муж} = 1$ ;  $C_{пдк}$  – предельно допустимая концентрация углекислого газа во внутреннем

воздухе, л/м<sup>3</sup>; принимается по табл. 1.6;  $C_{п}$  – концентрация углекислого газа в приточном воздухе, л/м<sup>3</sup>; принимается по табл. 1.6.

Таблица 1.5

Количество углекислого газа, выделяемого взрослыми людьми (мужчинами)

Интенсивность нагрузки	Поступления CO <sub>2</sub> , $M_{CO_2}$ , л/ч от 1 чел.
Покой	18
Легкая работа	25
Работа средней тяжести	35
Тяжелая работа	50

Таблица 1.6

Значения приточной и предельно допустимой концентрации углекислого газа в воздухе

Район	$C_{п}$ , л/м <sup>3</sup>	Здание	$C_{пдк}$ , л/м <sup>3</sup>
Центр города (более 1 млн чел)	0,75	Кабинеты, учебные аудитории и проектные бюро	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

Если  $L_{п,у}^p > L_{CO_2}$ , то оставляется воздухообмен, вычисленный по избыткам явной теплоты. Если оказывается, что  $L_{CO_2} > L_{п,у}^p$ , то за расчетный воздухообмен принимается  $L_{CO_2}$  и еще раз уточняется температура приточного или внутреннего воздуха.

Исходные данные для расчета задачи в зависимости от варианта приведены в табл. 1.7.

Таблица 1.7

Исходные данные для расчетов

Вариант	Тип помещения	Высота помещения $H$ , м	Площадь пола $F_{пл}$ , $M^2$	Площадь окна $F_{окн}$ , $M^2$	Ориентация оконного проема	Количество в чело- век, $N$	Кэф- фици- ент $h_{осв}$	Температура, $^{\circ}C$					
								$t_B^x$	$t_B^T$	$t_n$ усл	$t_{в.вент}$	$t_{в.от}^x$	$t_n^x$
1	Аудитория	3	12	1,5	$56^{\circ}$ , С	6	1	18	28	25	20	16	-19
2	Зал заседаний	3,5	50	8	$56^{\circ}$ , СВ	30	1	16	30	26	20	16	-20
3	Проектное бюро	3	22	3	$56^{\circ}$ , В	8	1	18	26	24	20	16	-17
4	Кабинет	3,2	8	1,5	$56^{\circ}$ , ЮВ	1	1	19	32	30	21	18	-25
5	Аудитория	3	10	1,5	$56^{\circ}$ , Ю	5	1	17	29	27	20	17	-17
6	Зал заседаний	3,5	42	6	$56^{\circ}$ , ЮЗ	25	1	18	28	26	20	16	-20
7	Проектное бюро	3	18	3,2	$52^{\circ}$ , С	12	1	20	31	29	20	14	-19
8	Кабинет	3,3	5	1,8	$52^{\circ}$ , СВ	2	1	18	32	29	22	16	-19
9	Аудитория	3	13	2,2	$52^{\circ}$ , В	7	1	19	28	24	20	15	-18
10	Зал заседаний	3,6	38	7,2	$52^{\circ}$ , ЮВ	32	1	15	29	26	20	13	-19
11	Проектное бюро	3	16	3	$52^{\circ}$ , Ю	8	1	16	28	26	20	15	-16
12	Кабинет	3,2	6	1,4	$52^{\circ}$ , ЮЗ	2	1	18	26	24	20	14	-19
13	Аудитория	3,1	14	2,8	$48^{\circ}$ , С	8	1	17	27	25	21	16	-20
14	Зал заседаний	3,5	35	8,5	$48^{\circ}$ , СВ	28	1	19	29	27	20	16	-21
15	Проектное бюро	3	15	4	$48^{\circ}$ , В	10	1	20	30	28	20	16	-19
16	Кабинет	3,2	7	2	$48^{\circ}$ , ЮВ	2	1	18	28	25	20	14	-20
17	Аудитория	3	15	4,6	$48^{\circ}$ , Ю	6	1	16	25	23	21	15	-18
18	Зал заседаний	3,5	44	9,4	$48^{\circ}$ , ЮЗ	35	1	18	27	25	22	16	-19
19	Проектное бюро	3	20	6	$44^{\circ}$ , С	11	1	17	26	24	20	16	-21
20	Кабинет	3,3	4	1,4	$44^{\circ}$ , СВ	1	1	18	28	26	20	16	-20
21	Аудитория	3	16	2,6	$44^{\circ}$ , В	8	1	16	26	24	20	15	-17
22	Зал заседаний	3,6	36	8,4	$44^{\circ}$ , ЮВ	26	1	20	28	26	22	14	-19
23	Проектное бюро	2,8	23	5,6	$44^{\circ}$ , Ю	14	1	17	27	25	20	16	-20
24	Кабинет	3,2	4,5	1,2	$44^{\circ}$ , ЮЗ	1		18	26	24	20	16	-21
25	Аудитория	3	17	3,2	$40^{\circ}$ , С	9		16	24	22	20	15	-22
26	Зал заседаний	3,5	48	9,4	$40^{\circ}$ , СВ	35		17	25	23	21	16	-18
27	Проектное бюро	3	25	6,2	$40^{\circ}$ , В	15		18	27	25	20	16	-19
28	Кабинет	3,2	5	1,6	$40^{\circ}$ , ЮВ	2		19	25	23	22	17	-20
29	Аудитория	3,1	16	8	$40^{\circ}$ , Ю	10		20	28	26	20	16	-19
30	Зал заседаний	3	36	12	$40^{\circ}$ , ЮЗ	30		18	26	24	20	16	-18

