ГОССТРОЙ СССР
ГЛАВСТРОЙПРОЕКТ

СОЮЗСАНТЕХПРОЕКТ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ
САНТЕХПРОЕКТ

Р Е К О М Е Н Д А Ц И И

ПО РАСЧЕТУ АЭРАЦИИ И СМЕШАННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

АЗ - 901

Москва 1984

gost.e-ecolog.ru

© Государственный проектный институт
Сантехпроект Главстройпроекта
Госстроя СССР (ГПИ Сантехпроект), 1984

Рекомендации разработаны ГПИ Сантехпроект на основе обобщения теоретических и экспериментальных исследований по аэрации, проведенных лабораториями институтов ЦНИИпромзданий, ВЦНИИОТ и ВНИИОТ (г. Тбилиси).

С введением в действие настоящих Рекомендаций утрачивают силу " Временные рекомендации по расчету аэрации промышленных зданий " серии АЗ-596, М., 1979 г.

Все замечания и предложения по Рекомендациям просим направлять в ГПИ Сантехпроект по адресу: 105203, Москва, Нижне-Первомайская ул., д.46.

Научный консультант - д-р техн.наук В.Н. Талиев (МТИ им.А.Н.Косыгина).

Рекомендации составил инж. Л.Ф. Моор.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
I. Общая часть	4
2. Исходные данные для расчета	10
3. Определяемые величины	13
4. Расчет аэрации однопролетных зданий	14
5. Расчет аэрации многопролетных зданий	23
6. Расчет аэрации многоэтажных зданий	25
7. Расчет аэрации зданий с теплогазовыделениями	28
8. Решение обратной задачи расчета аэрации	29
9. Расчет смешанной вентиляции	30
I0. Примеры	37
Приложение I. Характеристики приточных и вытяжных аэрационных проемов	57
Приложение 2. Определение расчетных тепловых нагрузок в условиях нестационарных тепловыделений	60
Приложение 3. Определение площадей аэрационных проемов с использованием эквивалентных площадей	70

I. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

I.I. Рекомендации по расчету аэрации и смешанной вентиляции разработаны в развитие СНиП II-33-75^{X} "Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха" и в дополнение к "Рекомендациям по выбору и расчету систем воздухораспределения" серии А3-669.

I.2. Аэрация - организованная регулируемая естественная вентиляция помещений. При аэрации воздухообмен в помещении осуществляется под действием теплового или совместного действия теплового и ветрового давлений, что по сравнению с механической вентиляцией дает экономию энергии и капитальных затрат.

I.3. Аэрацию следует применять в тех случаях, когда она обеспечивает нормируемые ГОСТом I2.I.005-76 и СН 245-7I условия воздушной среды в рабочей зоне помещений и допустима по технологическим условиям.

При аэрации воздух в помещения поступает без очистки, поэтому применять ее можно только в тех случаях, когда концентрация вредных выделений (пыль, газы) в наружном воздухе менее 0,3 ПДК для рабочих помещений.

I.4. Поступление приточного воздуха в аэрируемое помещение должно предусматриваться с учетом требований пп.4.75 и 4.80 СНиП II-33-75^{X}:

а) в теплый период года непосредственно в рабочую зону через проемы на уровне 0,3-I,8 м от пола до низа проема;

б) в холодный и переходный периоды года через проемы на высоте (0,5÷0,7) Н, но не ниже 4 м от пола до низа проема;

в) глубину зоны действия аэрации допускается принимать не более 30 м от приточных аэрационных проемов.

I.5. Приточные аэрационные проемы следует размещать в обеих продольных стенах в местах, наиболее близких к источникам тепла. Если источники тепла расположены

в непосредственной близости от одной из стен, то приточные проемы в этой стене должны размещаться в разрывах между источниками.

I.6. В целях обеспечения необходимой площади приточных проемов наружные продольные стены должны быть максимально свободны от пристроек. В цехах со значительными выделениями тепла для подачи приточного воздуха следует использовать проемы транспортных ворот, проектировать аэрационные ворота, подъемные и раздвижные стены.

I.7. В цехах, имеющих три пролета и более, один из которых "холодный" (удельная теплонапряженность до 5 Дж/(с.м3), допускается приток воздуха через этот пролет, если концентрация вредных выделений на кровле над ним не превышает 0,3 ПДК. Расстояние между створками приточного и ближайшего вытяжного фонаря следует принимать не менее I0 м. При этом вдоль линии раздела пролетов рекомендуется применять свешивающиеся легкие перегородки, не доходящие до пола на 2–3 м.

I.8. Оборудование, выделяющее тепло, должно располагаться с учетом возможности проветривания проходов между ним. Рабочие места при этом следует располагать со стороны приточных проемов. Расстояние между указанным оборудованием по фронту распространения приточного воздуха должно быть более размера источника тепла (по фронту).

I.9. В сблокированных зданиях участки с повышенными тепловыделениями для лучшего проветривания следует размещать в крайних пролетах. В многоэтажных зданиях размещение оборудования, выделяющего тепло и вредные вещества, следует предусматривать в верхних этажах.

I.I0. Удаление воздуха из аэрируемого помещения необходимо предусматривать через незадуваемые аэрационные фонари, а также через шахты круглого, квадратного или прямоугольного сечений, снабженные устройствами, которые предотвращают задувание шахт ветром (дефлекторные

насадки, ветрозащитные панели) или крышные вентиляторы.

I.II. Как правило, вытяжные аэрационные фонари должны применяться при равномерном расположении оборудования, выделяющего тепло, а шахты - при сосредоточенном. Шахты следует размещать непосредственно над этим оборудованием, учитывая его формы и габариты.

I.I2. Приточные и вытяжные проемы должны быть оборудованы механизмами для открывания створок с применением в необходимых случаях автоматического дистанционного управления. Доступ к механизмам должен быть удобным и безопасным.

I.I3. Для обеспечения лучшего режима работы аэрации необходимо:

провести анализ расположения выделяющего тепло технологического оборудования и расположения рабочих мест, в случае необходимости по согласованию с технологами провести перестановку оборудования;

установить возможность проведения мероприятий по снижению поступлений тепла в рабочую зону.

I.I4. Расчет аэрации следует производить для теплого, холодного и переходного периодов года.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ, ПРИНЯТЫЕ В РАБОТЕ

a, $в$ – размеры сторон источника тепла в плане, м;

a' – расстояние между источниками тепла по ходу распространения приточного воздуха, м;

Ar_a – критерий Архимеда;

c – высота источника тепла, м;

d – диаметр источника тепла круглой формы в плане, м;

$d_э$ – эквивалентный диаметр источника тепла, м;

$\Sigma f_{уст}$ – суммарная площадь проекций верхних граней источников тепла, м2;

F – площадь аэрационных проемов, м2;

$F_{выт}$ – площадь вытяжных аэрационных проемов, м2;

F_o – площадь приточного отверстия, м2;

$F_{пола}$ – площадь пола помещения, м2;

$F_{пр}$ – площадь приточных аэрационных проемов, м2;

$F_э$ – эквивалентная площадь проема или группы проемов, м2;

G_a – расход аэрационного воздуха, кг/ч;

$G_г$ – расход воздуха, обеспечивающий снижение концентрации газов в рабочей зоне до ПДК, кг/ч;

$G_м$ – расход воздуха, удаляемого механической вытяжной вентиляцией от местных отсосов, кг/ч;

$G_{мех}$ – расход воздуха, подаваемого механической вентиляцией, кг/ч;

$G_{стр}$ – расход воздуха в тепловой струе, кг/ч;

$G_{тр}$ – требуемый расход воздуха, обеспечивающий нормируемую избыточную температуру воздуха в рабочей зоне, кг/ч;

h – расстояние между центрами приточных и вытяжных проемов по вертикали, м;

h' – высота расположения приточного отверстия над уровнем пола помещения, м;

$h_{рз}$ – расстояние от пола до верхнего уровня рабо-

чей зоны, м;

H – высота помещения от пола до центра вытяжных проемов, м;

$K_{п.р}$ – коэффициент полюсного расстояния;

ℓ – полуширина приточного отверстия, м;

ПДК – предельно-допустимые концентрации вредных газов в воздухе рабочей зоны, мг/м3;

$\Delta P_{выт}$; $\Delta P_{пр}$ – потери давления на проход воздуха через вытяжные и приточные проемы, Па;

$\Delta P_{т}$ – располагаемое тепловое давление в помещении, Па;

$r_{э}$ – эквивалентный радиус приточного отверстия, м;

$t_{в}$ – температура воздуха помещения, °С;

$t_{мин}$ – минимальная температура воздуха в приточной струе на уровне рабочей зоны, °С;

$t_{н}$ – температура наружного воздуха, °С;

$t_{пов}$ – температура поверхности источника тепла, °С;

$t_{пр}$ – температура приточного воздуха, поступающего в помещение, °С;

$t_{р.з}$ – температура воздуха в рабочей зоне, °С;

$t_{р.з.макс}$ – максимально допустимая табл.2 ГОСТа 12.1.005-76 температура воздуха в рабочей зоне, °С;

$t_{ух}$ – температура воздуха, уходящего из верхней зоны помещения, °С;

$\Delta t_{доп}$ – допустимая табл.3 ГОСТа 12.1.005-76 разность температур воздуха в рабочей зоне и наружного, °С;

$\Delta t_{р.з}$ – избыточная температура воздуха в рабочей зоне помещения, °С;

$\Sigma \Delta t_{р.з}$ – сумма значений избыточных температур в рабочей зоне пролетов, где температура при действии одной аэрации выше допустимой, °С;

$\Delta t_{р.з.макс}$ – допустимая табл.2 ГОСТа 12.1.005-76 максимальная разность температур воздуха в рабочей зоне и наружного, °С;

$\Delta t_{стр}$ – избыточная температура воздуха в тепловой струе, °С;

$\Delta t_{ух}$ – избыточная температура воздуха, уходящего из верхней зоны помещения, °С;

$T_в$ – абсолютная температура воздуха помещения,

$$T_в = 273 + t_в ;$$

$T_н$ – абсолютная температура наружного воздуха,

$$T_н = 273 + t_н ;$$

n – коэффициент, учитывающий влияние избытков тепла в крайнем пролете на величину естественного воздухообмена в здании;

$n_{выт}(n_{пр})$ – отношение потерь давления на проход воздуха через вытяжные (приточные) проемы к располагаемому тепловому давлению в помещении;

N – число пролетов в здании;

$Q_{ист}$ – тепловыделения от источника тепла, Вт;

$Q_к$ – конвективные тепловыделения от источника тепла Вт;

$Q_{стр}$ – количество конвективного тепла в струе, образующейся над источником тепла, Вт,

$$Q_{стр} = Q_к ;$$

$Q_я$ – избытки явного тепла в помещении, Вт;

x – расстояние по горизонтали от наружной стены до места пересечения оси приточной струи с верхним уровнем рабочей зоны, м;

$\bar{x}$ – относительное расстояние, $\bar{x} = \frac{x}{\ell}$;

y – расстояние по вертикали от центра приточного отверстия до верхнего уровня рабочей зоны, м;

$\bar{y}$ – относительная высота, $\bar{y} = \frac{y}{\ell}$;

z – газовыделения в помещении, кг/ч;

$z_в$ – расстояние от верха источника тепла до середины вытяжных проемов, м;

$z_п$ – расстояние от полюса струи до верха источника тепла, м;

$z_{пр}$ – концентрация газов в приточном воздухе, мг/м3;

ζ – коэффициент местного сопротивления аэрационного проема;

μ – коэффициент расхода аэрационного проема;

$(\mu F)_{выт}$ – эквивалентная площадь вытяжных проемов, м2;

$(\mu F)_м$ – эквивалентная площадь монтажных и технологических проемов в межэтажных перекрытиях, м2;

$(\mu F)_{пр}$ – эквивалентная площадь приточных проемов, м2;

$\rho_в$ – плотность воздуха помещения, кг/м3;

$\rho_н$ – плотность наружного воздуха, кг/м3;

$\rho_{ух}$ – плотность уходящего воздуха, кг/м3;

ε – степень черноты поверхности источника тепла.

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА

2.I. Для расчета аэрации необходимы следующие исходные данные:

а) размеры здания и помещений (длина, ширина, высота);

б) характеристики всех видов проемов для подачи и удаления воздуха (окна, фонари, ворота и т.д.) и их коэффициенты расхода (см.приложение I);

в) расположение оборудования, выделяющего тепло, и его размеры (рис.I), а также расположение выделяющих тепло изделий в виде полуфабрикатов или готовой продукции;

г) тепловыделения от каждого источника тепла $Q_{ист}$;

д) конвективные тепловыделения от каждого источника тепла Qк.

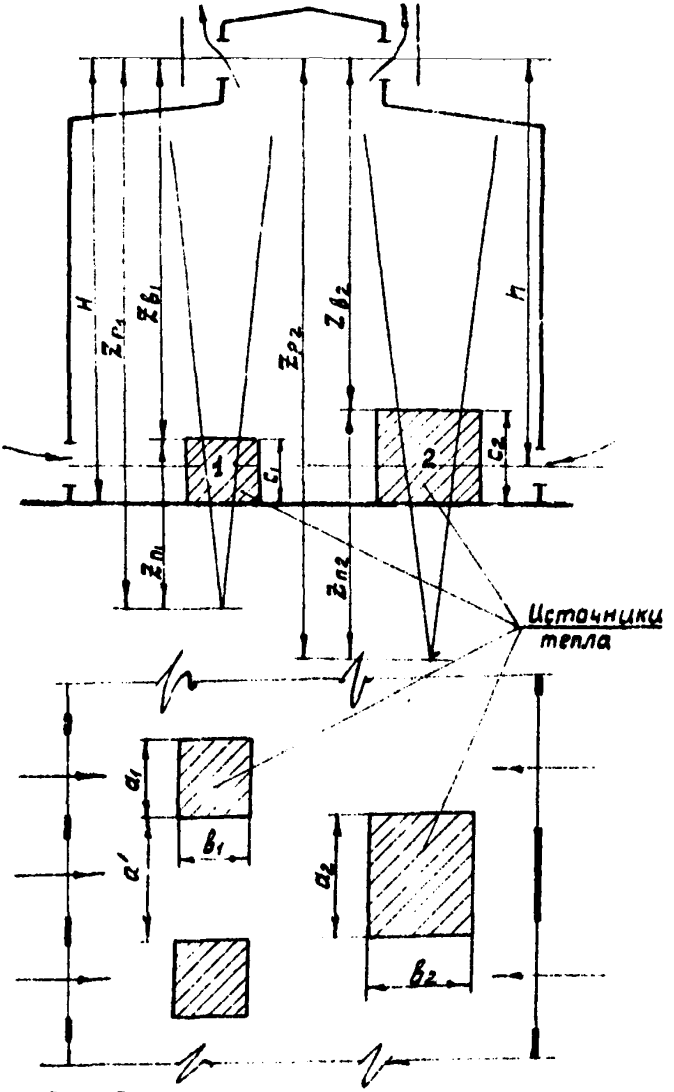


Рис. I. Схема аэрации одноэтажного здания в теплый период года

Примечание. Величины конвективных тепловыделений принимаются по технологическим данным. При отсутствии технологических данных отношение конвективного тепла к общим тепловыделениям источника определяется по табл.I. При температуре поверхности источника тепла до 250°С ориентировочно можно считать, что $Q_к = 0,5\ Q_{ист}$

Таблица I

ε	Значение $Q_к/Q_{ист}$ при $t_{пов}$, °С										
	40	50	60	100	150	200	300	500	800	1000	1200
0,8	0,42	0,44	0,45	0,48	0,45	0,4	0,32	0,2	0,1	0,07	0,04
0,5	0,52	0,55	0,53	0,59	0,56	0,51	0,42	0,29	0,14	0,1	0,06
0,2	0,73	0,76	0,77	0,78	0,76	0,73	0,65	0,5	0,3	0,2	0,14

е) избыточные тепловыделения в помещении $Q_я$. Метод определения расчетных тепловых нагрузок при наличии нестационарных тепловыделений приведен в приложении 2;

ж) температура воздуха в рабочей зоне $t_{р.з}$ в соответствии с требованиями ГОСТа 12.1.005-76;

з) температура наружного приточного воздуха $t_н$ по параметрам А (согласно СНиП II-33-75*).

Примечание. В многопролетных зданиях с чередующимися "горячими" и "холодными" пролетами температуру воздуха, поступающего через фрамуги фонарей "холодных" пролетов, следует принимать выше расчетной температуры $t_н$ в зависимости от величины избытков явного тепла горячих проле-

тов, а именно: при удельной теплонапряженности до 50 Дж/(с.м3) на I°С, от 50 до 85 Дж/(с.м3) – на I,5 °С, от 85 до I40 Дж/(с.м3) – на 2°С, более I40 Дж/(с.м3) – на 2,5°С.

2.2. При расчете аэрации по количеству выделяющихся газов необходимо иметь дополнительно:

количество выделений газов в помещении Z (по технологическим данным или натурным исследованиям);

величины предельно допустимых концентраций вредных газов в воздухе рабочей зоны помещения (согласно ГОСТу I2.I.005-76).

3. ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ ВЕЛИЧИНЫ

3.I. Расчет аэрации производится с целью обеспечения нормируемой температуры воздуха в рабочей зоне помещения. При этом следует обеспечивать ПДК выделений газов в воздухе рабочей зоны.

3.2. Расчет аэрации ведется только с учетом теплового давления для теплого, холодного и переходного периодов года и складывается из определения:

избыточной температуры воздуха в рабочей зоне помещения

$$\Delta t_{р.з} = t_{р.з} - t_{пр}, \qquad (I)$$

При поступлении воздуха снаружи $t_{пр} = t_{н}$;

избыточной температуры воздуха, уходящего из верхней зоны

$$\Delta t_{ух} = t_{ух} - t_{пр} ; \qquad (2)$$

расхода аэрационного воздуха, требуемого для ассимиляции теплоизбытков в помещении, $G_{а}$.

Примечание. При выделениях газов дополнительно определяется расход воздуха, обеспечивающий снижение концентрации газов в рабочей зоне до ПДК;

площади приточных и вытяжных аэрационных проемов.

4. РАСЧЕТ АЭРАЦИИ ОДНОПРОЛЕТНЫХ ЗДАНИЙ

4.I. Последовательность расчета сводится к определению:

а) коэффициента полюсного расстояния для всех тепловых струй

$$K_{п.р} = I,6 \sqrt[3]{\frac{F_{пола}}{\Sigma f_{ист}}}. \qquad (3)$$

Формула применима при $\frac{\Sigma f_{ист}}{F_{пола}} \leqslant 0,5$;

б) расчетного расстояния от полюса каждой тепловой струи до середины вытяжных аэрационных проемов (см.рис.I)

$$z_р = z_в + z_п = z_в + K_{п.р} \cdot d_э. \qquad (4)$$

Для источников тепла круглой формы $d_э = d$.

Для прямоугольного источника с соотношением сторон не более I:3

$$d_э = \frac{2a \times в}{a + в}.$$

Источник тепла с большим соотношением сторон делится на минимальное количество равных частей с соотношением сторон каждой части в пределах I:3;

в) количества конвективного тепла в струе от каждого источника тепла

$$Q_{стр} = Q_к ;$$

г) избыточной температуры воздуха в каждой тепловой струе $\Delta t_{стр} = t_{стр} - t_{р.з}$ на высоте $z_р$ по формуле

$$\Delta t_{стр} = 0,7 \sqrt[3]{\frac{Q^2_{стр}}{z_р \delta}} \qquad (5)$$

или по номограмме (рис.2);

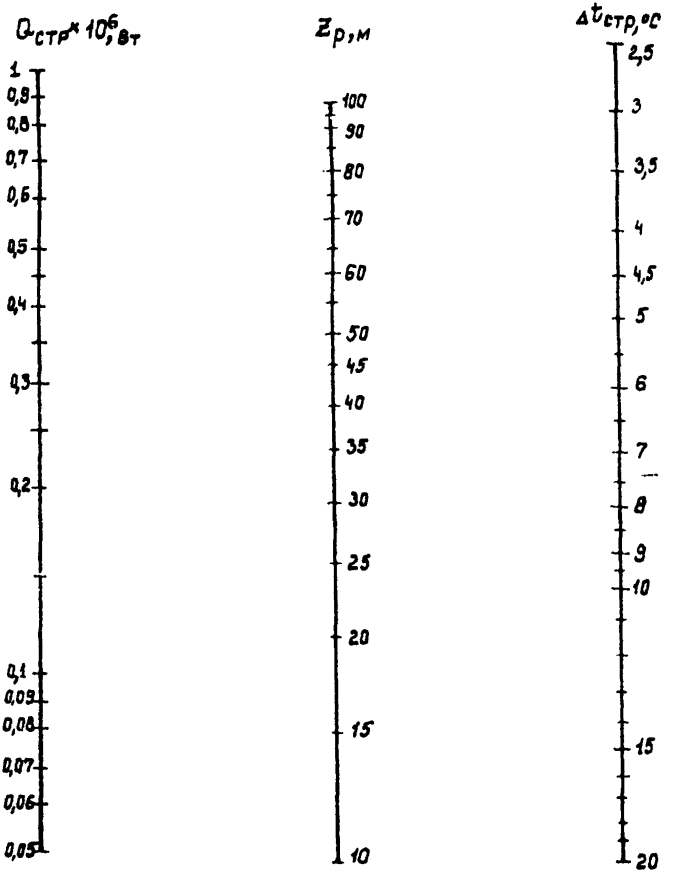


Рис.2. Номограмма для определения избыточной температуры тепловой струи

д) расхода воздуха в каждой тепловой струе

$$G_{стр} = \frac{3,6\ Q_{стр}}{\Delta t_{стр}} \quad ; \qquad (6)$$

е) суммарного расхода воздуха в тепловых струях

$$\Sigma G_{стр} = G_{стр_I} + G_{стр_2} + \ldots \quad ; \qquad (7)$$

ж) избыточной температуры уходящего воздуха

$$\Delta t_{ух} = \Delta t_{р.з} + \Delta t_{стр} \cdot \qquad (8)$$

Примечания: I. Значение $\Delta t_{р.з} = \Delta t_{доп}$ принимается при однорядном расположении источников тепла и относительном расстоянии между ними по фронту распространения приточной струи

$\frac{a^I}{a} > I.$

При $\frac{a^I}{a} < I$ подачу воздуха следует осуществлять с двух продольных сторон здания. При многорядном расположении источников тепла $\Delta t_{р.з}$ определяется как для многопролетных зданий с числом пролетов, равным числу рядов оборудования (см. раздел 5).

2. При наличии источников тепла с различной геометрической и тепловой характеристикой средняя избыточная температура тепловых струй определяется по формуле

$$\Delta t_{стр.ср} = \frac{\Delta t_{стр_I} \cdot G_{стр_I} + \Delta t_{стр_2} \cdot G_{стр_2} + \ldots}{\Sigma G_{стр}} \quad ; \qquad (9)$$

з) расхода воздуха, требуемого для ассимиляции избытков явного тепла

$$G_a = \frac{3,6\ Q_я}{\Delta t_{ух}} \qquad (10)$$

и проверке условия $G_a \leq \Sigma G_{стр}$. Если $G_a > \Sigma G_{стр}$, то для обеспечения требуемой величины $\Delta t_{р.з}$ следует дополнительно применять механическую вентиляцию, обеспечивающую разность расходов воздуха

$$G_{мех} = G_a - \Sigma G_{стр}.$$

Особенности расчета смешанной вентиляции приведены в разделе 9 и приложении 3:

и) располагаемого теплового давления в помещении

$$\Delta P_т = 9{,}8\,(\rho_н - \rho_в), \qquad (II)$$

где плотность воздуха помещения $\rho_в$ определяется по среднеарифметической температуре воздуха в рабочей зоне и уходящего

$$t_в = 0{,}5\,(t_{р.з} + t_{ух}),$$

$$\rho = \frac{353}{273 + t};$$

к) площади аэрационных проемов:

приточных $$F_{пр} = \frac{G_a}{3600\,\mu_{пр}\sqrt{2\rho_н \cdot \Delta P_{пр}}}; \qquad (I2)$$

вытяжных $$F_{выт} = \frac{G_a}{3600\,\mu_{выт}\sqrt{2\rho_{ух} \cdot \Delta P_{выт}}}; \qquad (I3)$$

Коэффициенты расхода приточных и вытяжных проемов приведены в приложении I.

Примечание. Расчет аэрации следует проводить при условии $\Delta P_{пр} = \Delta P_{выт} = 0{,}5\,\Delta P_т$ или

$$(\mu F)_{пр} = (\mu F)_{выт}.$$

Допускается (при сохранении расчетного воздухообмена) принимать потери давления на проход воздуха через

вытяжные отверстия $\Delta P_{выт} = (0,5 + 0,9)\ \Delta P_т$, через приточные проемы $-\Delta P_{пр} = (0,5 + 0,1)\cdot \Delta P_т$.

Определение площадей аэрационных проемов ориентировочно можно производить по формулам приложения 3.

4.2. Расчет для холодного и переходного периодов года проводится с учетом требований п.1.4б и, помимо определения требуемой площади аэрационных проемов согласно п.4.1, сводится к определению высоты расположения приточного отверстия h^I (рис.3), исходя из допустимой разницы температур $t_{р.з.макс} - t_{мин} = 6^oC$, согласно табл.2 ГОСТа 12.1.005-76

$$h^I = \frac{K \cdot H\,[2t_{пр} - t_{р.з.макс} + t_{ух})]}{2\,t_{мин} - (t_{р.з.макс} + t_{ух})}, \qquad (14)$$

где $t_{мин}$ принимается по табл. 2 ГОСТа 12.005-76.

Для круглой струи (соотношения $\ell : z_э$ менее 1:15, где $z_э = 0,565\ \sqrt{F_0}$)

$$K = 0,1 .$$

Для плоской струи (соотношение $\ell : z_э$ более 1:15)

$$K = 0,15.$$

Если в результате расчета получено $h^I < 0,5$ Н, то приточные проемы следует располагать на высоте 0,5 Н.

Если в результате расчета $h^I = (0,5 \div 0,7)$ Н, то обеспечивается допустимая разность температур воздуха в рабочей зоне.

Если в результате расчета получено $h^I > 0,7$ Н, то нормируемые табл.2 ГОСТа 12.1.006-75 температуры воздуха будут обеспечиваться на расстоянии $X > 2$ м от места входа приточной струи в рабочую зону (см.рис.3).

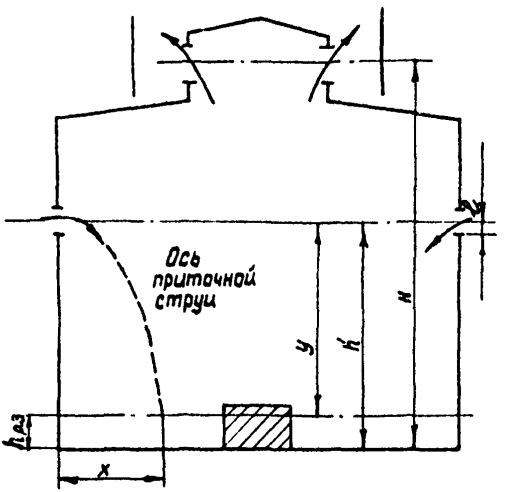


Рис. 3. Схема аэрации однопролетного здания в холодный и переходный периоды года

Для определения расстояния от наружной стены помещения до места входа приточной струи в рабочую зону последовательно находят:

критерий Архимеда

$$Ar_a = \frac{0,5\, g l \rho_н (t_н - t_в)}{\mu_{пр}^2 \cdot \Delta P_{пр} \cdot T_в}; \qquad (15)$$

относительную высоту поступления приточной струи

$$\bar{y} = \frac{h^I - h_{р.з}}{l}; \qquad (16)$$

относительное расстояние для круглой струи

$$\bar{X} = \frac{\bar{y}^{I/3}}{0,463\, Ar_a^{I/3} \left(\frac{T_н}{T_в}\right)^{I/6}} \qquad (17)$$

или по номограмме (рис.4)

для плоской струи

$$\bar{X} = \frac{\bar{y}^{2/5}}{0,9I4\, Ar_a^{2/5} \left(\frac{T_н}{T_в}\right)^{I/5}}, \qquad (18)$$

или по номограмме (рис.5);

расстояние от наружной стены до места входа струи в рабочую зону

$$X = \bar{X} \cdot l. \qquad (19)$$

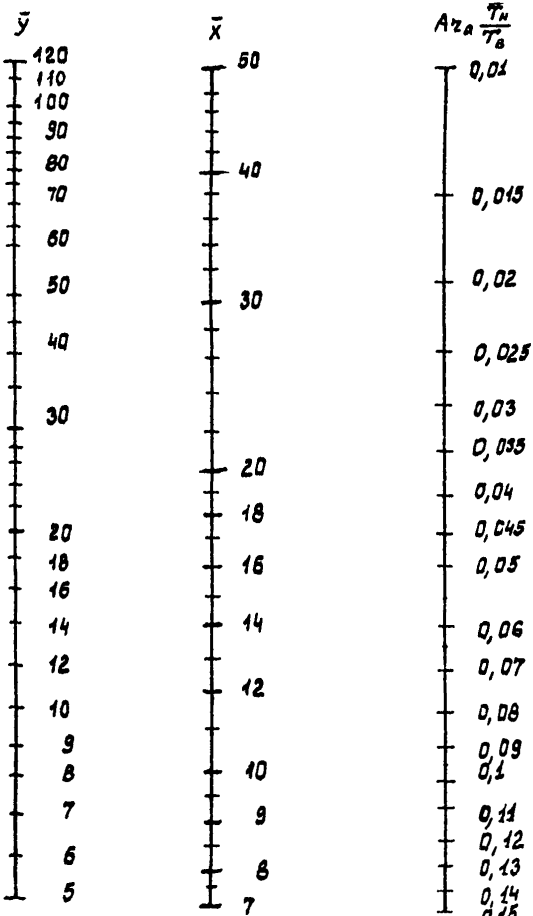


Рис.4 Номограмма для определения относительного расстояния $\bar{X}$ для круглой струи

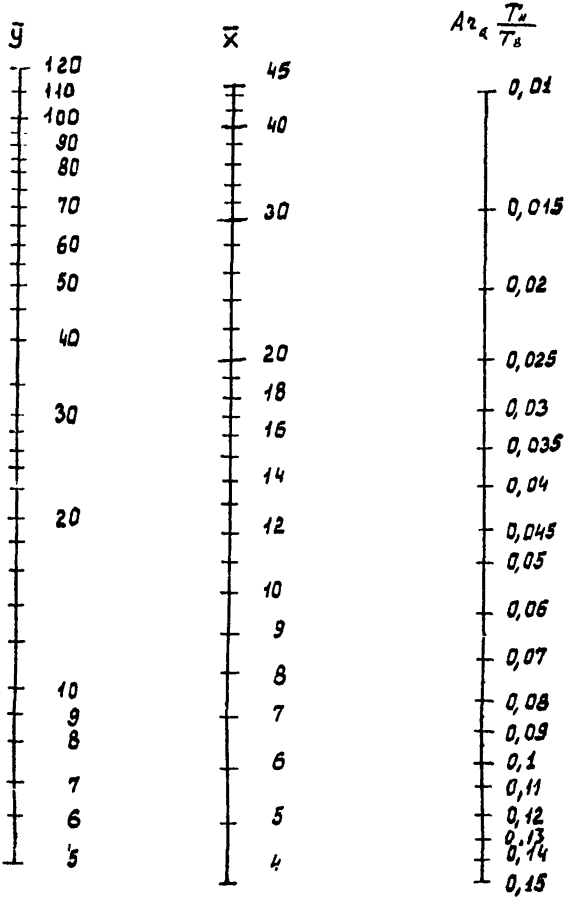


Рис.5. Номограмма для определения относительного расстояния $\bar{X}$ для плоской струи

5. РАСЧЕТ АЭРАЦИИ МНОГОПРОЛЕТНЫХ ЗДАНИЙ

5.I. При аэрации многопролетных зданий (рис.6) наружный воздух поступает в основном через приточные проемы в наружной продольной стене первого пролета, проходит через последующие пролеты и удаляется через фонари или шахты, размещаемые в каждом вентилируемом пролете.

5.2. Последовательность расчета сводится к вычислению:

а) коэффициента полюсного расстояния для тепловых струй каждого пролета по формуле (3);

б) расстояния от полюса каждой тепловой струи до середины вытяжных отверстий по формуле (4);

в) избыточной температуры в каждой тепловой струе по формуле (5);

г) средней избыточной температуры для тепловых струй рассчитываемого пролета по формуле (9);

д) избыточной температуры воздуха в рабочей зоне каждого пролета

$$\Delta t_{р.з.п} = \Delta t_{доп} \sqrt[3]{\left(\frac{Q_{я.1} + \ldots + Q_{я.п}}{\Sigma Q_{я}}\right)^2}, \qquad (20)$$

где при поступлении аэрационного воздуха через проемы, расположенные в одной из продольных стен здания, при расчете принимаются общие теплоизбытки $\Sigma Q_{я}$, а при подаче воздуха с двух сторон здания в формуле (20) принимается величина теплоизбытков, равная $0{,}5\,\Sigma Q_{я}$, и расчет проводится для каждой половины здания в отдельности;

е) избыточной температуры уходящего воздуха для каждого пролета по формуле

$$\Delta t_{ух.п} = \Delta t_{стр.ср.п} + \Delta t_{р.з.п}\,; \qquad (2I)$$

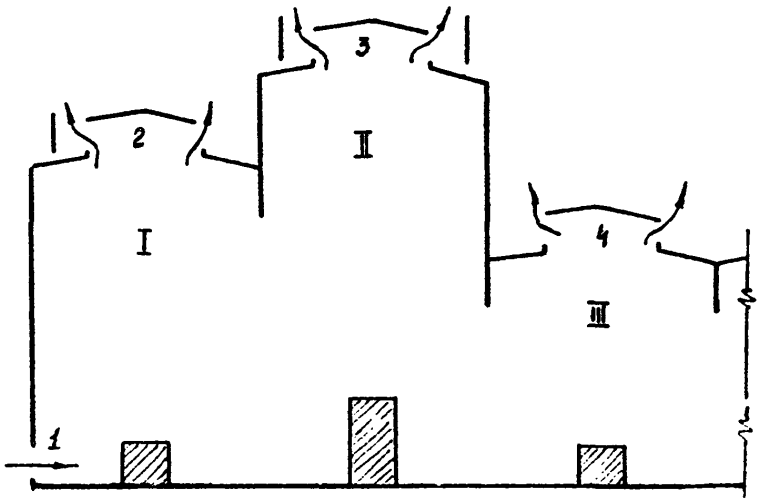


Рис. 6. Схема аэрации многопролетного здания

ж) расхода воздуха, удаляемого из каждого пролета по формуле

$$G_{a_n} = \frac{3.6 Q_{я_n}}{t_{ух_n} - t_н} \cdot \qquad (22)$$

Для каждого пролета проверяется условие $G_a \leq \Sigma G_{стр}$, где $G_{стр}$ рассчитывается по формуле (6) и если $G_a > \Sigma G_{стр}$, то следует дополнительно применять механическую вентиляцию, обеспечивающую разность расходов воздуха

$$G_{мех} = G_a - \Sigma G_{стр}.$$

Особенности определения площадей аэрационных проемов при смешанной вентиляции приведены в разделе 9 и в приложении 3;

з) располагаемого теплового давления в каждом пролете по формуле (II);

и) площади вытяжных аэрационных проемов для каждого пролета по формуле (I3) при $\Delta P_{выт} = 0{,}5\, \Delta P_т$;

к) площади приточных проемов для всего многопролетного здания

$$F_{пр} = \frac{(\mu F)_{выт_I} + (\mu F)_{выт_2} + \ldots + (\mu F)_{выт_n}}{\mu_{пр}}. \qquad (23)$$

6. РАСЧЕТ АЭРАЦИИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

6.I. При аэрации многоэтажных зданий (рис.7) наружный воздух поступает в каждый этаж через проемы в наружных стенах (проемы I,3 и 5), а отработанный проходит через проемы в межэтажных перекрытиях в вышележащие этажи (проемы 2 и 4) и удаляется наружу через фонарь (проем 6).

6.2. Последовательность расчета сводится к определению:

а) избыточной температуры в тепловых струях и уходящего воздуха для каждого этажа по формулам (3), (4), (5), (9) и (8).

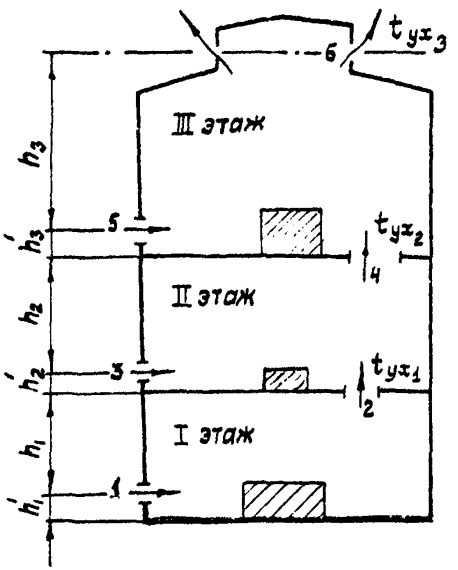


Рис. 7. Схема аэрации многоэтажного здания

Примечание. Если в вышележащем этаже источники тепла отсутствуют, то температура уходящего воздуха в нем определяется по нормируемой температуре в рабочей зоне и температуре в тепловой струе, возникающей над источником тепла, в расположенном ниже этаже;

б) воздухообмена первого этажа по формуле (10);

в) воздухообмена второго этажа

$$G_3 = \frac{3{,}6Q_{я_2} \pm G_1(t_{ух_I} - t_{ух_2})}{t_{ух_2} - t_н}, \qquad (24)$$

где знак "плюс" берется при $t_{ух_I} > t_{ух_2}$ и "минус", если $t_{ух_I} < t_{ух_2}$;

г) воздухообмена третьего этажа по формуле

$$G_5 = \frac{3{,}6Q_{я_3} \pm G_3(t_{ух_2} - t_{ух_3})}{t_{ух_3} - t_н}; \qquad (25)$$

д) теплового баланса для всего многоэтажного здания для проверки правильности принятого решения

$$Q_{я_1} + Q_{я_2} + Q_{я_3} = \frac{(t_{ух_3} - t_н)\cdot(G_1 + G_3 + G_5)}{3{,}6}; \qquad (26)$$

е) теплового давления, возникающего на каждом этаже, начиная с первого

$$\Delta P_{1,2,4,6} = 9{,}8[h_1(\rho_н - \rho_{в1}) + (h_2' + h_2)\cdot(\rho_н - \rho_{в2}) + (h_3' + h_3)\cdot(\rho_н - \rho_{в3})]; \qquad (27)$$

$$\Delta P_{3,4,6} = 9{,}8[h_2(\rho_н - \rho_{в2}) + (h_3' + h_3)\cdot(\rho_н - \rho_{в3})]; \qquad (28)$$

$$\Delta P_{5,6} = 9{,}8\, h_3(\rho_н - \rho_{в3}); \qquad (29)$$

ж) площади аэрационных проемов по формулам (I2) и (I3), начиная с верхнего этажа.

6.3. Когда площади монтажных и технологических проемов в междуэтажных перекрытиях заданы, потери давления на проход воздуха через них определяются по формуле

$$\Delta P = \frac{1}{2\rho}\left[\frac{G_a}{3600\,(\mu F)_м}\right]^2. \qquad (30)$$

7. РАСЧЕТ АЭРАЦИИ ЗДАНИЙ С ТЕПЛОГАЗОВЫДЕЛЕНИЯМИ

При наличии выделений газов расход воздуха определяется по формуле

$$G_r = \frac{1{,}2\,Z}{K_z\,(ПДК - Z_{пр})}\,10^6. \qquad (31)$$

Здесь K_z – коэффициент воздухообмена, принимаемый в зависимости от плотности газа (табл.2).

Таблица 2

Плотность газа, кг/м3	0,6	I,2	I,8	2,4	3
Коэффициент K_z	I,I	0,85	0,7	0,65	0,6

Из величин расходов воздуха, полученных в разделах 4,5 или 6 и формуле (31) выбирается большая.

При $\Sigma G_{стр} > G_r > G_a$, величина $\Delta t_{ух}$ принимается равной

$$\Delta t_{ух} = \frac{3{,}6Q_я}{G_r}. \qquad (32)$$

Примечание. Если полученная величина $G_r > \Sigma G_{стр}$, то только аэрацией нельзя обеспечить снижение выделений газов в рабочей зоне до ПДК.

8. РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ РАСЧЕТА АЭРАЦИИ

8.1. Расчет состоит в определении температуры воздуха в рабочей зоне каждого пролета при заданных (имеющихся) приточных и вытяжных аэрационных проемах.

8.2. Последовательность расчета сводится к определению:

а) средней избыточной температуры для всех тепловых струй многопролетного здания по формулам (3), (4), (5) и (9);

б) средней избыточной температуры уходящего воздуха для всего многопролетного здания

$$\Delta t_{ух_{ср}} = 0{,}03 \sqrt[3]{\frac{1}{n}\left(\frac{\Sigma Q_я}{\mu F}\right)^2}. \qquad (33)$$

Примечания: 1. Формула дана при $\mu F = (\mu F)_{пр} = (\mu F)_{выт}$

2. Величину $\Delta t_{ух_{ср}}$ следует принимать не менее $\Delta t_{ух_{мин}}$, определяемой по формуле

$$\Delta t_{ух\ мин} = \frac{3{,}6 Q_я}{\Sigma G_{стр}} \geqslant \Delta t_{стр.ср};$$

в) средней избыточной температуры в рабочей зоне всего многопролетного здания по формуле

$$\Delta t_{р.з.ср} = \Delta t_{ух.ср} - \Delta t_{стр.ср}; \qquad (34)$$

г) избыточной температуры в рабочей зоне каждого n-го пролета

$$\Delta t_{р.з.n} = 1{,}2N^{1/9}\Delta t_{р.з.ср}\sqrt[3]{\left(\frac{Q_{я_1} + \ldots + Q_{яn}}{\Sigma Q_{я}}\right)^2}. \quad (35)$$

9. РАСЧЕТ СМЕШАННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Теплый период года

9.1. Смешанная общеобменная вентиляция должна применяться в том случае, если в результате расчета аэрации окажется, что имеющаяся площадь аэрационных проемов меньше требуемой по расчету или суммарный расход воздуха в тепловых струях $\Sigma G_{стр}$ окажется меньше требуемого $G_{тр}$.

9.2. Если фактическая площадь аэрационных проемов меньше требуемой, полученной расчетом в разделе 5, то решается обратная задача расчета аэрации, то есть расчет сводится к определению:

средней избыточной температуры для всех тепловых струй по формулам (3), (4), (5) и (9);

средней избыточной температуры уходящего воздуха для всего многопролетного здания по формуле (33) при фактической площади приточных аэрационных проемов;

средней избыточной температуры воздуха в рабочей зоне для всего многопролетного здания по формуле (34);

избыточной температуры в рабочей зоне каждого пролета по формуле (35);

избыточной температуры уходящего воздуха в каждом пролете из условия обеспечения нормируемой температуры воздуха в рабочей зоне ($\Delta t_{р.з.} = \Delta t_{доп}$) по формуле (8);

требуемого воздухообмена $G_{тр}$, обеспечивающего нормируемую избыточную температуру воздуха в рабочей зо-

но $\Delta t_{доп}$ по формуле (10);

расходов воздуха для естественной вентиляции каждого пролета G_a при условии обеспечения $\Delta t_{р.з.}$, полученных ранее по формуле (35);

расходов воздуха, подаваемого механической вентиляцией $G_{мех}$ для каждого пролета по формуле

$$G_{мех} = G_{тр} - G_a ; \qquad (36)$$

требуемых площадей вытяжных аэрационных проемов для каждого пролета по формуле (13).

9.3. Если в пролетах суммарный расход воздуха в тепловых струях окажется меньше требуемого, то в эти пролеты следует дополнительно подавать приточный воздух (проектировать механическую приточную вентиляцию) в соответствии с п.5.2 к.

Располагаемое тепловое давление и площади вытяжных аэрационных проемов в каждом пролете определяются согласно пп.5.2з и 5.2и.

Площади приточных проемов для всего многопролетного здания рассчитываются по формуле

$$F_{пр} = (1 - \frac{G_{мех}}{G_a}) \cdot \frac{(\mu F)_{вытI} + \ldots + (\mu F)_{вытn}}{\mu_{пр}} . \qquad (37)$$

Холодный период года

9.4. В холодный (и переходный) период года в многопролетных зданиях следует применять: в крайних пролетах (до глубины 30 м) – естественный приток воздуха через проемы в продольных стенах крайних пролетов (рис.8), а в остальных пролетах – механический приток. В обоих случаях наружный воздух, подаваемый выше уровня рабочей зоны, нагревается за счет теплоизбытков в помещении.

Для холодного периода года расчет следует вести по характерным участкам помещения с учетом неравномерности

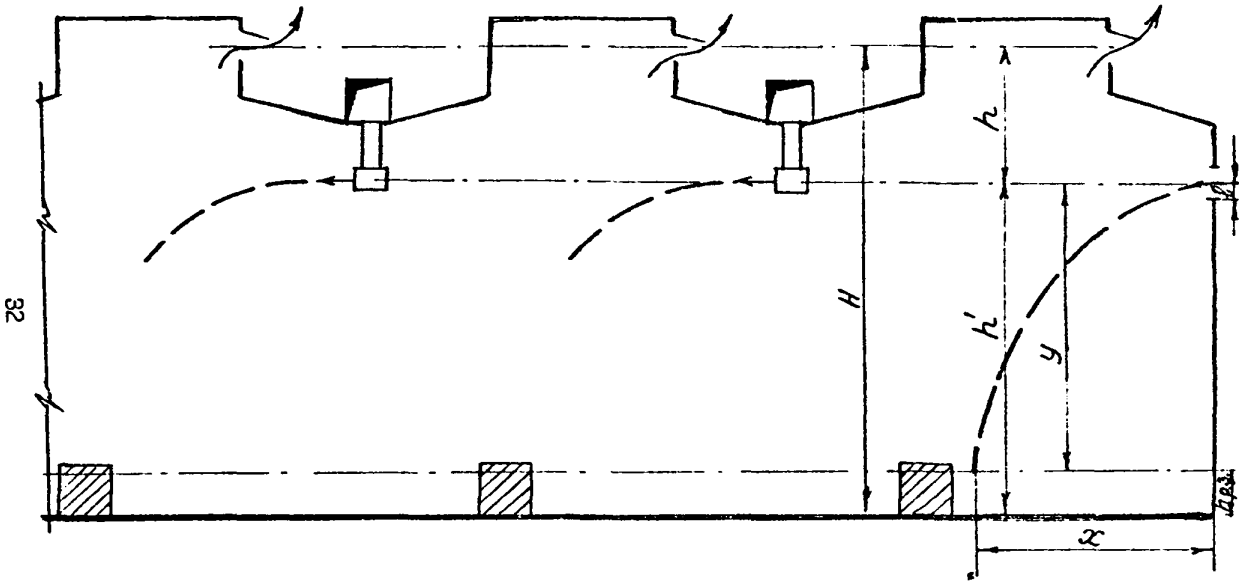


Рис.8. Схема смешанной общеобменной вентиляции многопролетного здания с тепловыделениями во всех пролетах

размещения оборудования, выделяющего тепло.

Расчет сводится к определению:

средней избыточной температуры для всех тепловых струй каждого пролета и всего многопролетного здания по формулам (3), (4), (5), (6) и(9);

избыточной температуры воздуха в рабочей зоне каждого пролета $\Delta t_{р.з.п}$ по формуле

$$\Delta t_{р.з.п} = \Delta t_{р.з.макс} \sqrt[3]{\left(\frac{Q_{я_I} + \ldots + Q_{я_п}}{Q_{я_I}} \right)^2} \quad . \qquad (38)$$

При поступлении аэрационного воздуха с двух сторон здания расчет проводится для каждой половины здания в отдельности;

средней избыточной температуры воздуха в рабочей зоне всего многопролетного здания (принимается по среднеарифметическому значению температур);

средней избыточной температуры уходящего воздуха по формуле (8);

естественного воздухообмена во всем многопролетном здании, обеспечивающего нормируемую температуру в рабочей зоне крайнего пролета, по формуле

$$G_а = \frac{3{,}6n \Sigma Q_я}{t_{ух_{ср}} - t_н} \quad , \qquad (39)$$

где коэффициент n в зависимости от теплоизбытков в крайнем пролете, находится по графику рис.9;

располагаемого теплового давления по формуле (II);

площади приточных аэрационных проемов в наружной стене крайнего пролета по формуле (I2);

высоты расположения приточных проемов по формуле (I4) и в соответствии с рекомендациями п.4.2;

расчетной избыточной температуры уходящего воздуха $\Delta t_{ух.расч}$ для всего многопролетного здания при норми-

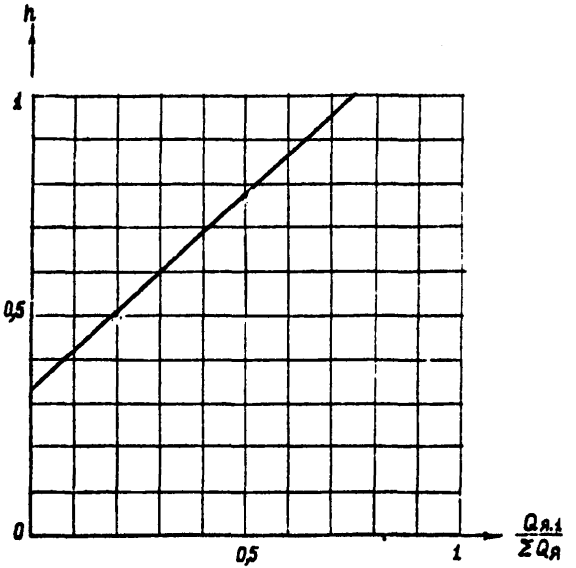


Рис. 9. Зависимость коэффициента n
от теплоизбытков в крайнем пролете

руемой температуре воздуха в рабочей зоне каждого пролета $\Delta t_{р.з} = \Delta t_{р.з.макс}$ по формуле (8);

требуемого воздухообмена $G_{тр}$, обеспечивающего нормируемую избыточную температуру в рабочей зоне по формуле (10);

расхода воздуха, подаваемого механической вентиляцией для всего многопролетного здания, по формуле (36);

расхода воздуха, подаваемого механической вентиляцией в каждый пролет, где избыточная температура в рабочей зоне при действии одной аэрации выше допустимой, по формуле

$$G_{мех.n} = G_{мех.} \frac{\Delta t_{р.з.n}}{\Sigma \Delta t_{р.з}}, \qquad (40)$$

где избыточная температура воздуха в рабочей зоне рассчитываемого пролета $\Delta t_{р.з.n}$ определяется по формуле (35);

площади вытяжных проемов для каждого пролета, при которой приток наружного воздуха, через приточные аэрационные проемы останется без изменения, по формуле

$$F_{выт.n} = \frac{0{,}005\, Q_{я.n}}{\mu_{выт.n} \sqrt{h_{\Delta t}^{3}{}_{ух.расч.n}}}. \qquad (41)$$

Примечания: 1. Воздухораспределители рекомендуется располагать на той же высоте, что и приточные аэрационные проемы, минимальную скорость выпуска воздуха следует принимать не ниже 4,5 м/с.

2. Расчет смешанной общеобменной вентиляции многопролетных зданий без тепловыделений в крайнем (крайних) пролете (рис.10) проводится аналогично. В этом случае при определении избыточной температуры в рабочей зоне каждого пролета (кроме крайнего) по формуле (38) $Q_{я_1}$ принимается равным

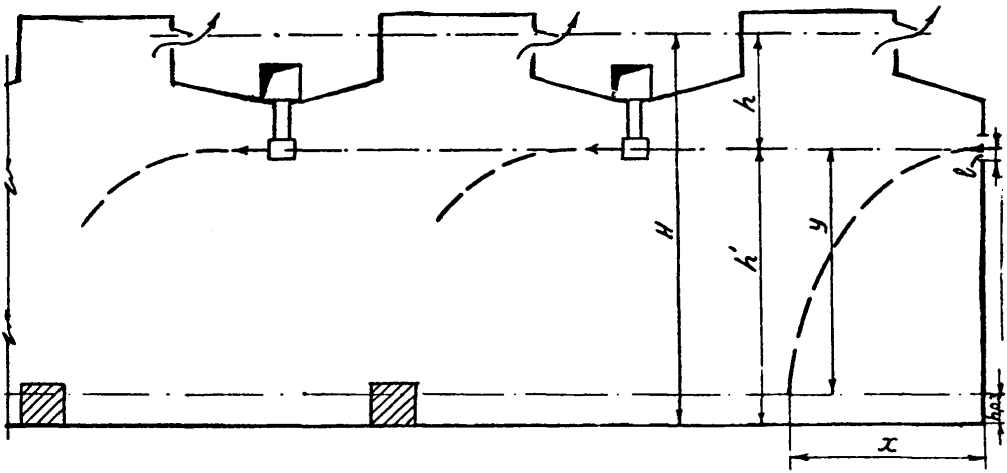


Рис.10. Схема смешанной общеобменной вентиляции многопролетного здания без тепловыделений в крайнем пролете

$$Q_{я_I} = \frac{Q_{я_2} + \dots + Q_{я.n}}{N}$$, а при определении естественного воздухообмена по формуле (39), входящий в нее коэффициент n принимается равным $n = 0{,}33$.

Примеры

Пример I. Рассчитать аэрацию однопролетного здания для теплого периода года.

Дано. В цехе, расположенном в здании размером 280 х 24м, при высоте от пола до центра вытяжных проемов H = I8 м тепловыделяющее оборудование (I2 нагревательных печей и 6 прессов) установлено в один ряд. Наружный воздух поступает через проемы в продольных стенах. Площадь пола цеха $F_{пола}$ = 6720 м2.

I группа тепловыделяющего оборудования состоит из четырех камерных печей размером в плане а·в = 2,5 х 2,5м и высотой 2,5 м;

II группа состоит из четырех термических печей размером в плане 2 х 3,5 м и высотой 3 м;

III группа включает четыре методические печи размером в плане 2,5 х 5 м и высотой 3 м;

IУ группа состоит из шести прессов размером в плане I,5 х 2 и высотой 4,5 м.

Суммарная площадь проекций верхних граней источников тепла $\Sigma f_{ист}$ = I2I м2.

Тепловыделения от каждого источника тепла составляет: от камерной печи $Q_{ист_I}$ = 340000 Вт; от термической печи $Q_{ист_2}$ = 240000 Вт; от методической печи $Q_{ист_3}$ = 500000 Вт и от прессов $Q_{ист_4}$ = I50000 Вт.

Теплопоступления за счет солнечной радиации, от нагретого металла и других источников тепла равны 140000 Вт. Общие теплопоступления составляют $5,36 \times 10^6$ Вт; теплопотери – 1×10^6 Вт. Следовательно, тепловзбытки в здании равны $Q_я = 4,36 \times 10^6$ Вт.

Конвективные тепловыделения в струях принимаются равными $Q_{отр} = Q_к = 0,5 Q_{ист}$.

Над камерной печью $Q_{стр.1} = 170000$ Вт; термической печью $Q_{стр.2} = 120000$ Вт; методической печью $Q_{стр.3} = 250000$ Вт и над прессом $Q_{стр.4} = 75000$ Вт.

Расчетная температура наружного воздуха $t_н = 22^oC$ ($\rho_н = 1,197$ кг/м3). Допустимая разность температур воздуха рабочей зоны и наружного $\Delta t_{доп} = \Delta t_{р.з} = 5^oC$.

Рабочие места расположены со стороны приточных проемов.

Расстояние между центрами приточных и вытяжных отверстий $h = 16,5$ м.

Коэффициент расхода приточных проемов с верхнеподвесными створками $\mu_{пр} = 0,49$.

На кровле здания установлен аэрационный фонарь незадуваемого типа, коэффициент расхода которого равен $\mu_{выт.} = 0,5$.

Решение

Определяется:

коэффициент полюсного расстояния для всех тепловых струй по формуле (3)

$$K_{п.р} = 1,6\sqrt[3]{\frac{6720}{121}} = 6,1;$$

эквивалентный диаметр для I группы печей $d_{э.I} = 2,5$ м;

для II группы печей $d_{э.2} = \frac{2,2,3,5}{2 + 3,5} = 2,55$ м;

для III группы печей $d_{э.3} = 3,34$ м и

IУ группы - $d_{э.4} = I,72$ м;

расстояние от полюса каждой тепловой струи до середины вытяжных отверстий в фонаре по формуле (4);

для тепловых струй, возникающих над камерными печами, $Z_{р.I} = I8 - 2,5 + 6,I \times 2,5 = 30,8$ м;

для струй, возникающих над термическими печами,

$Z_{р.2} = I8 - 3 + 6,I \times 2,55 = 30,6$ м;

соответственно для III группы печей $Z_{р.3} = 35,4$ м и IУ группы $Z_{р.4} = 24$ м;

избыточная температура тепловых струй по формуле (5);

для I группы печей

$$\Delta t_{стр.I} = 0,7 \sqrt[3]{\frac{I70000^2}{30,8^5}} = 7,I^{o}C;$$

для II группы печей

$$\Delta t_{стр.2} = 0,7 \sqrt[3]{\frac{I20000^2}{30,6^5}} = 5,7^{o}C;$$

для III группы печей

$$\Delta t_{стр.3} = 0,7 \sqrt[3]{\frac{250000^2}{35,4^5}} = 7,3^{o}C;$$

для IУ группы

$$\Delta t_{стр.4} = 0,7\sqrt[3]{\frac{75000^2}{25^5}} = 6,2^{\circ}C;$$

расход воздуха в тепловых струях по формуле (6) для I группы источников тепловыделений $G_{стр.I}$ = 86200 кг/ч; для II группы источников тепловыделений $G_{стр.2}$ = 75800 кг/ч; для III группы источников тепловыделений $G_{стр.3}$ = I23300 кг/ч и для IУ группы $G_{стр.4}$ = 43500 кг/ч. По формуле (7) $\Sigma G_{стр.}$ = = I402200 кг/ч;

средняя избыточная температура всех тепловых струй по формуле (9)

$$\Delta t_{СТРСР} = \frac{86200 \times 4 \times 7,I + 75800 \times 4 \times 5,7 + I23300 \times 4 \times 7,3 + 43500 \times 6 \times 6,2}{I402200}$$

$$= 6,7^{\circ}C;$$

избыточная температура уходящего воздуха по формуле (8)

$$\Delta t_{ух} = 5 + 6,7 = II,7^{\circ}C;$$

расчетный расход воздуха по формуле (I0)

$$\bar{G}_{а} = \frac{3,6 \times 4360000}{II,7} = I34I500 \text{ кг/ч};$$

располагаемое тепловое давление в здании по формуле (II)

$$\Delta P_{т} = 9,8 \times I6,5\ (I,I97 - I,I64) = 5,34 \text{ Па};$$

площади приточных аэрационных проемов, принимая $\Delta P_{пр} = \Delta P_{выт} = 0,5\ \Delta Pт = 0,5 \times 5,34 = 2,67$ Па (см. п.4.I.к) по формуле (I2)

$$F_{пр} = \frac{134I500}{3600x0,49\sqrt{2xI,I97x2,67}} = 300\ м^2;$$

площади вытяжных проемов по формуле (I3)

$$F_{выт} = \frac{134I500}{3600x0,5\sqrt{2xI,I5Ix2,67}} = 300\ м^2.$$

Пример 2. Рассчитать аэрацию трехпролетного участка здания в теплый период года (все пролеты "горячие", см. рис.6).

Дано. Длина пролетов 250 м, ширина - I2 м, высота первого пролета H_I = 25 м, второго - H_2 = 30 м и третьего пролета H_3 = I8 м. Площадь пола каждого пролета $F_{пола}$ = = 3000 м2.

В первом пролете расположены в один ряд I4 нагревательных печей размером 3x5 м и высотой 5 м.

Количество тепла, выделяющееся от каждой печи $Q_{ист.I}$ = 200000 Вт; $Q_{стр.I}$ = I00000 Вт; теплоизбытки в пролете $Q_{я_I}$ = 2,8xI0^6 Вт. Теплопотери здания компенсируются теплом, поступающим за счет солнечной радиации и от других источников.

Во втором пролете расположены в один ряд I2 печей размером 5x5 м и высотой I0 м. $Q_{ист_2}$ = 0,25xI0^6 Вт; $Q_{стр._2}$ = 0,I25xI0^6 Вт, $Q_{я_2}$ = 3xI0^6 Вт.

В третьем пролете размещены пять источников тепла диаметром 3 м и высотой 5 м; $Q_{ист._3}$ = 0,3xI0^6 Вт; $Q_{стр._3}$ = 0,I5xI0^6 Вт; $Q_{я.з}$ = I,5xI0^6 Вт.

Теплоизбытки во всем здании равны $\Sigma Q_я$ = 7,3xI0^6 Вт.

Над каждым пролетом расположен П-образный аэрационный фонарь с ветрозащитными панелями, коэффициент расхода которого равен $\mu_{выт.}$ = 0,44 .

Приточный воздух во все пролеты поступает через проемы в продольной стене первого пролета. Коэффициент расхода одинарных среднеподвесных приточных створок $\mu_{пр} = 0,56$.

Температура наружного воздуха равна $t_н = 20^{\circ}C$.

Расчет аэрации проводится на обеспечение заданной табл.3 ГОСТа I2.I.005-76 избыточной температуры воздуха в в рабочей зоне третьего пролета $\Delta t_{доп.} = 5^{\circ}C$.

Решение

Определяются:

для первого пролета

коэффициент полюсного расстояния по формуле (3)

$$K_{п.р} = I,6\sqrt[3]{\frac{3000}{2I0}} = 3,9 ;$$

расстояние от полюса струи до середины вытяжных отверстий в фонаре по формуле (4)

$$Z_p = (25-5)+3,9\frac{2x3x5}{3+5} = 34,6 \text{ м};$$

избыточная температура в струе по формуле (5)

$$\Delta t_{стр.I} = 0,7\sqrt[3]{\frac{I00000^2}{34,6^5}} = 4,I^{\circ}C;$$

избыточная температура в рабочей зоне по формуле

$$\Delta t_{стр.I} = 5\sqrt[3]{(\frac{2800000}{7300000})^2} = 2,6^{\circ}C; \quad (20)$$

избыточная температура уходящего воздуха по формуле

$$\Delta t_{ух.I} = 2,6 + 4,I = 6,7^{\circ}C; \quad (8)$$

расход воздуха, удаляемого через аэрационный фонарь первого пролета по формуле (10)

$$G_{a.1} = \frac{3,6 \times 2800000}{6,7} = 1504500 \text{ кг/ч};$$

располагаемое тепловое давление по формуле (11)

$$\Delta P_T = 9,8 \times 23 \ (1,205 - 1,186) = 4,28 \text{ Па};$$

площадь вытяжных аэрационных проемов первого пролета по формуле (13)

$$F_2 = \frac{1504500}{3600 \times 0,44 \sqrt{2 \times 1,178 \times 2,14}} = 420 \text{ м2},$$

где потери давления на проход воздуха через створки фонаря принимаются равными $\Delta P_{выт} = 0,5$ $\Delta P_T = 0,5 \times 4,28 = 2,14$ Па;

для второго пролета

коэффициент полюсного расстояния

$$K_{п.р} = 1,6 \sqrt[3]{\frac{3000}{300}} = 3,4 ;$$

расстояние от полюса струи до середины вытяжных отверстий

$$Z_p = (30-10) + 3,4 \times 5 = 3,7 \text{ м};$$

избыточная температура в струе

$$\Delta t_{стр.2} = 0,7 \sqrt[3]{\frac{1250002}{3,7^5}} = 4,3^\circ C;$$

избыточная температура в рабочей зоне

$$\Delta t_{р.з.2} = 5 \sqrt[3]{(\frac{5800000}{7300000})^2} = 4,3^\circ C;$$

избыточная температура уходящего воздуха

$$\Delta t_{ух.2} = 4,3 + 4,3 = 8,6^{\circ}C;$$

расход воздуха

$$G_{а.2} = \frac{3,6x3000000}{8,6} = 1255800 \text{ кг/ч};$$

располагаемое тепловое давление

$$\Delta P_{т} = 9,8x\ 28\ (1,205-1,179) = 7,13 \text{ Па};$$

площадь вытяжных проемов второго пролета

$$F_{з} = \frac{1255800}{3600x0,44\sqrt[3]{2x1,17x3,57}} = 270 \text{ м2};$$

для третьего пролета
коэффициент полюсного расстояния

$$K_{п.р.} = 1,6\sqrt[3]{\frac{3000}{35}} = 7,1;$$

расстояние от полюса струи до середины вытяжных отверстий

$$Z_{р} = (18-5) + 7,1 \times 3 = 34,3 \text{ м};$$

избыточная температура в струе

$$\Delta t_{стр.3} = 0,7\sqrt[3]{\frac{150000^2}{34,3^5}} = 5,5^{\circ}C;$$

избыточная температура уходящего воздуха

$$\Delta t_{ух.3} = 5 + 5,5 = 10,5^{\circ}C;$$

расход воздуха

$$G_{a.3} = \frac{3,6 \times 1500000}{10,5} = 514300 \text{ кг/ч};$$

располагаемое тепловое давление

$$\Delta P_T = 9,8 \times 16(1,205-1,174) = 4,86 \text{ Па};$$

площадь вытяжных проемов третьего пролета

$$F_4 = \frac{514300}{3600 \times 0,44 \sqrt{2 \times 1,16 \times 3,43}} = 140 \text{ м}2;$$

расход воздуха в тепловых струях по пролетам

$$\Sigma G_{стр.1} = \frac{3,6 \times 100000 \times 14}{4,1} = 1229300 \text{ кг/ч};$$

$$\Sigma G_{стр.2} = \frac{3,6 \times 125000 \times 12}{4,3} = 1255800 \text{ кг/ч};$$

$$\Sigma G_{стр.3} = \frac{3,6 \times 150000 \times 5}{5,5} = 490900 \text{ кг/ч};$$

требуемый дополнительный расход воздуха на механическую приточную вентиляцию согласно п.5.2ж

для первого пролета

$$G_{мех_1} = 1504500 - 1229300 = 275200 \text{ кг/ч};$$

для второго пролета

$$G_{мех_2} = 1255800 - 1255800 = 0;$$

для третьего пролета в соответствии с требованием п.4.75 СНиП П-33-75^{X}(см.п.I.4в) для вентиляции зоны, занимающей половину пролета на расстоянии более 30 м от наружной стены с аэрационными приточными проемами

$$G_{мех.3} = \frac{5I4300}{2} = 275I50 \text{ кг/ч};$$

площади приточных проемов для первого пролета по формуле (37)

$$F_I = (I - \frac{275200 + 275I50}{I504500+I255800+5I4300}) \frac{0,44(420+270+I40)}{0,56} =$$

= 540 м2.

Дополнительный расход воздуха на механическую вентиляцию в данном случае можно уменьшить, если расход воздуха для естественной вентиляции первого пролета принять равным расходу воздуха в тепловых струях ($G_{а.I} = G_{тр.I} = \Sigma G_{стр.I}$).

Тогда получают:

избыточную температуру воздуха, уходящего из первого пролета

$$\Delta t_{ух.I} = \frac{3,6\,Q_{яI}}{\Sigma G_{стр.I}} = \frac{3,6x2,8xI0^6}{I2929300} = 8,2^oC;$$

избыточную температуру воздуха рабочей зоны первого пролета, используя формулу (8)

$$\Delta t_{р.з.I} = 8,2 - 4,I = 4,I^oC;$$

избыточную температуру воздуха рабочей зоны второго пролета, используя формулу (20)

$$\Delta t_{р.з.2} = \Delta t_{р.з.1} \sqrt[3]{\left(\frac{Q_{я_1} + Q_{я_2}}{Q_{я_1}}\right)^2} = 4{,}1 \sqrt[3]{\left[\frac{(2{,}8+3)\,10^6}{2{,}8 \cdot 10^6}\right]^2} = 5{,}2\,^{\circ}C;$$

дополнительный расход воздуха на механический приток из условия обеспечения в рабочей зоне второго пролета $\Delta t_{доп} = 5^{\circ}C$ по формуле

$$G_{мех.2} = 3{,}6 Q_{я_2} \left(\frac{I}{\Delta t_{доп.} + \Delta t_{стр.2}} - \frac{I}{\Delta t_{р.з.2} + \Delta t_{стр.2}}\right)$$

$$= 3{,}6 \times 3 \times 10^6 \left(\frac{I}{5+4{,}3} - \frac{I}{5{,}2+4{,}3}\right) = 24400 \text{ кг/ч};$$

избыточную температуру уходящего из второго пролета воздуха из условия обеспечения $\Delta t_{р.з} = \Delta t_{доп}$ по формуле (8)

$$\Delta t_{ух.2} = 5 + 4{,}3 = 9{,}3^{\circ}C;$$

требуемый расход воздуха, уходящего из второго пролета по формуле (10)

$$G_{тр.2} = \frac{3{,}6 \times 3 \times 10^6}{9{,}3} = 1161300 \text{ кг/ч};$$

площади вытяжных проемов первого и второго пролетов

$$F_2 = \frac{1229300}{3600 \times 0{,}44 \sqrt{2 \times 1{,}172 \times 2{,}82}} = 300 \text{ м}^2,$$

где $\Delta P_{выт}$ = 0,5х9,8х23 (I,205-I,I8) = 2,82 Па;

$$F_3 = \frac{II6I300}{3600x0,44\sqrt{2xI,I68x3,98}} = 240 \text{ м2},$$

где $\Delta P_{выт}$ = 0,5х9,8х23 (I,205 - I,I76) = 3,98 Па;

требуемую площадь приточных проемов, учитывая, что согласно ранее проведенному расчету для третьего пролета получено $G_{тр.3}$ = 5I4300 кг/ч, $G_{мех.3}$=275I50 кг/ч; F_4 = II0 м2;

$$F_I = (I - \frac{24400 + 275I50}{I229300+I\%6I3C0+5I4300}) \times \frac{0,44(300+240+I40)}{0,56} =$$

= 480 м2.

Пример 3. Для условий примера 2 рассчитать вентиляцию здания, если площадь приточных проемов для аэрации равна F_I = 350 м2.

Решение

Определяются:

средняя избыточная температура уходящего воздуха для всего здания по формуле (33)

$$\Delta t_{ух.ср} = 0,03\sqrt[3]{\frac{I}{22,3} x(\frac{7,3x\ I0^6}{0,56x350})^2} = II,9^0C,$$

где $h = \frac{h_1 + h_2 + h_3}{3} = \frac{23 + 28 + I6}{3} = 22,3$ м;

средняя избыточная температура в рабочей зоне для всего здания по формуле (34)

$$\Delta t_{р.з.ср} = II,9 - 4,4 = 7,5^0C,$$

где по формуле (9)

$$\Delta t_{стр.ср} = \frac{4,IxI229300+4,3xI255800+5,5x490900}{I229300+I255800+490900} = 4,4^0C;$$

избыточная температура в рабочей зоне каждого пролета по формуле (35)

$$\Delta t_{р.з._1} = 1{,}2 \times 3^{1/9} \times 7{,}5 \sqrt[3]{\left(\frac{2{,}8 \times 10^6}{7{,}3 \times 10^6}\right)^2} = 5{,}4^{\circ}C;$$

$$\Delta t_{р.з._2} = 1{,}2 \times 3^{1/9} \times 7{,}5 \sqrt[3]{\left(\frac{5{,}8 \times 10^6}{7{,}3 \times 10^6}\right)^2} = 8{,}7^{\circ}C;$$

$$\Delta t_{р.з._3} = 1{,}2 \times 3^{1/9} \times 7{,}5 \sqrt[3]{\left(\frac{7{,}3 \times 10^6}{7{,}3 \times 10^6}\right)^2} = 10{,}2^{\circ}C;$$

избыточная температура уходящего воздуха в каждом пролете при $\Delta t_{р.з} = \Delta t_{доп}$ по формуле (8)

$$\Delta t_{ух_1} = 5 + 4{,}1 = 9{,}1^{\circ}C;$$

$$\Delta t_{ух_2} = 5 + 4{,}3 = 9{,}3^{\circ}C;$$

$$\Delta t_{ух_3} = 5 + 5{,}5 = 10{,}5^{\circ}C;$$

требуемый расход уходящего воздуха для каждого пролета по формуле (10)

$$G_{тр_1} = \frac{3.6 \times 2.8 \times 10^6}{9{,}1} = 1107700 \text{ кг/ч};$$

$$G_{тр_2} = \frac{3.6 \times 3 \times 10^6}{9{,}3} = 1161300 \text{ кг/ч};$$

$$G_{тр_3} = \frac{3.6 \times 1.5 \times 10^6}{10{,}5} = 514300 \text{ кг/ч};$$

избыточная температура воздуха в рабочей зоне второго пролета, исходя из полученных выше значений $\Delta t_{р.з._1} = 5{,}4^{\circ}C$ и $\Delta t_{р.з._2} = 8{,}7^{\circ}C$

$$\Delta t_{р.з._2} = 5 \times \frac{8{,}7}{5{,}4} = 8{,}1^{\circ}C;$$

избыточная температура уходящего из второго пролета воздуха при естественной вентиляции по формуле (8)

$$\Delta t_{ух_2} = 8{,}1 + 4{,}3 = 12{,}4^{\circ}C;$$

расход воздуха для естественной вентиляции второго пролета по формуле (10)

$$G_{а_2} = \frac{3{,}6 \times 3 \times 10^6}{12{,}4} = 871000 \text{ кг/ч};$$

расход воздуха, подаваемого механической вентиляцией во второй пролет по формуле (36)

$$G_{мех_2} = 1161300 - 871000 = 290300 \text{ кг/ч}.$$

Учитывая, что ранее, в примере 2 получено $\Sigma G_{стр._1} = 1229300$ кг/ч, $\Sigma G_{стр._2} = 1255800$ кг/ч, $\Sigma G_{стр._3} = 490900$ кг/ч и, кроме этого, в соответствии с требованием п.4.75 СНиП II-33-75* для вентиляции третьего пролета необходимо подавать механической приточной вентиляцией 275150 кг/ч воздуха, требуемые расходы воздуха, подаваемого механической вентиляцией в каждом пролете, должны составлять

$$G_{тр.мех._1} = 0;$$

$$G_{тр.мех._2} = 290300 \text{ кг/ч};$$

$$G_{тр.мех._3} = 275150 \text{ кг/ч}.$$

Требуемые площади вытяжных проемов для каждого пролета по формуле (I3) равны

$$F_2 = \frac{1107700}{3600 \times 0,44 \sqrt{2 \times 1,168 \times 3,27}} = 250 \text{ м}^2,$$

где

$$\Delta p_{выт} = 0,5 \times 9,8 \times 23(1,205 - 1,176) = 3,27 \text{ Па};$$

$$F_3 = \frac{1161300}{3600 \times 0,44 \sqrt{2 \times 1,168 \times 3,84}} = 245 \text{ м}^2,$$

где $\Delta p_{выт} = 0,5 \times 9,8 \times 28(1,205 - 1,177) = 3,84$ Па;

$$F_4 = \frac{514300}{3600 \times 0,44 \sqrt{2 \times 1,163 \times 2,43}} = 140 \text{ м}^2,$$

где $\Delta p_{выт} = 0,5 \times 9,8 \times 16(1,205 - 1,174) = 2,43$ Па.

Пример 4. Рассчитать вентиляцию трехпролетного здания для холодного периода года.

Дано. Крайний первый пролет "холодный" (см.рис.10). Длина пролетов 200 м, ширина - 24 м, высота $H_1 = H_2 = H_3 =$ = 20 м. Площадь пола каждого пролета $F_{пола} = 4800$ м2.

Во втором пролете расположены в один ряд десять нагревательных печей размером 3х4 м и высотой 4 м. Поступления от печи $Q_{ист.2} = 150000$ Вт; количество конвективного тепла в струе $Q_{стр.2} = 75000$ Вт. Теплоизбытки $Q_{я.2} = 750000$ Вт.

В третьем пролете размещены семь источников тепла размером 3 х 3 м и высотой 5 м. Теплопоступления от источника тепла $Q_{ист.3}$ = 200000 Вт; количество конвективного тепла в струе $Q_{стр.3}$ = 100000 Вт; теплоизбытки $Q_{я.3}$ = 700000 Вт.

Общие теплоизбытки в трехпролетном цехе равны

$$\Sigma Q_{я} = 1{,}45 \cdot 10^{6} \text{ Вт.}$$

Над каждым пролетом установлен П-образный аэрационный фонарь с ветрозащитными панелями, коэффициент расхода которого равен μ = 0,41.

Наружный воздух поступает естественным путем через проемы в продольной стене крайнего холодного пролета. Коэффициент расхода двойных верхне- и нижнеподвесных створок μ = 0,33.

Температура наружного воздуха $t_{н}$ = -25°С.

Нормируемая температура воздуха рабочей зоны $t_{мин}$ = 13°С, $t_{р.з.макс}$ = 19° (ГОСТ 12.1.005-76, табл. 2, категория работ - тяжелая III).

Допустимый перепад температур воздуха $\Delta t_{р.з.макс}$ = = 19 + 25 = 44°С.

Решение

Определяются:

для второго пролета

коэффициент полюсного расстояния по формуле (3)

$$K_{п.р} = 1{,}6 \sqrt[3]{\frac{4800}{120}} = 5{,}5;$$

расстояние от полюса струи до середины вытяжных отверстий в фонаре по формуле (4)

$$Z_p = (20-4) + 5{,}5\left(\frac{2x3x4}{3+4}\right) = 34{,}9 \text{ м};$$

избыточная температура в тепловой струе по формуле (5)

$$\Delta t_{стр.2} = 0{,}7\sqrt[3]{\frac{75000^2}{34{,}9^5}} = 3{,}3^{\circ}C;$$

расход воздуха в тепловой струе

$$G_{стр.2} = \frac{3{,}6 \times 75000}{3{,}3} = 81800 \text{ кг/ч};$$

суммарный расход воздуха в тепловых струях второго пролета $\Sigma G_{стр.2} = 81800$ кг/ч. Так как все источники тепла одинаковые, то $\Delta t_{стр.ср} = 3{,}3^{\circ}C$

для третьего пролета

коэффициент полюсного расстояния по формуле (3)

$$K_{п.р} = 1{,}6\sqrt[3]{\frac{4800}{63}} = 6{,}8;$$

расстояние от полюса струи до середины вытяжных отверстий в фонаре по формуле (4)

$$Z_p = (20-5) + 6{,}8 \times 3 = 35{,}4 \text{ м};$$

избыточная температура в тепловой струе по формуле (5)

$$\Delta t_{стр.3} = 0{,}7\sqrt[3]{\frac{100000^2}{35{,}4^5}} = 3{,}9^{\circ}C.$$

Так как все источники тепла одинаковы, то $\Delta t_{стр.ср} = 3{,}9^{\circ}C$

расход воздуха в тепловой струе

$$G_{стр.3} = \frac{3{,}6 \times 100000}{3{,}9} = 92300 \text{ кг/ч};$$

суммарный расход воздуха в тепловых струях третьего пролета $\Sigma G_{стр.3}$ = 646I00 кг/ч; всего здания $\Sigma G_{стр.}$ = I464I00 кг/ч; величина теплоизбытков в первом пролете, необходимая для определения $\Delta t_{р.з.}$ в последующих пролетах, согласно примечанию п.9.4

$$Q_{я.I} = \frac{750000+700000}{3} = 483330 \text{ Вт};$$

избыточная температура воздуха в рабочей зоне каждого пролета по формуле (39)

для второго пролета

$$\Delta t_{р.з.2} = 44\sqrt[3]{\frac{(483330 + 750000)^2}{483330}} = 82,2^{\circ}C;$$

для третьего пролета

$$\Delta t_{р.з.3} = 44\sqrt[3]{\frac{(I450000)^2}{483330}} = 9I,5^{\circ}C;$$

средняя избыточная температура воздуха в рабочей зоне всего здания

$$\Delta t_{р.з.ср} = \frac{44+82,2+9I,5}{3} = 72,6^{\circ}C;$$

средняя избыточная температура для всех тепловых струй

$$\Delta t_{стр.ср} = \frac{3,3x8I8000+3,9x646I00}{I464I00} = 3,6^{\circ}C;$$

средняя избыточная температура уходящего воздуха для всего здания по формуле (8)

$$\Delta t_{ух.ср} = 72,6 + 3,6 = 76,2^{\circ}C;$$

естественный воздухообмен крайнего пролета по формуле (89) при n = 0,33 согласно примечанию п.9.4

$$G_a = \frac{8,6 \times 0,33 \times 1450000}{76,2} = 22600 \text{ кг/ч};$$

располагаемое тепловое давление, принимая высоту расположения приточных проемов, равную 0,5 Н, по формуле (II)

$$\Delta P_T = 9,8 \times 10(1,428 - 1,146) = 27,14 \text{ Па},$$

где

$$\rho_н = \frac{353}{273 - 25} = 1,428 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_в = \frac{353}{273 + 0,5(19 + 51,2)} = 1,146 \text{ кг/м}^3;$$

$$t_{ух} = 76,2 - 25 = 51,2^{\circ}C;$$

площадь приточных аэрационных проемов по формуле (12)

$$F_{пр} = \frac{22600}{8600 \times 0,85 \sqrt{2 \times 1,146 \times 18,57}} = 8,4 \text{ м}^2,$$

где

$$\Delta P_{пр.} = 0,5 \times 27,14 = 18.57 \text{ Па};$$

высота расположения приточных отверстий по формуле (14)

$$h' = \frac{0,1 \times 20 \left[2 (-25) - (19+51,2)\right]}{2 \times 18 - (19 + 51,2)} = 5,4 \text{ м}.$$

Согласно рекомендациям п.4.2 принимаем

$$h' = 0,5H = 0,5 \times 20 = 10 \text{ м};$$

расчетная избыточная температура уходящего воздуха для всего здания при нормируемой температуре воздуха в рабочей зоне второго и третьего пролетов $t_{р.з.макс}$ = = I9°С по формуле (8)

$$_{\Delta}t_{ух.расч} = 44 + 3,6 = 47,6^{0}С;$$

расчетный воздухообмен по формуле (I0)

$$G_{тр} = \frac{3,6 \times I450000}{47,6} = I09700 \text{ кг/ ;}$$

расход воздуха на механическую вентиляцию по формуле (36) $G_{мех} = I09700 - 22600 = 87I00$ кг/ч ;

расход воздуха, подаваемого механической вентиляцией во второй и третий пролеты, по формуле (40)

для второго пролета

$$G_{мех_2} = 87I00 \frac{82,2}{I73,7} = 4I200 \text{ кг/ч ;}$$

для третьего пролета

$$G_{мех_3} = 87I00 \frac{9I,5}{I73,7} = 45900 \text{ кг/ч ,}$$

где $\Sigma_{\Delta}t_{р.з} = 82,2 + 9I,5 = I73,7^{0}С;$

площади вытяжных проемов для каждого пролета, при которой естественный приток наружного воздуха остается без изменения, по формуле (4I)

для второго пролета

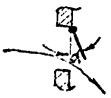
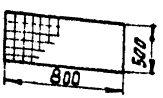
$$F_{выт_2} = \frac{0,005 \times 750000}{0,4I\sqrt{I0(44 + 3,8)}9} = 8,9 \text{ м}^2;$$

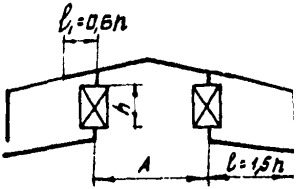
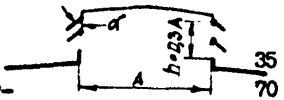
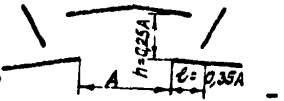
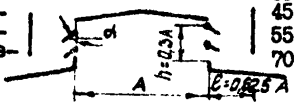
для третьего пролета

$$F_{выт.3} = \frac{0,005 \times 700000}{0,4I\sqrt{I0\ (44 + 3,9)^3}} = 8,I \text{ м}^2.$$

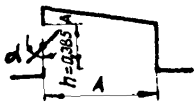
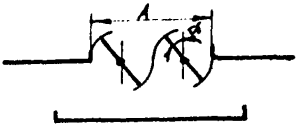
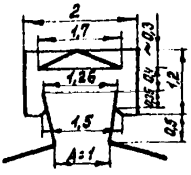
Приложение I

Характеристики приточных и вытяжных аэрационных проемов

Конструкция проема	Эскиз	Угол открытия створки, град.	Коэффициент расхода μ
Створка одинарная верхнеподвесная (открывается наружу)		I5 30 45 60 80	0,I8 0,33 0,44 0,53 0,62
Створка одинарная среднеподвесная		I5 30 45 60 90	0,I3 0,27 0,4 0,56 0,6I
Створка одинарная верхнеподвесная (открывается внутрь)		30 45 60 90	0,35 0,45 0,55 0,65
Створка двойная верхнеподвесная		I5 30 45 60 90	0,I8 0,32 0,44 0,53 0,65
Створка двойная верхне- и нижнеподвесная		30 45 60 90	0,25 0,33 0,4 0,5
Стальной решетчатый настил ОСМ 67-68 марки Р-8		–	0,63
Аэрационные ворота		–	0,65

Вытяжной фонарь ТБИОТ-ММК со створками на вертикальных осях и ветрозащитными панелями		
То же, без ветрозащитных панелей		
Приточный П-образный фонарь (без ветрозащитных панелей)		35 70
Вытяжной фонарь КТИС		
Вытяжной П-образный фонарь (с ветрозащитными панельными)		35 45 55 70
То же, см.п.12	$\ell = 0,74A$	35 45 55
То же, без ветрозащитных панелей	См.п.10	35 45 55
То же, со среднеподвесными отворками	$h = 0,385A$	45 60 75

Продолжение

То же, со створками на вертикальных осях	$h = 0{,}385\ A$	45 60 90	0,48 0,58 0,63
Вытяжной фонарь ШЕД со среднеподвесными створками		45 60 75 90	0,34 0,46 0,6 0,67
То же, со створками на вертикальных осях		45 60 90	0,49 0,61 0,67
Вытяжной щелевой фонарь		45 75 90	0,48 0,58 0,6
Вытяжная шахта дефлекторного типа		I,2 (к скорости движения воздуха в горловине)	

Значения коэффициентов расхода (кроме последней конструкции) отнесены к скорости движения воздуха в проемах.

Приложение 2

Определение расчетных тепловых нагрузок в условиях нестационарных тепловыделений

Нестационарность тепловыделений учитывается, когда максимальные общие тепловыделения превышают средние значения общих тепловыделений [формула (45)] более, чем на 20%. Если превышение менее 20%, за расчетные тепловые нагрузки можно принять максимальные. Расчетные тепловые нагрузки определяются для условий периодических многоступенчатых изменений тепловыделений в течение одного периода времени (рис.II). При плавных изменениях тепловыделений в течение периода времени (см.рис.IIб) они должны быть приведены к многоступенчатому случаю (пунктирная линия на рис.IIб).

Исходными данными служат:

П – период времени одного технологического цикла, считая от начала максимальных тепловыделений;

$\tau_1; \tau_2; \ldots \tau_n$ – промежутки времени, в течение которых тепловыделения имеют постоянное значение;

$Q_{o1}; Q_{o2}; \ldots Q_{on}$ – величина общих тепловыделений в промежутки времени τ_1 ; $\tau_2; \ldots \tau_n$;

$Q_{k1}; Q_{k2}; \ldots Q_{kn}$ – величина конвективных составляющих тепловыделений в промежутки времени $\tau_1; \tau_2; \ldots \tau_n$;

F – площадь всех внутренних поверхностей ограждений (пол, потолок, стены, остекление и т.д.);

$F_1; F_2; \ldots F_i$ – площадь каждой из внутренних поверхностей ограждений, имеющих одинаковый коэффициент теплоусвоения материала;

$Y_1; Y_2; \ldots Y_i$ – коэффициент теплоусвоения внутренней поверхности ограждений площадью F_i при периоде П;

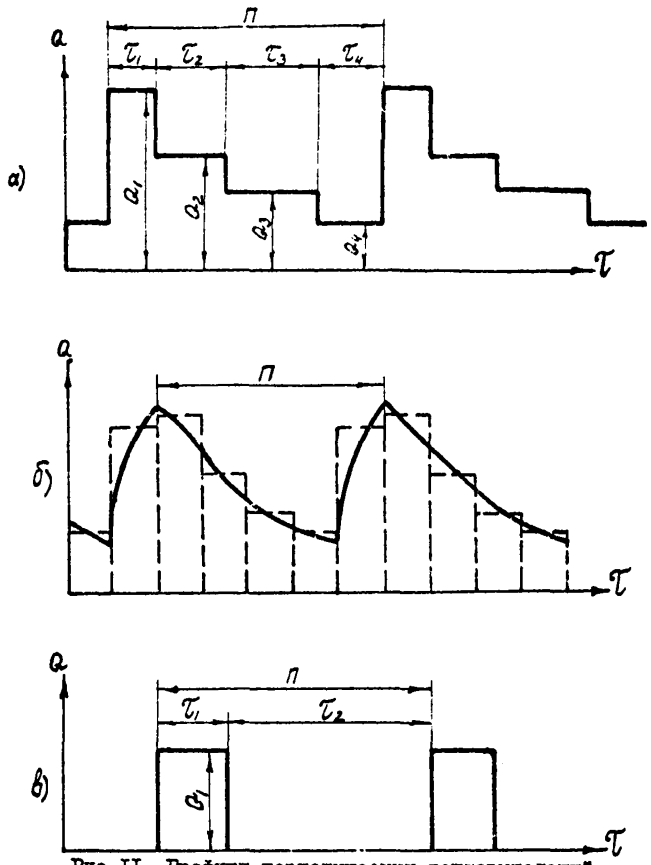


Рис.II. Графики периодических тепловыделений от технологического оборудования

а – многоступенчатое изменение тепловыделений в течение периода; б – непрерывное изменение тепловыделений в течение периода; в – прерывистые тепловыделения

Примечания: I. В частном случае значения тепловыделений, обозначаемые индексом $2,\dots n$, могут быть равны нулю. Периодические тепловыделения такого вида носят название прерывистых (см.рис.IIв).

2. Конвективные и лучистые составляющие общих тепловыделений для промежутков времени $\tau_1; \tau_2, \dots \tau_n$ определяются по табл.I.

3. Коэффициент теплоусвоения внутренней поверхности ограждений Y_i определяется в соответствии с требованиями СНиП II-3-79* "Строительная теплотехника".

Порядок расчета

Последовательно определяются следующие величины:

I. Средние за период времени конвективные составляющие для каждого постоянного тепловыделения

$$\bar{Q}_{Ki} = \frac{Q_{Ki}\,\tau_i}{n}. \qquad (42)$$

2. Средние значения общих тепловыделений

$$\bar{Q}_0 = \frac{\Sigma Q_{0i}\,\tau_i}{n}. \qquad (43)$$

3. Средний коэффициент конвективного теплообмена в зависимости от средних удельных лучистых тепловыделений, передаваемых конвекцией от внутренней поверхности ограждений аэрационному воздуху

$$\alpha_K = 1{,}85\sqrt[4]{\frac{\bar{Q}_0 - \bar{Q}_K}{F}},$$

$$\text{где } \bar{Q}_K = \bar{Q}_{K1} + \bar{Q}_{K2} + \dots + \bar{Q}_{Kn}. \qquad (44)$$

4. Величина удельного конвективного теплообмена по всей внутренней поверхности ограждений

$$\Lambda = \alpha_к F . \qquad (45)$$

5. Показатель теплоусвоения помещения

$$W = \Sigma Y_i F_i . \qquad (46)$$

6. Отношение показателя теплоусвоения помещения к удельному конвективному теплообмену

$$\frac{W}{\Lambda} .$$

7. Заданное периодическое многоступенчатое изменение тепловыделений в течение периода разбивается на составляющие прерывистые тепловыделения (рис.I2). Расчетный момент времени τ_0 соответствует концу промежутка времени τ_i с максимальными тепловыделениями.

8. Относительное время $\frac{\tau_{pi}}{n}$ от начала каждой из составляющих прерывистых тепловыделений до расчетного момента.

9. Относительная длительность $\frac{\tau_i}{n}$ каждой из составляющих прерывистых тепловыделений.

I0. Коэффициент прерывистости Ω для каждой из составляющих прерывистых тепловыделений в зависимости от $\frac{\tau_{pi}}{n}$ и $\frac{\tau_i}{n}$ по табл.3.

II. Расчетное значение избыточных тепловыделений

$$Q_я = \bar{Q}_0 + \frac{Q_{01}\Omega_1 + \frac{W}{\Lambda}(Q_{к1} - \bar{Q}_{к1})}{\frac{W}{\Lambda} + \sqrt{2\frac{\tau_1}{n}}} + \frac{Q_{02}\Omega_2 - \frac{W}{\Lambda}\bar{Q}_{к2}}{\frac{W}{\Lambda} + \sqrt{2\left(1 - \frac{\tau_2}{n}\right)}} + \ldots + \frac{Q_{0n}\Omega_n - \frac{W}{\Lambda}\bar{Q}_{кn}}{\frac{W}{\Lambda} + \sqrt{2\left(1 - \frac{4n}{n}\right)}} \qquad (47)$$

Примечание. При наличии теплопотерь в формулах (44) и (47) значение $\bar{Q}_0$ заменяется на $\bar{Q}_я$, где $\bar{Q}_я = \bar{Q}_0 - Q_{т.п}$ и Q т.п – средние за период теплопотери.

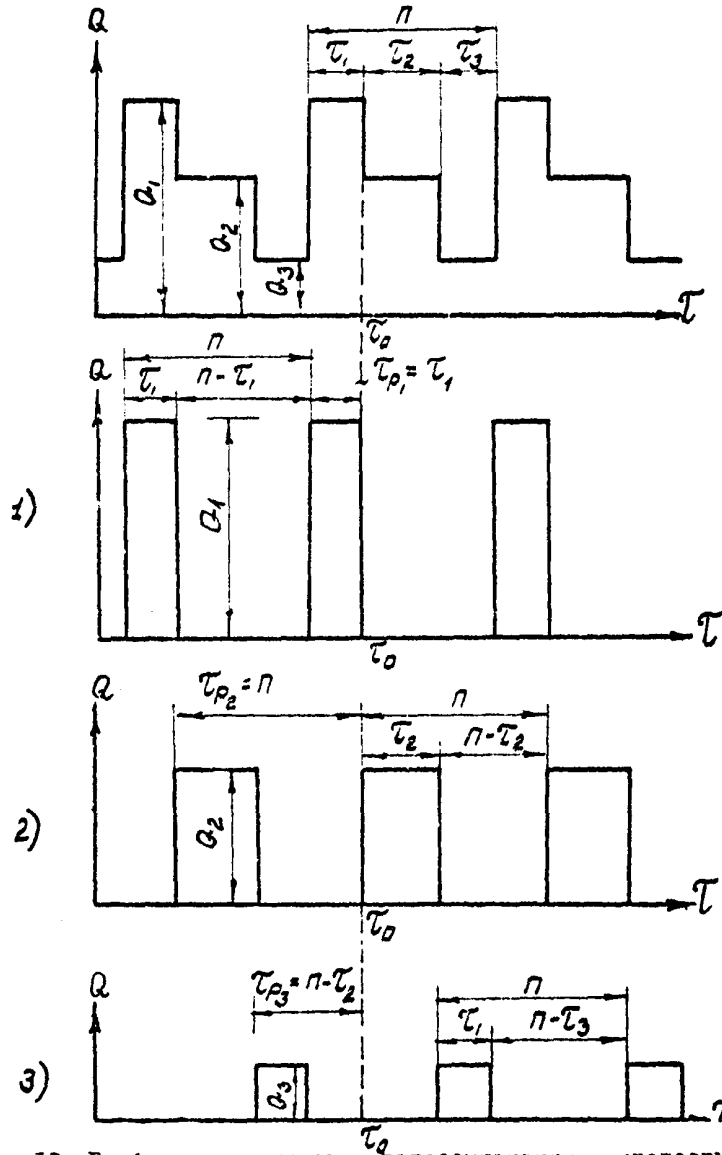


Рис.I2. График периодических тепловыделений с многоступенчатым изменением количества тепла, выделяющегося в течение периода

I,2,3 - графики составляющих прерывистых тепловыделений

Таблица 3

Относительное время $\tau_{pi/n}$ от начала прерывистой подачи тепла	Значение Ω_i для относительной длительной прерывистой подачи тепла $\tau_{i/n}$										
	I/I2	I/6	I/4	I/3	5/I2	I/2	7/I2	2/3	3/4	5/6	II/I2
I/I2	0,64	0,475	0,322	0,I86	0,066	-0,038	-0,I2I	-0,I79	-0,2I	-0,204	-0,I47
I/6	0,I47	0,787	0,622	0,469	0,333	0,2I2	0,I08	0,026	-0,032	-0,063	-0,057
I/4	0,057	0,204	0,843	0,679	0,526	0,389	0,268	0,I65	0,083	0,025	-0,006
I/3	0,006	0,006	0,2I	0,849	0,635	0,53I	0,394	0,275	0,I7I	0,089	0,03I
5/I2	-0,03I	-0,025	0,022	0,I79	0,8I8	0,653	0,499	0,363	0,244	0,I4	0,058
I/2	-0,058	-0,089	-0,083	-0,026	0,I2I	0,76	0,595	0,442	0,306	0,I86	0,082
7/I2	-0,082	-0,I4	-0,I7I	-0,I65	-0,I08	0,038	0,678	0,5I2	0,359	0,223	0,I03
2/3	-0,I03	-0,I86	-0,244	-0,275	-0,269	-0,2I2	-0,066	0,575	0,409	0,256	0,I2
3/4	-0,I2	-0,223	-0,306	-0,363	-0,394	-0,389	-0,333	-0,I86	0,454	0,289	0,I36
5/6	-0,I36	-0,256	-0,359	-0,442	-0,499	-0,53I	-0,526	-0,489	-0,322	0,3I8	0,I53
II/I2	-0,I53	-0,239	-0,409	-0,5I2	-0,595	-0,653	-0,685	-0,679	-0,622	0,475	0,I65
I	-0,I65	-0,3I8	-0,454	-0,575	-0,678	-0,76	-0,8I8	-0,849	-0,843	-0,787	-0,64

I2. Расчетное значение конвективных тепловыделений соответствует максимальным тепловыделениям в промежуток времени τ_1 и равно $Q_к = Q_{к1}$.

Пример

Определить расчетные тепловые нагрузки для проектирования аэрации, если тепловыделения от технологического оборудования изменяют свою величину в течение производственного цикла 3 раза.

Дано. Продолжительность производственного цикла (период тепловыделений) П = 2 ч. Промежутки времени, в течение которых тепловыделения постоянны, составляют

$$\tau_1 = \frac{I}{6}\ \text{ч}; \qquad \tau_2 = \frac{I}{2}\ \text{ч}; \qquad \tau_3 = \frac{8}{6}\ \text{ч}.$$

Величина общих тепловыделений в промежутки времени τ_1, τ_2 и τ_3 составляет:

$Q_{0I} = I5 \times I0^6$ Вт; $\quad Q_{02} = 8 \times I0^6$ Вт;

$Q_{03} = 2{,}3 \times I0^6$ Вт.

Величина конвективных тепловыделений в промежутки времени τ_1, τ_2 и τ_3 равна

$Q_{К.I} = 7{,}2 \times I0^6$ Вт; $Q_{К.2} = 4 \times I0^6$ Вт; $Q_{К.3} = I{,}2$ Вт.

Площадь внутренних ограждений равна $F = I3650$ м^2.

Площадь наружных стен $F_{ст} = 7250$ м^2; $\gamma_{ст} = II{,}2$ Вт/(м^2. °С).

Площадь перекрытия $F_{пер} = 2600$ м^2; $\gamma_{пер} = 46{,}5$ Вт/(м^2. °С).

Площадь пола $F_{полц} = 2600$ м^2; $\gamma_{пола} = 22{,}I$ Вт/(м^2. °С).

Площадь остекления $F_{ост} = I200$ м^2; $\gamma_{ост} = I0{,}8$Вт/(м^2. °С).

Р е ш е н и е

Определяются:

средние за период времени конвективные тепловыделения для каждого постоянного тепловыделения по формуле (42)

$$\bar{Q}_{к1} = \frac{7{,}2 \times 10^6 \times 1/6}{2} = 0{,}6 \times 10^6 \text{ Вт},$$

$$\bar{Q}_{к2} = \frac{4 \times 10^6 \times 1/2}{2} = 1 \times 10^6 \text{ Вт},$$

$$\bar{Q}_{к3} = \frac{1{,}2 \times 10^6 \times 8/6}{2} = 0{,}8 \times 10^6 \text{ Вт},$$

$$\bar{Q}_к = 0{,}6 \times 10^6 + 1 \times 10^6 + 0{,}8 \times 10^6 = 2{,}4 \times 10^6 \text{Вт};$$

среднее значение общих тепловыделений по формуле (43)

$$\bar{Q}_0 = \frac{15 \times 10^6 \times 1/6 + 8 \times 10^6 \times 1/2 + 2{,}3 \times 10^6 \times 8/6}{2} = 4{,}8 \times 10^6 \text{Вт};$$

средний коэффициент конвективного теплообмена по формуле (44)

$$\alpha_к = 1{,}85 \sqrt[4]{\frac{(4{,}8-2{,}4)\ 10^6}{13650}} = 6{,}7 \text{ Вт/(м}^2\text{.}^\circ\text{C)};$$

удельный коэффициент теплообмена на всей внутренней поверхности ограждений по формуле (45)

$$\Lambda = 6{,}7 \times 13650 = 91450 \text{ Вт/}^\circ\text{C};$$

показатель теплоусвоения помещения по формуле (46)

$$W = 11{,}2 \times 7250 + 46{,}5 \times 2600 + 22{,}1 \times 2600 + 10{,}8 \times 1200 = 272520 \text{ Вт/}^\circ\text{C};$$

отношение показателя теплоусвоения помещения к удельному конвективному теплообмену

$$\frac{W}{\Lambda} = \frac{272520}{91450} = 3;$$

заданное трехступенчатое изменение тепловыделений в течение периода разбивается на три составляющих прерывистых тепловыделений (см.рис.I2);

относительное время $\frac{\tau_{pi}}{\Pi}$ от начала каждой из составляющих прерывистых тепловыделений до расчетного момента

для первой составляющей $\frac{\tau_{p1}}{\Pi} = \frac{\tau_1}{\Pi} \quad \frac{1/6}{2} = \frac{1}{12}$;

для второй составляющей $\frac{\tau_{p2}}{\Pi} = \frac{\Pi}{\Pi} = 1$;

для третьей составляющей $\frac{\tau_{p.3.}}{\Pi} = \frac{\Pi - \tau_2}{\Pi} = \frac{2-1/2}{2} \quad \frac{3}{4}$;

относительная длительность $\frac{\tau_i}{\Pi}$ каждой из составляющих прерывистых тепловыделений

для первой составляющей $\frac{\tau_1}{\Pi} = \frac{1/6}{2} = \frac{1}{12}$;

для второй составляющей $\frac{\tau_2}{\Pi} = \frac{1/2}{2} = \frac{1}{4}$;

для третьей составляющей $\frac{\tau_3}{\Pi} = \frac{8/6}{2} = \frac{2}{3}$;

коэффициент прерывистости Ω по табл.3

для первой составляющей $\Omega_1 = 0{,}64$;

для второй составляющей $\Omega_2 = -0{,}454$;

для третьей составляющей $\Omega_3 = -0{,}186$;

расчетное значение избыточных тепловыделений по формуле (47)

$$Q_{я} = 4{,}8 \times 10^{6} + \frac{15 \times 10^{6} \times 0{,}64 + 3\ (7{,}2 \times 10^{6} - 0{,}6 \times 10^{6})}{3 + \sqrt{2\,\frac{I}{12}}} +$$

$$+ \frac{8 \times 10^{6}\ (-0{,}454) - 3 \times 1 \times 10^{6}}{3 + \sqrt{2\ (1 - \frac{I}{4})}} +$$

$$+ \frac{2{,}3 \times 10^{6}(-0{,}186) - 3 \times 0{,}8 \times 10^{6}}{3 + \sqrt{2\ (1 - \frac{8}{12})}} = 11{,}14 \times 10^{6}\ \text{Вт};$$

расчетное значение конвективных тепловыделений

$$Q_{к} = Q_{к1} = 7{,}2 \times 10^{6}\ \text{Вт}.$$

Приложение 3

Определение площадей аэрационных проемов с использованием эквивалентных площадей

Величина эквивалентной площади проема определяется по формуле

$$F_э = \mu F = \frac{F}{\sqrt{\xi}} \quad .$$

Для группы проемов, пропускающих воздух параллельно

$$F_э = F_{э1} + F_{э2} + \ldots + F_{эn} \quad .$$

Для группы последовательно расположенных проемов

$$\frac{1}{F_э^2} = \frac{1}{F_{э1}^2} + \frac{1}{F_{э2}^2} + \cdots + \frac{1}{F_{эn}^2} \quad .$$

Однопролетные здания

I. Площади аэрационных проемов рекомендуется определять в следующей последовательности:

а) эквивалентная площадь всех аэрационных проемов

$$F_э = \frac{G_a}{1000\sqrt{n \Delta t_{ух}}} , \qquad (48)$$

где G_a рассчитывается по формуле (I0) п.4.I.з;

б) площадь приточных аэрационных проемов

при $\Delta P_{пр} = \Delta P_{выт} = 0{,}5 \Delta P_т$

$$F_{пр} = \frac{1{,}4 F_э}{\mu_{пр}} ; \qquad (49)$$

при $\Delta P_{пр} = n_{пр} \Delta P_т$

$$F_{пр} = \frac{F_э}{\mu_{пр}\sqrt{n_{пр}}} ; \qquad (50)$$

при заданных вытяжных проемах

$$F_{пр}=F_э\frac{(\mu F)_{выт}}{\mu_{пр}\sqrt{(\mu F)^2_{выт}-F^2_э}}\ ; \qquad (51)$$

в) площадь вытяжных аэрационных проемов

при $\Delta P_{выт}=\Delta P_{пр}=0,5\Delta P_т$

$$F_{выт}=\frac{1,4F_э}{\mu_{выт}}\ ; \qquad (52)$$

при $\Delta P_{выт}=n_{выт}\Delta P_т$

$$F_{выт}=\frac{F_э}{\mu_{выт}\sqrt{n_{выт}}}\ ; \qquad (53)$$

при заданных приточных проемах

$$F_{выт}=F_э\frac{(\mu F)_{пр}}{\mu_{выт}\sqrt{(\mu F)^2_{пр}-F^2_э}}\ . \qquad (54)$$

Двухпролетные здания

2. Расчет двухпролетных зданий с приточными и вытяжными проемами, расположенными в каждом пролете, рекомендуется вести для каждого пролета в отдельности, как для двух однопролетных зданий. Если приточные проемы можно расположить только в одном из пролетов (рис.I3), расчет избыточной температуры воздуха в рабочей зоне проводится по формулам:

для второго пролета

$$\Delta t_{р.з.2}=\Delta t_{дол}\ ; \qquad (55)$$

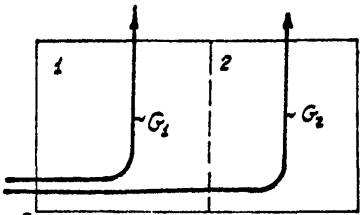


Рис.13. Схема аэрации двухпролетного здания с приточными проемами, расположенными в одном из пролетов

для первого пролета

$$\Delta t_{р.з.1} = \Delta t_{р.з.2} \sqrt[3]{\left(\frac{Q_{я.1}}{Q_{я.1} + Q_{я.2}}\right)^2} \quad . \qquad (56)$$

3. Определение расходов воздуха для каждого пролета производится по формулам

$$G_2 = \frac{3{,}6\, Q_{я.2}}{\Delta t_{р.з.2} - \Delta t_{р.з.1} + \Delta t_{стр.2}}; \qquad (57)$$

$$G_1 = \frac{3{,}6\, Q_{я.1} - G_2\, \Delta t_{р.з.1}}{\Delta t_{р.з.1} + \Delta t_{стр.1}} \quad . \qquad (58)$$

4. Площади аэрационных проемов рекомендуется определять в следующей последовательности:

а) эквивалентная площадь проемов первого пролета

$$F_{э.1} = \frac{G_1}{1000\sqrt{h_1(\Delta t_{р.з.1} + \Delta t_{стр.1})}}; \qquad (59)$$

б) площадь приточных проемов для пропуска G_1

$$F_{пр.1} = \frac{1{,}4 F_э}{\mu_{пр}} \qquad (60)$$

или $$F_{пр.1} = \frac{F_{э.1}}{\mu_{пр}\sqrt{n_{пр}}}; \qquad (61)$$

в) площадь вытяжных проемов первого пролета

$$F_{выт.1} = \frac{1{,}4F_{э.1}}{\mu_{выт}} \qquad (62)$$

или

$$F_{выт.1} = \frac{F_{э.1}}{\mu_{выт}\sqrt{n_{выт}}}; \qquad (63)$$

г) площадь приточных проемов для пропуска G_2

$$F_{пр.2} = F_{пр.1}\frac{G_2}{G_1}; \qquad (64)$$

д) площадь приточных проемов в наружной стене первого пролета

$$F_{пр} = F_{пр.1} + F_{пр.2}; \qquad (65)$$

е) эквивалентная площадь проемов второго пролета

$$F_{э.2} = \frac{G_2}{1000\sqrt{n}\left(\Delta t_{р.э.2} - \Delta t_{р.э.1} + \Delta t_{стр.2}\right)}; \qquad (66)$$

ж) площадь вытяжных проемов второго пролета

$$F_{выт.2} = F_{э.2}\frac{(\mu F)_{пр.2}}{\mu_{выт}\sqrt{(\mu F)^2_{пр.2} - F^2_{э.2}}}. \qquad (67)$$

5. Расчет трехпролетных зданий с приточными проемами, расположенными в наружных стенах первого и третьего пролетов (рис.I4), ведется также, как для двухпролетных зданий.

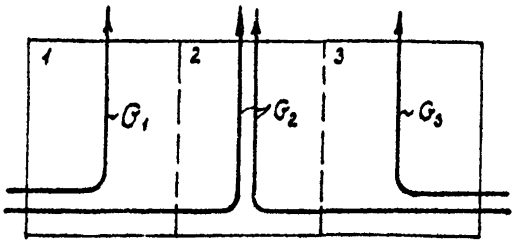


Рис.I4. Схема аэрации трехпролетного здания с приточными проемами, расположенными в крайних пролетах

В средний пролет рекомендуется подавать с обеих сторон равное количество воздуха. Избыточные температуры воздуха в рабочей зоне крайних пролетов определяют по формулам

$$\Delta t_{р.з.1} = \Delta t_{р.з.2} \sqrt[3]{\left(\frac{Q_{я.1}}{Q_{я.1} + 0{,}5\,Q_{я.2}}\right)^2}; \qquad (68)$$

$$\Delta t_{р.з.3} = \Delta t_{р.з.2} \sqrt[3]{\left(\frac{Q_{я.3}}{Q_{я.3} + 0{,}5\,Q_{я.2}}\right)^2}, \qquad (69)$$

где $\Delta t_{р.з.2}$ определяется по формуле (55).

6. Расходы воздуха для каждого пролета находят по формулам

$$G_2 = 1{,}8 Q_{я.2}\left(\frac{1}{\Delta t_{р.з.2} - \Delta t_{р.з.1} + \Delta t_{стр.2}} + \frac{1}{\Delta t_{р.з.2} - \Delta t_{р.з.3} + \Delta t_{стр.2}}\right); \qquad (70)$$

$$G_1 = \frac{3{,}6 G_{я.1} - 0{,}5 G_2 \, \Delta t_{р.з.1}}{\Delta t_{р.з.1} + \Delta t_{стр.1}} \qquad (71)$$

и далее согласно п.п.4 а - 4 в определяют площадь вытяжных проемов первого пролета, после чего последовательно находят:

а) площадь приточных проемов для пропуска воздуха, поступающего из первого пролета во второй

$$F_{пр.1-2} = F_{пр.1} \frac{0{,}5 G_2}{G_1}; \qquad (72)$$

б) площадь приточных проемов в наружной стене первого пролета

$$F_{пр} = F_{пр.1} + F_{пр.1-2}; \qquad (73)$$

в) эквивалентную площадь проемов для пропуска воздуха, поступающего из первого пролета во второй

$$F_{э.1-2} = \frac{G_2}{2000\sqrt{h(\Delta t_{р.з.2} - \Delta t_{р.з.1} + \Delta t_{стр.2}}}; \qquad (74)$$

г) площадь вытяжных проемов второго пролета для пропуска воздуха, поступающего из первого пролета во второй

$$F_{выт.1-2} = F_{э.1-2} \frac{(\mu F)_{пр.1-2}}{\mu_{выт}\sqrt{(\mu F)^2_{пр.1-2} - F^2_{э.1-2}}}; \qquad (75)$$

д) площадь вытяжных проемов второго пролета для удаления всего воздуха, поступающего в этот пролет

$$F_{выт.2} = 2F_{выт.1-2}; \qquad (76)$$

е) эквивалентную площадь проемов для пропуска воздуха из третьего пролета во второй

$$F_{3,3-2} = \frac{G_3}{2000\sqrt{h(\Delta t_{р.3.2} - \Delta t_{р.3.3} + \Delta t_{стр.2})}}, \qquad (77)$$

где $G_3 = \frac{3{,}6\,Q_{п.3} - 0{,}5G_2\,\Delta t_{р.3.3}}{\Delta t_{р.3.3} - \Delta t_{стр.3}}$; (78)

ж) площадь приточных проемов для пропуска воздуха из третьего пролета во второй

$$F_{пр.3-2} = F_{э.3-2}\,\frac{(\mu F)_{выт.1-2}}{\mu_{пр.}\sqrt{(\mu F)^2_{выт.1-2} - F^2_{э.3-2}}}; \qquad (79)$$

з) площадь приточных проемов третьего пролета для пропуска воздуха, удаляемого из этого пролета

$$F_{пр.3} = F_{пр.3-2}\,\frac{G_3}{0{,}5G_2}; \qquad (80)$$

и) площадь приточных проемов третьего пролета для пропуска всего воздуха, поступающего в этот пролет

$$F_{пр} = F_{пр.3} + F_{пр.3-2}; \qquad (81)$$

к) эквивалентную площадь проемов третьего пролета

$$F_{э.3} = \frac{G_3}{1000\sqrt{h(\Delta t_{р.3.3} + \Delta t_{стр.3})}}; \qquad (82)$$

л) площадь вытяжных проемов третьего пролета

$$F_{выт.3} = F_{э.3}\,\frac{(\mu F)_{пр.3}}{\mu_{выт.}\sqrt{(\mu F)^2_{пр.3} - F^2_{э.3}}}, \qquad (83)$$

7. Трехпролетные здания с приточными проемами, расположенными в одном из крайних пролетов (рис.I5), рассчитывают с учетом возрастания избыточной температуры воздуха в рабочей зоне каждого пролета.

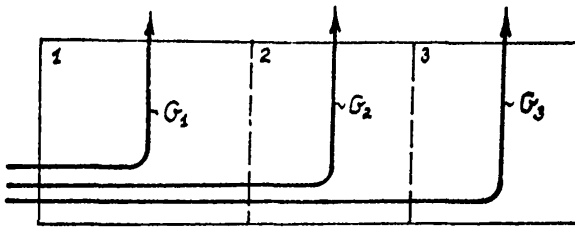


Рис. I2. Схема аэрации трехпролетного здания с приточными проемами, расположенными в одном из крайних пролетов

Для третьего пролета

$$\Delta t_{р.з.3} = \Delta t_{доп}. \qquad (84)$$

Для второго пролета

$$\Delta t_{р.з.2} = \Delta t_{р.з.3} \sqrt{\left(\frac{Q_{я.1} + Q_{я.2}}{Q_{я.1} + Q_{я.2} + Q_{я.3}}\right)^2}. \qquad (85)$$

Для первого пролета

$$\Delta t_{р.з.1} = \Delta t_{р.з.3} \sqrt{\left(\frac{Q_{я.1}}{Q_{я.1} + Q_{я.2} + Q_{я.3}}\right)^2}. \qquad (86)$$

8. Расходы воздуха определяются по формулам:

$$G_3 = \frac{3{,}6\, Q_{я.3}}{\Delta t_{р.з.3} - \Delta t_{р.з.2} + \Delta t_{стр.3}}; \qquad (87)$$

$$G_2 = \frac{3{,}6\,Q_{р.2} - G_3(\Delta t_{р.3.2} - \Delta t_{р.3.1})}{\Delta t_{р.3.2} - \Delta t_{р.3.1} + \Delta t_{стр.2}}; \quad (88)$$

$$G_1 = \frac{3{,}6\,Q_{р.1} - (G_2 + G_3)\Delta t_{р.3.1}}{\Delta t_{р.3.1} + \Delta t_{стр.1}}. \quad (89)$$

9. Площади аэрационных проемов рассчитываются в следующей последовательности:

а) площади проемов для аэрации первого пролета такие, как для однопролетных зданий по формулам (48) - (54);

б) площади приточных проемов для пропуска воздуха во второй и третьей пролеты

$$F_{пр.2} = F_{пр.1}\frac{G_2}{G_1}; \quad (90)$$

$$F_{пр.3} = F_{пр.1}\frac{G_3}{G_1}; \quad (91)$$

в) площадь приточных проемов в наружной стене первого пролета

$$F_{пр} = F_{пр.1} + F_{пр.2} + F_{пр.3}; \quad (92)$$

г) площади вытяжных проемов второго и третьего пролетов

$$F_{выт.2} = F_{э.2}\frac{(\mu F)_{пр.2}}{\mu_{выт}\sqrt{(\mu F)^2_{пр.2} - F^2_{э.2}}}; \quad (93)$$

$$F_{выт.3} = F_{э.3} \frac{(\mu F)_{пр.3}}{\mu_{выт}\sqrt{(\mu F)^2_{пр.3} - F^2_{э.3}}}, \quad (94)$$

где $$F_{э.2} = \frac{G_2}{1000\sqrt{h(\Delta t_{р.з.2} + \Delta t_{стр.2})}}; \quad (95)$$

$$F_{э.3} = \frac{G_3}{1000\sqrt{h(\Delta t_{р.з.3} + \Delta t_{стр.3})}}. \quad (96)$$

I0. Расчет трехпролетных зданий с приточными проемами, расположенными в наружных стенах крайних пролетов, а также при поступлении воздуха через фонарь среднего "холодного" пролета (рис.I6), рекомендуется вести, исходя из равенства расходов воздуха через проемы в наружных стенах и фонаре среднего пролета.

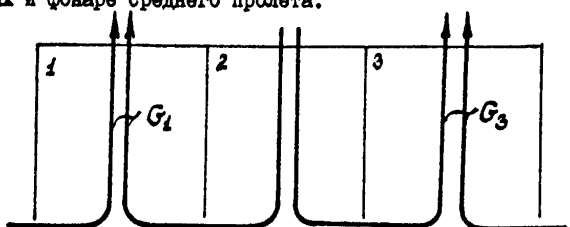


Рис.I6. Схема аэрации трехпролетного здания с приточными проемами, расположенными в наружных стенах крайних пролетов и поступлении воздуха через фонарь среднего "холодного" пролета

Избыточные температуры воздуха в рабочей зоне крайних пролетов $\Delta t_{р.з.1}$ и $\Delta t_{р.з.3}$ определяют, исходя из того, что температура воздуха, поступающего из среднего пролета в крайние, больше наружной на величину Δt, приведенную в примечании к п.2.I и, следовательно, составляют

$$\Delta t_{р.з} = \Delta t_{удп} - \frac{\Delta t}{2} \quad . \qquad (97)$$

II. Расходы воздуха G_1 и G_3 и эквивалентные площади проемов для крайних пролетов $F_{э.1}$ и $F_{э.3}$ определяют согласно п.Iа, после чего рассчитывают:

а) площади приточных проемов в наружных стенах крайних пролетов

$$F_{пр.н.1} = \frac{0{,}5F_{э.1}}{\mu_{пр}\sqrt{n_{пр}}} \quad ; \qquad (98)$$

$$F_{пр.н.3} = \frac{0{,}5F_{э.3}}{\mu_{пр}\sqrt{n_{пр}}} \quad ; \qquad (99)$$

б) площади вытяжных проемов в крайних пролетах

$$F_{выт.1} = \frac{F_{э.1}}{\mu_{выт.1}\sqrt{n_{выт}}} \quad ; \qquad (100)$$

$$F_{выт.3} = \frac{F_{э.3}}{\mu_{выт.3}\sqrt{n_{выт}}} \quad ; \qquad (101)$$

в) эквивалентные площади приточного фонаря среднего пролета

$$F_{э.пр.1} = 0{,}5F_{э.1}\,\frac{(\mu F)_{выт.1}}{\sqrt{(\mu F)^2_{выт.1} - F^2_{э.1}}} \quad ; \qquad (102)$$

$$F_{э.пр.3} = 0{,}5F_{э.3}\,\frac{(\mu F)_{выт.3}}{\sqrt{(\mu F)^2_{выт.3} - F^2_{э.3}}} \quad ; \qquad (103)$$

г) площади приточных проемов фонаря среднего пролета

$$F_{ф.1} = F_{э.пр.1} \frac{(\mu F)_{вн.1}}{\mu_ф \sqrt{(\mu F)^2_{вн.1} - F^2_{э.пр.1}}}; \qquad (104)$$

$$F_{ф.э} = F_{э.пр.э} \frac{(\mu F)_{вн.э}}{\mu_ф \sqrt{(\mu F)^2_{вн.э} - F^2_{э.пр.э}}}. \qquad (105)$$

Площади приточных проемов во внутренних стенах $F_{вн.1}$ и $F_{вн.э}$ целесообразно принимать наибольшими, исходя из конструктивных, строительных и технологических соображений, с учетом требований п.I.7;

д) суммарную площадь приточного фонаря среднего пролета

$$F_ф = F_{ф.1} + F_{ф.э}. \qquad (106)$$

Двухэтажные здания

I2. Двухэтажные здания с приточными проемами, расположенными в междуэтажном перекрытии, наружных стенах каждого этажа и общим вытяжным фонарем на перекрытии второго этажа (рис.I7), рассчитывают как последовательно расположенные однопролетные здания с учетом воздуха, поступающего из нижнего помещения в верхнее.

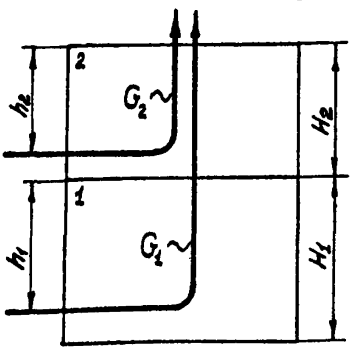


Рис.I7. Схема аэрации двухэтажного здания

Избыточные температуры воздуха в рабочей зоне каждого этажа $\Delta t_{р.з.1}$ и $\Delta t_{р.з.2}$ и расход воздуха, поступающего через наружные проемы первого этажа G_1, определяют также, как для одноэтажных зданий (см. раздел 4). Расход воздуха, поступающего через наружные проемы второго этажа G_2, находят по формуле

$$G_2 = \frac{3{,}6\,Q_{я.2} + G_1(t_{ух.2} - t_{ух.1})}{\Delta t_{ух2}}. \qquad (107)$$

13. Площади наружных аэрационных проемов (при имеющихся площадях проемов в перекрытии между этажами $F_{пер}$) рассчитывают в следующей последовательности:

а) эквивалентная площадь всех проемов для пропуска расхода воздуха G_1

$$F_{э.1} = \frac{G_1}{1000\sqrt{h_1 \Delta t_{ух.1} + H_2 \Delta t_{ух.2}}}; \qquad (108)$$

б) эквивалентная площадь всех проемов для пропуска расхода воздуха G_2

$$F_{э.2} = \frac{G_2}{1000\sqrt{h_2 \Delta t_{ух.2}}}; \qquad (109)$$

в) площадь приточных проемов второго этажа

$$F_{пр.2} = \frac{F_{э.2}}{\mu_{пр}\sqrt{n_{пр}}}; \qquad (110)$$

г) площадь вытяжных проемов второго этажа для пропуска расхода воздуха G_2

$$F_{выт.2} = F_{э.2}\,\frac{(\mu F)_{пр.2}}{\mu_{выт}\sqrt{(\mu F)^2_{пр.2} - F^2_{э.2}}}; \qquad (111)$$

д) площадь вытяжных проемов второго этажа для пропуска расхода воздуха G_1

$$F_{выт.1} = F_{выт.2} \frac{G_1}{G_2}; \qquad (II2)$$

е) суммарная площадь вытяжных проемов второго этажа

$$F_{выт.} = F_{выт.1} + F_{выт.2}; \qquad (II3)$$

ж) эквивалентная площадь всех вытяжных проемов для пропуска расхода воздуха G_1

$$F_{э.выт} = \frac{F_{пер} \, F_{выт.1}}{\sqrt{\left(\frac{F_{пер}}{\mu_{выт}}\right)^2 + \left(\frac{F_{выт.1}}{\mu_{пер}}\right)^2}}; \qquad (II4)$$

з) площадь приточных проемов первого этажа

$$F_{пр.1} = \frac{F_{э.1} \, F_{э.выт.1}}{\mu_{пр}\sqrt{F_{э.выт.1}^2 - F_{э.1}^2}}. \qquad (II5)$$

Смешанная вентиляция однопролетных зданий

I4. Смешанная приточная вентиляция проектируется, когда расход воздуха в тепловых струях $\Sigma G_{стр}$ меньше требуемых G_a или G_r. При этом величина $\Delta t_{ух}$ рассчитывается по формуле (8) или (32), если циркуляция воздуха в помещении, в основном, определяется конвективными потоками от теплоисточников, то есть, когда подача воздуха механической вентиляцией через приточные воздухораспределительные устройства осуществляется в рабочую

зону и когда приточные струи не оказывают существенного влияния на характер развития конвективных потоков в вентилируемом помещении. Если расход воздуха механической приточной вентиляции больше естественной, то величину $\Delta t_{ух}$ следует определять согласно "Рекомендациям по выбору и расчету систем воздухораспределения" серии А3-669, раздел 2.

Площади аэрационных проемов находят по формулам:

а) эквивалентная площадь проемов для пропуска расхода воздуха $\Sigma G_{стр}$

$$F_э = \frac{\Sigma G_{стр}}{1000\sqrt{h\,\Delta t_{ух}}}; \qquad (II6)$$

б) площадь приточных проемов

$$F_{пр} = \frac{F_э}{\mu_{пр}\sqrt{h_{пр}}}; \qquad (II7)$$

в) площадь вытяжных проемов для естественной вентиляции

$$F_{выт.ест} = \frac{F_э}{\mu_{выт}\sqrt{h_{выт}}}; \qquad (II8)$$

г) площадь вытяжных проемов при смешанной приточной вентиляции ($G = G_д$ или $G = G_т$)

$$F_{выт.см} = F_{выт.ест}\frac{G}{\Sigma G_{стр}}. \qquad (II9)$$

Примечание. При механическом притоке и естественной вытяжке площадь вытяжных аэрационных проемов рекомендуется принимать, исходя из скорости движения воздуха в них 4 м/с.

I5. Смешанная приточная вентиляция проектируется, также, если в результате расчета аэрации окажется, что имеющаяся фактическая площадь аэрационных проемов меньше требуемой ($F_{э.ф} < F_{э.тр}$). В этом случае расход воздуха, подаваемого механической вентиляцией, определяется по формуле:

$$G_{мех} = 1000\sqrt{h\,\Delta t_{ух}}\,(F_{э.тр} - F_{э.ф}), \qquad (I20)$$

где $\Delta t_{ух}$ следует определять согласно п.I4.

I6. Смешанная вытяжная вентиляция образуется при наличии механической вытяжки от местных отсосов, естественном притоке и общеобменной вытяжке. В этом случае величина $\Delta t_{ух}$ определяется согласно разделу 4. Далее последовательно находится:

а) расход воздуха для естественной вентиляции

$$G = \frac{3{,}6\,Q_я - G_м\,\Delta t_{р.э}}{\Delta t_{ух}}, \qquad (I2I)$$

где $G_м$ – расход воздуха механической вытяжки от местных отсосов;

б) эквивалентная площадь проемов для естественной вентиляции

$$F_э = \frac{G}{1000\sqrt{h\,\Delta t_{ух}}}; \qquad (I22)$$

в) площадь приточных проемов для естественной вентиляции

$$F_{пр.ест} = \frac{F_э}{\mu_{пр}\sqrt{n_{пр}}}; \qquad (123)$$

г) площадь приточных проемов для компенсации местной механической вытяжной вентиляции

$$F_{пр.мех} = F_{пр.ест}\frac{G_м}{G}; \qquad (124)$$

д) суммарная площадь приточных проемов

$$F_{пр} = F_{пр.ест} + F_{пр.мех}; \qquad (125)$$

е) площадь вытяжных аэрационных проемов

$$F_{выт} = \frac{F_э}{\mu_{выт}\sqrt{n_{выт}}}. \qquad (126)$$

Примечание. При естественном притоке и механической общеобменной и местной вытяжке площадь приточных аэрационных проемов в теплый период года рекомендуется определять, исходя из обеспечения скорости движения воздуха в них не более 1,4 м/с.

gost.e-ecolog.ru

[illegible] .19/9-84г. Зак.709 Тир.7300 Ц.1р. 29 коп

ГПИ Сантехпроект, г. Москва, Н. Первомайская, 46