ГОССТРОЙ СССР
Главпромстройпроект
СОЮЗСАНТЕХПРОЕКТ
Государственный проектный институт
САНТЕХПРОЕКТ

Рекомендации по выбору и расчету систем воздухораспределения

А3-669

Москва 1979

В разработке Рекомендаций принимали участие: канд. техн. наук Б.В.Баркалов (ГПИ Промстройпроект), д-р техн.наук И.А.Шепелев, канд. техн. наук Л.С.Васильева, Л.В.Иванихина, инж. К.Ш.Рахимов (ЦНИИпромзданий), инж.Е.П.Агафонов,кандидаты техн. наук В.В.Ловцов, Л.Я.Баландина, инж. М.Д.Поволоцкая (ГПИ Проектпромвентиляция),, д-р техн. наук Л.С.Клячко, кандидаты техн.наук И.Л.Генес, Л.Б.Успенская, инж. В.Ф.Пустошная (ЦНИИГС), кандидаты техн. наук Л.В.Кузьмина , А.М.Кругликова, инженеры А.С.Гуськов, И.С.Середнева (ВЦНИИОТ), д-р техн.наук М.И.Гримитлин, кандидаты техн.наук Г.М.Позин, В.Н.Тетеревников, Л.В.Павлухин (ВНИИОТ, Ленинград).

Использованы материалы ВНИИОТ (Казань).

С введением в действие настоящих Рекомендаций утрачивают силу "Указания по расчету приточных воздухораспределительных устройств" серии АЗ-358, "Указания по расчету воздухораздачи через перфорированные потолки и панели" (М., 1970) могут быть использованы впредь до разработки и утверждения типовой серии рабочих чертежей перфорированных потолков,. панелей и выпусков О к ним. После введения в действие указанных типовых рабочих чертежей дополнение I к серии АЗ-358 названных указаний следует считать аннулированным.

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

Рекомендации рассмотрены и одобрены Главпромстройпроектом Госстроя СССР.

© Государственный проектный институт Сантехпроект Главпромстройпроекта Госстроя СССР (ГПИ Сантехпроект), 1979

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Стр.

I. Общие положения 4
2. Организация и расчет воздухообмена 4
3. Выбор и расчет воздухораспределительных устройств I0
4. Расчет воздушного душирования постоянных рабочих мест I2
5. Примеры расчета I4

Приложения:

I. Характеристики типовых воздухораспределительных устройств 23
2. Расчет коэффициентов воздухообмена 30
3. Основные данные о приточных струях 37
4. Определение значений скорости движения и температуры воздуха при расчете воздухораспределения 60
5. Условные обозначения. 64

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Рекомендации по выбору и расчету систем воздухораспределения в помещениях производственных и общественных зданий составлены взамен "Указаний" серии А3-358 и предназначены для расчета воздухообмена и выбора воздухораспределительных устройств (ВР) при проектировании систем вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления.

Настоящие рекомендации не распространяются на выбор и расчет систем естественной вентиляции (аэрации)

I.2. Перечень и характеристики типовых воздухораспределительных устройств, рекомендованных к применению, приведятся в приложении I. Типовые серии рабочих чертежей воздухораспределительных устройств распространяются филиалом ЦИТП Госстроя СССР (индекс 380019, Тбилиси, 19, ул. А.Церетели, 115).

I.3. При выборе систем воздухораспределения следует руководствоваться указаниями, приведенными в ГОСТе I2.I.005-76., СН 245-7I, СНиП II-33-75 и в главах СНиП по проектированию отдельных видов промышленного производства, транспорта, связи, сельского хозяйства, жилых, общественных и складских зданий.

I.4. Экономичность принятой системы воздухораспределения, как правило, следует обосновывать сопоставлением вариантных проектных решений по приведенным затратам.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ И РАСЧЕТ ВОЗДУХООБМЕНА

2.I. Воздухообмен следует организовывать таким образом, чтобы обеспечить требования по предельному содержанию вредных веществ и норм метеорологических условий в воздухе рабочей или обслуживаемой зоны (Р.З.) согласно ГОСТу I2.I.005-76 , СН 245-7I и СНиП II-33-75. При этом необходимы нормальное ведение технологического процесса и содержание оборудования.

2.2. Организация воздухообмена включает выбор схемы организации воздухообмена, способа подачи и удаления воздуха и определение расчетного воздухообмена с учетом неравномерности распределения параметров воздуха по помещению.

2.3. Выбор схемы организации воздухообмена (снизу-вверх, сверху-вниз, сверху-вверх, снизу-вниз или смешанная схема) должен производиться в соответствии с требованиями СНиП II-33-75, СН 245-71, а также действующими союзными и отраслевыми нормами и рекомендациями (ТУ конкретных производств) с учетом следующих указаний:

Подача воздуха

а) требуется в Р.З. и выше в соответствии с п.п.83-4.87 СНиП II-33-75 и ведомственных норм;

б) рекомендуется в Р.З. при наличии сосредоточенных источников тепла (литейные, кузнечные и другие цехи) при Q я.уд. ≥ 20 ккал/(м^3.ч);

в) допускается выше Р.З. производственных помещений при Q я.уд. < 20 ккал/(м^3.ч), имеющих пыле- и газовыделений (механические, окрасочные, сварочные и другие) и помещений общественных и вспомогательных зданий;

г) допускается выше Р.З. в помещениях с любыми избытками тепла при капсулированном оборудовании (встроенных местных отсосах), выделяющем тепло и газы.

Удаление воздуха

а) следует осуществлять на уровне, предписываемом п.4.94, 4.97, 4.98, 4.102, 4.103 и п. 4.104 СНиП II-33-75 или ведомственными нормами для приведенных в них условиях;

б) рекомендуется из верхней зоны при Q я.уд. больше 20 ккал/(м^3.ч);

в) допускается на любом уровне при Q я.уд. меньше 20 ккал/(м^3.ч).

2.4. При необходимости обеспечить нормируемые параметры воздуха для всей Р.З. воздухораспределительные устройства следует размещать таким образом, чтобы суммарная зона эффективного действия всех ВР ($\Sigma F_{з.д.}$) была не менее площади Р.З. При этом необходимо, чтобы относительная площадь струи при поступлении ее в Р.З. сверху находилась в пределах $F_{стр.}=0,2 \div 0,5$ для компактных, неполных веерных и плоских струй и $F_{стр.}=0,5 \div 1$ для полных веерных струй (см. табл.3 приложения 2).

2.5. Количество воздуха, подаваемого в помещения при расчете по формулам, приведенным в приложении II СНиП П-33-75,. определяется исходя из того, что параметры воздуха, удаляемого из помещения за пределами Р.З., равны

$$t_{ух}=t_0+K_t(t_{р.з.}-t_0);$$

$$z_{ух}=z_0+K_z(ПДК-z_0);$$

$$d_{ух}=d_0+K_d(d_{р.з.}-d_0).$$

Если воздух удаляется только из Р.З., то расчет ведется по формулам

$$L_1=\frac{Q_я}{0,29(t_{р.з}-t_0)}; \qquad (1)$$

$$L_2=\frac{z}{z_{р.з}-z_0}; \qquad (2)$$

$$L_3=\frac{W}{d_{р.з}-d_0}. \qquad (3)$$

При удалении воздуха только из верхней зоны следует считать $L_м=0$, то есть

$$L_1=\frac{Q_я}{0,29K_t(t_{р.з}-t_0)}; \qquad (4)$$

$$L_2=\frac{z}{K_z(z_{р.з}-z_0)}; \qquad (5)$$

$$L_3=\frac{W}{K_d(d_{р.з}-d_0)}. \qquad (6)$$

2.6. Коэффициенты воздухообмена K_t, K_z и K_d следует принимать по нормативным документам для конкретных производств, по экспериментальным данным натурных или лабораторных исследований или находить расчетным путем. При выборе способа подачи воздуха предпочтение следует отдавать системам, имеющим большую величину коэффициента воздухообмена и окончательно принимать способ подачи, исходя из минимума приведенных затрат.

2.7. Для помещений со значительными избытками явного тепла, в которых циркуляция воздуха определяется конвективными потоками, а подача воздуха предусматривается в Р.З. при отсутствии упомянутых в п.2.6 данных величина K_t ориентировочно может быть принята по табл. I.

Таблица I

Вид помещений	Величина коэффициента воздухообмена K_t
Кузнечно-прессовые цехи, печные пролеты сталеплавильных, рельсопрокатных цехов и цехов эмалирования, корпуса нагревательных колодцев, блюминги, склады заготовок	2,0
Термические цехи	I,9
Сушильные цехи	I,8
Литейные цехи	I,7
Доменные и кузнечные цехи	I,6
Прокатные цехи	I,5
Электролизные цехи, машинные залы и компрессорные	I,4
Цехи вулканизации и производства изделий из пластмасс	I,3

2.8. Для помещений, в которых циркуляция воздуха обусловлена приточными струями, то есть при малогабаритных, равномерно распределенных по площади теплоисточниках приближенные значения коэффициентов воздухообмена

могут быть определены расчетным путем по формулам, приведенным в приложении 2. К такого рода помещениям можно отнести основные цехи радиотехнической и электронной промышленности, сборочно-сварочные, заготовительно-штамповочные цехи, а также помещения общественного назначения (залы собраний, кинотеатров и т.п.)

2.9. Для производственных помещений, в которых циркуляция воздуха обусловлена совместным действием приточных струй и конвективных потоков от теплоисточников, ($Q_{уд.} > 5$ ккал/м^3·ч) с крупногабаритным оборудованием (эквивалентный диаметр более 1,5 м), шагом расстановки воздухораспределителей 12 м и более, величины коэффициентов K_1 и K_2 при отсутствии упомянутых в п.2.6 данных ориентировочно могут быть приняты по табл. 2.

Таблица 2

№ пп	Способ подачи воздуха	Коэффициент воздухообмена	Кратность воздухообмена 3	5	10	15	20	25
1.	Приколонная подача непосредственно в Р.З. (до 2 м от пола)	K_1	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1,05
		K_2	1,85	1,75	1,65	1,6	1,55	1,5
2.	Приколонная подача с высоты 4 м от пола наклонными веерными струями в направлении Р.З.	K_1	1,15	1,05	1	1	1	1
		K_2	1,4	1,35	1,25	1,2	1,15	1,15
3	Горизонтальная подача компактными струями выше 6 м от пола	K_1	1	0,95	0,85	0,8	0,8	0,75
		K_2	1,1	1	0,9	0,85	0,8	0,8
4.	Подача сверху вниз вертикальными закрученными струями выше 6 м от пола	K_1	1	0,95	0,9	0,85	0,85	0,8
		K_2	1,1	1,05	1	0,95	0,95	0,9

Примечание. В таблице приведены экспериментальные данные для помещений высотой от 7 до 15 м при отношении высоты оборудования к высоте помещения

менее 0,8 и площадях зон действия ВР для № I,2,3 и 4 соответственно не более 300, 600, 900 и 600 м^2. Источники выделений тепла и газов (не более чем в I,5 раза тяжелее воздуха) расположены в Р.З. Вытяжка осуществляется из верхней зоны помещения.

2.I0. При одновременном выделении в воздух помещения нескольких вредных веществ не обладающих суммацией действия, количество приточного воздуха следует принимать по большему из полученных результатов (по определяющей вредности) для каждого вещества в соответствии с требованиями п. 2.3 ГОСТа I2.I.005-76 и п.I0.7 СН 245-73.

Если в воздух помещения выделяется несколько вредных веществ однонаправленного действия (п.I0.6 СН 245-7I), следует суммировать количество воздуха, необходимое для разбавления каждого вещества в отдельности до его ПДК, с учетом требований п. 2.3 ГОСТа I2.I.005-76 .

Примечание. Расчетный воздухообмен следует принимать не менее суммарного количества воздуха, расходуемого на местные отсосы и технологические нужды, но он не должен быть менее величины, требуемой п. 4.64 и 4.68 СНиП П-33-75.

2.II. Расчетный воздухообмен должен обеспечивать нормируемые условия воздушной среды в Р.З. помещения в теплый холодный и переходный периоды года. Минимальное количество воздуха, подаваемого приточными установками в холодный период года, должно определяться по расчетным условиям переходного периода года.

2.I2. При определении расчетного воздухообмена для воздушного отопления, если нет данных о значениях K_t, расчет следует вести по формуле (4), принимая

а) $t_{р.з.} = t_{р.з.\ ср.}$ (см. приложение I СНиП П-33-75);

б) $K_г$=0,9 при удалении воздуха из рабочей зоны (в том числе на рециркуляцию);

в) $K_г$=0,8 при удалении воздуха выше рабочей зоны (в том числе на рециркуляцию).

2.13. При проектировании воздушного отопления (в том числе совмещенного с вентиляцией) расчетный воздухообмен должен обеспечивать предотвращение "всплывания" нагретого воздуха вверх и соблюдение допустимых величин скорости движения и температуры воздуха в Р.З.

Скорость движения воздуха в Р.З. рекомендуется принимать до 0,7 м/с (см.п.I.9 ГОСТ I2.I.005-76). При этом преимущественно рекомендуется применять ВР, позволяющие изменять направление воздушной струи.

3. ВЫБОР И РАСЧЕТ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

3.I. При проектировании систем воздухораспределения, как правило, следует применять воздухораспределительные устройства, на которые разработаны и утверждены типовые рабочие чертежи, учитывая рекомендации п.4.I36 и 4.I37 СНиП П-33-75, и производить расчет по выпускам 0. Расчет воздухораспределительных устройств типовые рабочие чертежи которых не имеют выпусков 0 – (4.904-22, 4.904-36, I.494-8; I.494-I0; 4.90[illegible]-24; 4.904-29), впредь до разработки этих выпусков рекомендуется производить по данным приложений I и 3. При применении воздухораспределительных устройств НРВ расчетный воздухообмен, количество и размер ВР необходимо принимать по выпуску 0 типовой серии I.494-37.

3.2. Тип и количество ВР (см.приложение I) следует принимать в зависимости от выбранной схемы организации воздухообмена, объемно-планировочного решения помещения, расположения приточных установок, трассировки сети,

размещения ВР и требований, предъявляемых СНиП П-33-75.

3.3. В производственные помещения в зависимости от принятой схемы организации воздухообмена следует осуществлять подачу воздуха:

а) непосредственно в Р.З. - прямоточными струями (ВПП) и закрученными струями (ВПЭП, ВЭП);

б) выше Р.З. (выше 2 м от пола) - при относительно небольших расчетных кратностях воздухообмена (до 10 $ч^{-1}$) совмещать вентиляцию с воздушным отоплением и подавать воздух прямоточными компактными струями, омывающими Р.З. обратными потоками (ВГК), закрученными коническими, внедряющимися в Р.З. (ВЭС), неполными веерными (НРВ, РР) и компактными струями (РР); при кратностях воздухообмена от 10 до 20 $ч^{-1}$ подавать воздух полными веерными струями (ВДУМ, ВЦ, ВЭЦ), неполными (НРВ, РР), коническими (ВДУМ, $ВЭП_В$) и двухструйными ВР (ВДУМ); при кратностях более 20 $ч^{-1}$ подавать воздух через двухструйные ВР (ВДУМ), перфорированные воздухораспределители (ВПК) и панели (ВПЭП).

3.4. В помещения общественных и вспомогательных зданий для обеспечения архитектурных требований к интерьеру, подачу воздуха рекомендуется осуществлять воздухораспределительными устройствами типов РР, ВДУМ, ВДП и ВПЭП.

3.5. При подаче воздуха выше Р.З. высоту установки ВР рекомендуется принимать:

а) РР, НРВ, ВЭЦ, ВПЭП - до 4 м от пола;

б) РР, НРВ, ВГК, ВДУМ, ВДП, ВПК, ВЦ, $ВЭП_В$ - на высоте 4-6 м от пола;

в) ВГК, ВЭС - выше 6 м от пола.

3.6. При выборе и расчете ВР рекомендуется придерживаться приведенной ниже последовательности:

а) выбрать схему организации воздухообмена помещения в соответствии с требованиями СНиП П-33-75 и исходными данными на проектирование, в том числе ТУ данного производства;

б) определить расчетный воздухообмен, руководствуясь указаниями раздела 2 настоящих рекомендаций;

в) принять тип ВР с учетом заданного уровня их расположения и компоновочных решений размещения приточно-вытяжного оборудования;

г) определить количество и размер ВР из условия обеспечения нормируемой скорости движения воздуха в Р.З. (по данным выпусков 0 или по приложениям I и 3) в соответствии с требованиями приложения 4;

д) рассчитать Δt_x или Δt обр. (по данным выпусков 0 или по приложениям I и 3) в соответствии с требованиями приложения 4.

4. Расчет воздушного душирования постоянных рабочих мест

4.I. Достижение нормируемых параметров воздуха определяется расчетом по предельным (осевым) значениям параметров воздушной струи на постоянном рабочем месте.

4.2. За расчетные величины на постоянном рабочем месте следует принимать:

а) максимальную скорость движения воздушной струи, равную нормируемой (максимальной) по табл. 6 СН 245-7I, при тепловом облучении с интенсивностью 300 ккал/(м^2.ч) и более или по табл. I ГОСТ I2.I.005-76 для случаев, предусмотренных п.4.7.б СНиП П-33-75;

б) минимальную концентрацию вредных веществ в воздушной струе, равную ПДК по табл. 4 ГОСТ I2.I.005-76 ;

в) минимальную температуру воздушной струи, равную нормируемой (минимальной) по табл. 6 СН 245-7I, если температура воздуха в помещении выше нормируемой. Если температура воздуха в помещении ниже нормируемой, то максимальную температуру воздушной струи следует принимать равной нормируемой максимальной по табл. 6 СН 245-7I при тепловом облучении интенсивностью 300 ккал/(м^2.ч) и более, или по табл. 2 и 3 ГОСТ I2.I.005-76 для случаев,

предусмотренных п. 4.7.6 СНиП П-33-75.

4.3. При проектировании систем воздушного душирования, как правило, следует применять душирующие патрубки ППД. Если условия не позволяют использовать ВР ППД (при большой плотности технологического оборудования), можно применять ВР ПД. Для душирования группы постоянных рабочих мест может быть использован ВР ВГК.

4.4. Расстояние от душирующего патрубка до рабочего места должно быть не менее I м, расчетная площадь ВР не менее 0,I $м^2$. Воздушный поток должен быть направлен:

а) на грудь человека горизонтально или сверху под углом 45^0 для обеспечения на постоянном рабочем месте нормируемых температур и скорости движения воздуха;

б) в лицо (зону дыхания) горизонтально или сверху под углом 45^0 для обеспечения на постоянном рабочем месте допустимых концентраций по газу или пыли. При этом должны обеспечиваться нормируемые температура и скорость движения воздуха.

4.5. Расчет сводится к определению площади душирующего патрубка из условия обеспечения нормируемых параметров воздуха на постоянном рабочем месте по следующим формулам.

Адиабатическое охлаждение воздуха

(t норм > t_0 полученной при адиабатическом увлажнении)

а) расчетная площадь душирующего патрубка при тепловыделениях

$$F_0 = \left[\frac{(t_{р.з} - t_{норм})x}{(t_{р.з} - t_0)n}\right]^2; \qquad (7)$$

при газо-и пылевыделениях

$$F_0 = \left[\frac{(z_{р.з} - ПДК)x}{(z_{р.з} - z_0)n}\right]^2; \qquad (8)$$

б) расчетная скорость движения воздуха на выходе из душирующего патрубка

$$v_0 = \frac{v_{норм} X}{m\sqrt{F_0}}; \qquad (9)$$

в) расчетное количество воздуха на один душирующий патрубок

$$L_0 = 3600\, F_0\, v_0, \qquad (10)$$

Искусственное охлаждение воздуха (t норм $< t_0$ полученной при адиабатическом увлажнении)

г) расчетная площадь душирующего патрубка

$$F_0 = \left(\frac{X}{n}\right)^2; \qquad (11)$$

д) расчетная скорость движения воздуха на выходе из душирующего патрубка

$$v_0 = v_{норм}; \qquad (12)$$

е) требуемая температура воздуха на выходе из душирующего патрубка

$$t_0 = t_{норм}. \qquad (13)$$

4.7. Если заданы величины m, n, F_0 и X следует определять v_0 и Δt_0

а) при $X < m\sqrt{F_0}$ по формуле (12),

при $X < n\sqrt{F_0}$ по формуле (13),

при $X > m\sqrt{F_0}$ по формуле (9),

при $X > n\sqrt{F_0}$ по формуле

$$t_0 = t_{р.з} - \frac{(t_{р.з} - t_{норм})X}{n\sqrt{F_0}} \qquad (14)$$

5. Примеры расчета

Пример I:

Дано. Механический цех размером 360х72х12 м; $V = 310000$ м^3.

Теплоизбытки в теплый период года $Q_{я}$ =2320 тыс. ккал/ч

$Q_{я.уд.} = \frac{2320000}{3I0000} = 7,5$ ккал/(м^3.ч).

Недостатки тепла в холодный период года

$Q_{я}$ =I400 тыс.ккал/ч.

Категория работ средней тяжести при незначительных избытках явного тепла – Па. В теплый период года $\Delta t_{о}$ =8°С (предусматривается испарительное охлаждение приточного воздуха).

Требуется. Осуществить вентиляцию совмещенную с воздушным отоплением, при условии, что приточный воздух следует подавать сосредоточенно в верхнюю зону. Удаление воздуха производится из верхней зоны помещения.

Решение.

Теплый период года

Определяем расчетный воздухообмен по формуле (4)

$$L_{t} = \frac{2320000}{0,29 \times I \times 8.} = I \text{ млн. м}^3/\text{ч} \text{ или } Кр = 3,2\ ч^{-I},$$

где K_{t} принято по табл. 2 п.3. K_{t} =I.

Принимаем для подачи воздуха ВР ВГК (п.3.3.б), осуществляя выпуск воздуха горизонтально с отметки +7 м.

Определяем количество ВР.

Принимаем однорядную установку ВР с глубиной зоны действия 72 м. Исходя из данных табл. I0 приложения 3, получаем величину шага установки ВР. Он может быть принят равным до 36 м. Принимаем шаг установки ВР равным I8 м. В этом случае количество ВР будет составлять $\frac{360}{I8}$ = 20 шт. и расчетный расход воздуха на один ВР будет равен $\frac{I000000}{20}$ = 50 тыс. м^3/ч. По номограмме для определения $\upsilon_{макс.обр.}$ (серия 4.904-68, вып.0, лист 8) или по п. I9 приложения 3 получим воздухораспределительное устройство ВГК-3. При этом будут обеспечиваться $\upsilon_{макс.обр.}$ = 0,55 м/с.

Допустимая величина согласно табл.3 ГОСТ I2.I.005-76 и приложения 4 составляет I,8x0,5 = 0,9 м/с.

$$\Delta t_{\text{макс.обр.}} = 0{,}6^{\circ}C.$$

Допустимая величина согласно п. 2б приложения 4 больше I,5°С.

Холодный период года

Определяем расчетную избыточную температуру приточного воздуха при том же воздухообмене. Из формулы (4) и в соответствии с п.2.I2, принимая $K_z = 0{,}8$, получаем

$$\Delta t_o = t_o - t_{p3} = \frac{I400000}{0{,}29 \times 0{,}8 \times I000000} = 6^{\circ}C.$$

По выпуску 0 или по формуле (5I) приложения 3 находим допустимую избыточную температуру воздушной струи

$$\Delta t_{o.доп} = 25{,}5^{\circ}C$$

Следовательно, в холодный период года можно сократить количество работающих ВР и приточных установок, то есть вдвое уменьшить воздухообмен,

тогда $L_1 = \frac{I000000}{2} = 500$ тыс. м³/ч,

$$\Delta t_o = \frac{I400000}{0{,}29 \times 0{,}8 \times 500000} = I2{,}I^{\circ}C;$$

$v_{\text{макс.обр.}} = 0{,}58$ м/с (допустимая величина согласно п. I.9 ГОСТ I2.I.005-76 составляет 0,7 м/с).

$\Delta t_{\text{макс. обр.}} = 0{,}85 < I{,}5^{\circ}C.$

Пример 2

Дано. Цех приборостроительного завода площадью 36xI8=648 м², (I8 модулей размерами 6 х 6 м). Высота цеха $H_{пом} = 4$ м. Воздухообмен определяется из условия ассимиляции тепловыделений, равных 90000 ккал/ч (из них 60000 ккал/ч – в рабочую, а 30000 ккал/ч – в верхнюю зону). Удельная тепловая нагрузка $\frac{90000}{648.4} = 34{,}7$ ккал/(м³·ч)

Производительность местных отсосов составляет 10800 м³/ч;

В цехе осуществляется работа средней тяжести категории, Па.

Избыточная температура приточного воздуха $\Delta t_0 = 5^0$С.

Требуется. Осуществить вентиляцию ВР ВДУМ, образующими верные струи, при условии, что удаление воздуха общеобменной вентиляцией производится через решетки в потолке на границах модулей через 6 м (рис. 3б приложения 2).

Решение.

Принимаем к установке ВР ВДУМ-4Д. Каждый ВР обслуживает один модуль 6 х 6 м и размещается в центре его, подавая воздух настилающимися на потолок полными веерными струями ($m = I$; $n = I,I$);

Вычисляем относительную площадь струи при поступлении в рабочую зону по формуле для веерной струи, приведенной в табл. 3 приложения 2.

$$\bar{F}_{стр} = I - 0,I5 \cdot (2 - \frac{4-2}{\sqrt{36}})^2 = 0,58,$$

где $H_{лом} = 4$ м; $h_{р.з.} = 2$ м; $F_{пом} = 6 \times 6 = 36$ м².

В соответствии с п.2.4. величина $\bar{F}$ стр. находится в рекомендуемом для веерных струй диапазоне значений $\bar{F}$ стр. $= 0,5 \div I$. Следовательно, количество ВР выбрано правильно.

Определяем расчетное количество воздуха, подаваемого в помещение. Расчет ведем в следующей последовательности.

Задаемся величиной $K_t = I$, то есть $t_{ух} = t_{р.з.}$ и определяем количество воздуха, подаваемого в помещение, на один модуль (ВР) по формуле (I) приложения II СНиП П-33-75.

$$L_0 = 600 + \frac{5000 - 0,29 \cdot 600 \cdot 5}{0,29 \cdot 5} = 3450 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $L_м = L_{0,3} = \frac{I0800}{I8} = 600$ м³/ч; $Q_я = \frac{90000}{I0} = 5000$ ккал/ч.

Подставляя полученное значение L_o в формулу (I8) приложения 2 настоящих рекомендаций, получим

$$\alpha = \frac{I}{I - \frac{3450-600}{4I500}} = I,08,$$

где $L_{пв} = 3450 \frac{I,4}{I} \cdot \frac{3}{\sqrt{0,I3}} = 4I500$ м³/ч.

Определяем коэффициент воздухообмена по формуле (I7)

$$K_t = \frac{I - 0,I7}{0,67(I,08 - \frac{0,5}{I9,4}) + (I - 0,67)\frac{I,08 \cdot I9,4 - I}{I9,4 - 0,I7} - 0,I7} = 0,94.$$

где $q_м = \frac{0,29 \cdot 600 \cdot 5}{5000} = 0,I7$; $q_{рз} = \frac{60000}{90000} = 0,67$;

$F_{стр} = 0,5$; $I_{стр} = \frac{I,4}{I} \cdot \frac{5}{\sqrt{0,I3}} = I9,4$; $\bar{L}_м = \frac{600}{3450} = 0,I7$.

Берем среднее из принятых и полученных значений

$$K_t = \frac{I + 0,94}{2} = 0,97$$ и повторяем расчет:

$L_o = 3540$ м³/ч,

$K_t = 0,94$.

Окончательно принимаем $K_t = 0,94$ и $L_o = 3630$ м³/ч.

Общее количество воздуха, подаваемого в помещение, равно 3630 х I8 = 65340 м³/ч.

Кратность воздухообмена $K_p = \frac{3630}{6x6x4} = 25,2$ ч⁻¹;

Определяем условие обеспечения нормируемой скорости воздуха в Р.З.

По формуле (29) приложения 3 получим

$$V_x = \frac{I \cdot 7,75\sqrt{0,I3}}{5} \quad 0,82 \cdot I \cdot I = 0,46 \text{ м/с},$$

где $V_o = \frac{3630}{3600 \cdot 0,I3} = 7,75$ м/с, $K_c = 0,82$ (по табл.6 при-

ложения 3 при $\bar{X} = \frac{4-2}{\sqrt{36}} = 0,33$) $K_н = K_в = I$.

Согласно ГОСТу I2.I.005-76 для работы средней тяжести категории IIа при $q_{я.уд} > 20$ ккал/(м^3.ч) допустимая скорость движения воздуха в рабочей зоне в определяющие холодный и переходный периоды года $v_{норм} = 0,3$ м/с. По приложению 4 при допустимых метеорологических условиях, при нахождении людей в зоне прямого воздействия струи и при работах средней тяжести К = I,8.

Таким образом, допустимое значение $v_x = I,8 \cdot 0,3 = 0,54$ м/с, превосходит полученное $v_x = 0,46$ м/с.

Рассчитываем избыточную температуру приточной струи по формуле (30) приложения 8.

$$\Delta t_x = \frac{I,I \cdot 5\sqrt{0,I3}}{5} \cdot \frac{I}{0,82} = 0,48^{\circ}C,$$ что также меньше допустимого значения $\Delta t_x = I,5^{\circ}C$.

Определяем место отрыва струи воздуха от потолка по п.I6 приложения 3.

$$X_{отр.} = 0,4 \cdot I0,8 = 4,3 \text{ м},$$

где геометрическую характеристику струи Н – вычисляем по формуле (33)

$$H = 5,45 \cdot I \cdot 7,75 \frac{\sqrt[4]{0,I3}}{\sqrt{I,I.5}} = I0,8 \text{ м}.$$

Следовательно, отрыва струи от плоскости потолка не произойдет (настилание осуществляется на расстояние более 3 м).

Пример 3.

Дано. Отделение кистевой грунтовки изделий, в котором воздухообмен определяется из условий ассимиляции вредных веществ, обладающих суммацией действия. По данным технологов выделения газовых вредностей составляют: ацетона – 3,3 кг/ч; бутилацетата – 8,4 кг/ч, ксилола

10 кг/ч. Кроме того, выделяется пыль свинца - 230 мг/ч.

Помещение размером 24 х 60 х 7 м; V =10000 м^3. В приточном воздухе содержание вредных веществ не обнаружено (z_0 =0).

Категория работ средней тяжести - Па, тепловыделения незначительные. Допустимая скорость движения воздуха в рабочей зоне в определяющие холодный и переходный периоды года не более 0,3 м/с. Температура притока не отличается от температуры воздуха помещения.

Требуется. Осуществить вентиляцию при условии, что согласно "Правилам и нормам техники безопасности, пожарной безопасности и производственной санитарии для окрасочных цехов" приточный воздух следует подавать рассеянно в верхнюю зону, а вытяжку производить из нижней зоны помещения на высоте 0,5 - 0,7 м от уровня пола.

Решение.

В связи с тем, что удаление воздуха осуществляется из рабочей зоны, определяем расчетный воздухообмен по формуле (2) с учетом суммации действия ацетона, бутилацетата и ксилола

$$L_2 = \frac{3{,}3 \times 1000000}{200} + \frac{8{,}4 \times 1000000}{200} + \frac{10 \times 1000000}{50} =$$

=258 тыс. м^3/ч,

$$K_p = \frac{258000}{10000} = 25{,}8 \text{ ч}^{-1}$$

Принимаем для подачи воздуха ВР ВПК (п.3.3. б), осуществляя выпуск воздуха вертикально вниз с отметки +6,5 м.

Определяем количество ВР.

К установке могут быть приняты ВР ВПК-2.№ 10, длина которых равна 10 м (ширина помещения 24 м).

Принимая v_0=8 м/с, получим

$L_o = 3600\, V_o F_o$ $=3600 \times 8 \times 0{,}47 = 13520$ м³/ч.

Количество ВР $\frac{258000}{13520} = 19$ шт.

Принимаем 20 ВР ВПК – 2 № 10 с шагом установки $\frac{60 \times 2}{20} = 6$ м, располагая их в два ряда по длине помещения.

При $\bar{X} = \frac{4{,}5}{0{,}5^2 \times 6} = 3$ по табл. 5 приложения 3 находим $K_c = 0{,}4$; $K_в = 1$. Из заданий $K_н = 1$. Для принятых к установке ВР получим

$$V_x = \frac{0{,}26 \times 7{,}6 \sqrt{0{,}71}}{\sqrt{4{,}5}} \cdot 0{,}4 \times 1 \times 1 = 0{,}32 \text{ м/с},$$

то есть менее допустимой приложением 4. $V_x = 1{,}8 \cdot 0{,}3 = 0{,}54$ м/с,

Пример 4.

Дано. Постоянные рабочие места подвергаются тепловому облучению интенсивностью более 1800 ккал/м² ч, работа тяжелая, при значительных избытках явного тепла. Концентрация вредных веществ в приточном воздухе $Z_o = 0$, концентрация вредных веществ в рабочей зоне $Z_{р.з.} = 30$ мг/м³, температура воздуха рабочей зоны $t_{р.з.} = 28^0$С.

Расстояние ст. душирующего патрубка до постоянного рабочего места X=2 м. При адиабатическом охлаждении $t_o = 16^0$С.

Требуется. Определить типоразмер душирующего патрубка ППД (приложение 1), с обеспечением на постоянном рабочем месте ПДК = 20 мг/м³, скорости движения воздуха $V_{норм.} = 3$ м/с и температуры $t_{норм.} = 19^0$С.

Решение.

Расчетная площадь душирующего патрубка по формуле (7)

$$F_o = \left[\frac{(28 - 19) \cdot 2}{(28 - 16)\, 4{,}5}\right]^2 = 0{,}11 \text{ м}^2,$$

по формуле (8) $$F_o = \left[\frac{(30-20) \cdot 2}{(30 - 0)\, 4{,}5}\right]^2 = 0{,}02 \text{ м}^2;$$

Принимаем к установке ближайший больший размер патрубка ППД-6, F_0 =0,I6 м^2.

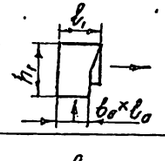
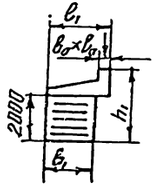
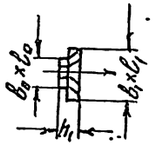
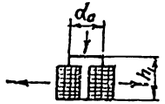
Находим значение $X_{нач}$ по формуле (23) приложения 3 $X_{нач}$ = 6,3 $\sqrt{0,I6}$ = 2,5 м, то есть заданное расстояние меньше длины начального участка.

При этом согласно п.4.7: $v_0 = v_{норм}$ =3 м/с.

Расчетный расход воздуха на один душирующий патрубок.

L_0 = 3600 х 0,I6 х 3 =I730 м^3/ч.

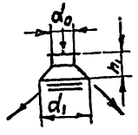
Таким образом, определяющим является расчет на обеспечение нормируемой скорости . Для соблюдения требований СН 245-7I следует установить душирующий патрубок ППД-6 с расходом воздуха I730 м^3/ч при применении адиабатического охлаждения.

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8
Воздухораспределитель для подачи воздуха компактной струей			4.94-68	ВГК-I	400x800			565	765	60	0,32		5750-I7200	6,2	5,I	I,9	Для сосредоточенной подачи воздуха в производственные и вспомогательные помещения, не загроможденные оборудованием, системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, а также для душирования группы постоянных рабочих мест. Разработаны исполнения с нижним, верхним и горизонтальным подводом воздуха
				ВГК-2	800x800			I035	I335	I2I	0,64	5-I5	1.500-34500				
				ВГК-3	800xI600			I035	I335	I9I	I,28		23000-69000				
				ВГК-4	I600xI600			I970	2460	4I3	2,56		46000-I38000				
Воздухораспределитель пристенный панельный			4.94-59	ВПП-5I	500x500		I600	2538	2233	I68,4	I,5		I620-I0800				
				ВПП-52	500x500		38I0	2538	38II	296,8	3		3240-2I600				
				ВПП-53	500x500		4760	2588	539I	423,I	4,5	0,3-2	4860-32300	В начальном участке потока ($X_{нач}$ = = 2 + I0 м) $v_x = 0{,}5 v_0 \sqrt{\Delta t_x} = 0{,}5 \sqrt{\Delta t_0}$		.85	
				ВПП-8I	500x800		2390	2892	3325	272,I	2,25		2430-I6200			290	Для подачи воздуха в рабочую зону производственных помещений горизонтально направленным потоком. Разработаны исполнения с правым и левым подводом воздуха.
				ВПП-82	500x800		3960	2892	4905	397	3,75		4040-27000			650	
				ВПП-I0I	500xI000		3I80	3096	4319	363	3		3240-2I600			70	
																I85	
																70	
				ВР, образующие неполные веерные струи (прямоточные)													
Решетка воздухоприточная регулируемая			I.494-8	РР1 исполнение А1В1	I00x200		I50		250	I,2	0,0I6		II5-290				
				РР2 исполнение А2В2	I00x400		I50		450	I,9	0,032		230-580				
				РР3 исполнение А3В3	200x200		250	II2	250	I,7	0,032	2-5	230-580	I,8	I,2	3,3	См. область применения воздухораспределительных устройств, исполнение А5 следует использовать в помещениях с большей расчетной кратностью воздухообмена
				РР4 исполнение А4Б4	200x400		250		450	3	0,064		460-I050				
				РР5 исполнение А5Б5	200x600		250		650	4,5	0,096		690-4730				
Воздухораспределитель приколонный регулируемый, веерного типа			I.494-37	НРВ-I	280			300		II,7	0,023 (X2)	5-9	I000-I900				
				НРВ-2	355			478		I5,2	0,056 (X2)	5,5-I0,6	2200-4300				
				НРВ-3	630			478		26,9	0,II2 (X2)	6-I2,7	4800-I0000	2	I,6	3	Для подачи воздуха в производственные помещения с установкой у колонн и стен на высоте 3 - 5 м от пола системами отопления и вентиляции с возможностью сезонного регулирования угла наклона лопаток в горизонтальной плоскости. Разработаны исполнения с верхним и нижним подводом воздуха.
				НРВ-4	7I0			678		52,8	0,I68 (X2)	6-I2	7200-I4500				
				НРВ-5	900			685		88	0,252 (X2)	7-I0	I2700-I8200				

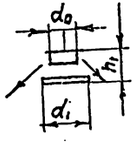
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
				НРВ-6	I250		689		I26	0,336 (X2)		7,5-I0,8	I8200-26I00				
				НРВ-7	400		278		20	0,028 (X4)		5-9	2000-3600				
				НРВ-8	500		478		27,9	0,056 (X4)		5,5-I0,6	4400-8600				
				НРВ-9	7I0		478		57,9	0,II2 (X4)		6-I2,7	9600-20000				
				НРВ-I0	I000		635		93	0,I68 (X4)		6-I2	I4400-29000				
				НРВ-II	I250		689		I54,3	0,252 (X4)		7-I0	25400-36400				
				НРВ-I2	I400		689		209,4	0,336 (X4)		7,5 I0,8	36400-52200				

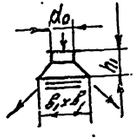
ВР, образующий веерную и коническую струи (прямоточные)

Воздухораспределитель универсальный модернизированный



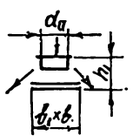
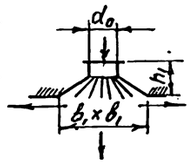
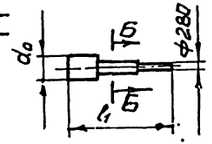
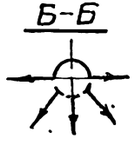
295496 I.494-I9

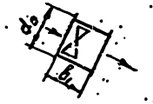
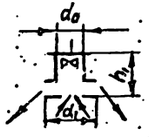
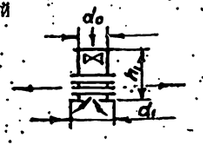


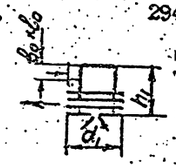
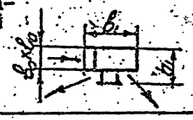
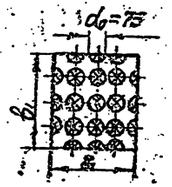


ВДУМ-2Д	250	550	I30	7,4(6,45)	0,05		720-2I60		
ВДУМ-3Д	3I5	680	I60	II,0(9,5)	0,08		II50-3450		
ВДУМ-4Д	400	850	200	I5,8(I3,75)	0,I3		I870-5650	5,I-I,I	4,2-0,8	5,9-I,4
ВДУМ-5Д	500	I064	250	24,5(2I,5)	0,2	4-I2	2880-8650			
ВДУМ-6Д	630	I324	320	38,8(34,35)	0,3I		4460-I3400			
ВДУМ-8Д	800	I680	400	60,8(54,34)	0,5		7200-2I600			
ВДУМ-I0Д	I000	2I00	500	95,0(85,4)	0,785		II300-33900			
ВДУМ-2	250	375	202	4,75 (3,8)	0,05		720-2I60			
ВДУМ-3	3I5	475	242	6,85(5,35)	0,08	4-I2	II50-3450			
ВДУМ-4	400	600	292	I0,6(8,55)	0,I3		I870-5650	I,5-0,6	2-0,8	I,3
ВДУМ-5	500	750	352	I5,3(I2,3)	0,2		2880-8650			
ВДУМ-6	630	945	432	26,2(2I,75)	0,3I		4460-I3400			
ВДУМ-8	800	I200	832	38,6(32,I4)	0,5		7200-2I600			
ВДУМ-I0	I000	I500	705	62,7(53,I)	0,785		II300-33900			
ВДУМп-2Д	250	550	223	II,6(I0,65)	0,05		720-2I60			
ВДУМп-3Д	3I5	630	263	I7,I(I5,6)	0,08		II50-3450			
ВДУМп-4Д	400	850	3I3	23,2(2I,I5)	0,0I3		I870-5650)	I,9-0,7	2,4-0,8	2-I,3
ВДУМп-5Д	500	I050	370	3I,3(27,3)	0,2	4-I2	2880-8650			
ВДУМп-6Д	630	I324	447	54,I(49,65)	0,3I		4460-I3400			

Для подачи воздуха в помещения производственных и административно-общественных зданий системами отопления и вентиляции и кондиционирования воздуха

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
				ВДУМ-8Д	800	1630	550		83,0(76,54)	0,5		7200-21600	1,9-0,7	2,4-0,8	1,3	
				ВДУМ-10Д	1000	2100	721		128,0(118,4)	0,785	4-12	11300-33900				
				ВДУМп-2	250	375	202		4,93 (3,98)	0,05		720-2160				
				ВДУМп-3	315	475	242		7,22 (5,72)	0,08		1150-3450				
				ВДУМп-4	400	600	292		11,3 (9,25)	0,13		1170-5650	2,2-1,6	2,5-1,9	1,5	
				ВДУМп-5	500	750	352		15,6 (12,8)	0,2	4-12	2880-8650				
				ВДУМп-6	630	945	432		28,2 (12,8)	0,31		4460-13400				
				ВДУМп-8	800	1200	532		418 (35,34)	0,5		7200-21600				
				ВДУМп-10	1000	1500	705		65,9 (56,3)	0,785		11300-33900				
				ВР, образующий веерную и компактную струи (прямоточные)												
Воздухораспределитель двухструйный шестидиффузорный прямоугольного сечения			4.904-29	ВДШп-2	250	530	141		10,07	0,05		360-900				Для подачи воздуха в помещения различного назначения с повышенными требованиями к интерьеру системами вентиляции и кондиционирования воздуха. Имеется разработка из алюминия (ВДШпА серии 1.494-29)
				ВДШп-3	315	660	158		14,51	0,08		575-1440	0,8 (1,4)	0,65 (1,05)	1,3	
				ВДШп-4	400	830	201		22,30	0,13	2-5	935-2340				
				ВДШп-5	500	1030	227		31,64	0,2		1440-3600				
				ВДШп-6	630	1290	261		45,82	0,31		2230-5400				
				ВДШп-8	800	1680	304		68,38	0,5		3600-9000				
				ВР, образующий плоскую струю (прямоточную)												
Воздухораспределитель перфорированный круглый	 		4.904-24	ВПК-I № 4	315			4000	25	0,1 (0,45)		1440-2830	0,24	0,22		Для подачи воздуха в производственные помещения системами вентиляции и кондиционирования воздуха
				ВПК-I № 6	400			6000	48	0,16(0,51)		2300-4600	0,27	0,2		
				ВПК-I № 8	400			8000	61	0,21(0,54)		3020-6040	0,22	0,2		
				ВПК-I № 10	450			10000	82	0,26(0,57)	4-8	3740-7480	0,21	0,19	1,7	
				ВПК-I № 12	450			12000	101	0,31 (0,6)		4460-8920	0,21	0,19		
				ВПК-I № 14	500			14000	124	0,36(0,62)		5180-10360	0,2	0,18		
				ВПК-I № 16	500			16000	146	0,42(0,64)		6050-12100	0,2	0,18		
				ВПК-I № 18	630			18000	187	0,47(0,68)		6760-13520	0,19	0,18	2	
				ВПК-I № 20	630			20000	225	0,52(0,71)		7500-15000	0,19	0,17		
				ВПК-I № 22	630			22000	264	0,57(0,74)	4-8	8200-16400	0,18	0,17		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
				ВПК-1 № 24	630				24000	302	0,63(0,76)		9050-18100	0,18	0,17		
				ВПК-1 № 26	710				26000	348	0,63(0,79)		9800-19600	0,18	0,16	2	
				ВПК-1 № 28	710				28000	391	0,73(0,81)	4-8	10500-21000	0,18	0,16		
				ВПК-1 № 30	800				30000	443	0,78(0,84)		11200-22400	0,17	0,16		
				ВПК-1 № 32	800				32000	491	0,83(0,87)		12000-24000	0,17	0,16		
				ВПК-2 № 4	400				4000	30,5	0,16(0,52)		2300-4600	0,3	0,27		
				ВПК-2 № 6	450				6000	51	0,26(0,58)	4-8	3740-7480	0,28	0,26	1,7	
				ВПК-2 № 8	500				8000	74	0,36(0,63)		5180-10360	0,27	0,25		
				ВПК-2 № 10	630				10000	115	0,47(0,71)		6760-13520	0,26	0,23		
				ВПК-2 № 12	630				12000	158	0,57(0,75)	4-8	8200-16400	0,25	0,23	2	
				ВПК-2 № 14	710				14000	199	0,68(0,81)		9800-19600	0,24	0,22		
				ВПК-2 № 16	800				16000	251	0,78(0,86)		11200-22400	0,23	0,21		
				ВР, образующие конические или полные веерные струи (закрученные)													
Воздухораспределитель эжекционный для сосредоточенной подачи воздуха 		359852	I.494-17	ВЭС-8/50	800		770		22,2	0,5		6-12	10300-21600	2,5	2,4	5,2	Для подачи воздуха из верхней зоны в направлении рабочей зоны производственных помещений системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха
				ВЭС-10/50	1000		965		45,6	0,78			16850-33700				
				ВЭС-12,5/50	1250		1210		69,3	1,23			26570-53140				
				ВЭС-14/50	1400		1350		85,4	1,54			33260-66530				
				ВЭС-16/50	1600		1530		136,8	2,0			43200-86000				
Воздухораспределитель эжекционный потолочный 		329352	I.494-20	ВЭПв-3	315	437		497	6,3	0,078			1680-3370				Для подачи воздуха в направлении рабочей зоны производственных помещений сверху вниз с высоты 4 м и более системами отопления и вентиляции и кондиционирования воздуха
				ВЭПв-4,5	450	617		701	14,1	0,16			3430-6870	0,5	0,4	4,2	
				ВЭПв-6	630	880		978	24,4	0,31			6730-13460				
				ВЭПв-9	900	1237		1880	74,8	0,64		6-12	13820-27650				
				ВЭПв-12,5	1250	1750		1905	135,7	1,23			26570-53140				
				ВЭПв-14	1400	1960		2137	168,2	1,54			33260-66530				
Воздухораспределитель эжекционный пристенный 		361716	I.494-5	ВЭП-3	315	437		590	8,3	0,078		6-12	1680-3370	0,4	0,35	4	Для подачи воздуха системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха непосредственно в рабочую зону производственных помещений
				ВЭП-4,5	450	617		890	17,9	0,16			3430-6870				
				ВЭП-6	630	880		1160	23	0,31			6780-13460				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Воздухораспределитель эжекционный центробежный		294055	I.494-I6	ВЭЦ-2,8	70хI40	364х364		407		7,0	,0I		I44-283				
				ВЭЦ-3	79хI60	437		413		7,7	,0I3	4-3	I87-375	0,7	I	2,5	Для подачи воздуха в верхнюю зону, помещений с высоты 4 м и меньше в промышленных и административно-общественных зданиях системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха
				ВЭЦ-4,5	II3хI25	6I7		490		I3,9	,025		540-I080				
				ВЭЦ-6	I58хI5	880		626		26,3	,05	6-I2	I080-2I60				
				ВЭЦ-9	225х450	I837		805		45,2	,I		2I60-4320				
Воздухораспределитель центробежный		I85482	4.904-52	ВЦ-3	250х400	720		720		32	,I		I400-4300	0,8 (I,3)	I (I,6)	6,2 (5,8)	Для подачи воздуха в производственные помещения системами отопления и вентиляции горизонтальными или коническими вертикальными струями
				ВЦ-5	400х500	I085		970		6I,5	,2		2800-8500				
				ВЦ-7	500х800	I442		I450		I45,5	,4	4-I2	5700-I7000				
				ВЦ-9	300х800	2066		I600		229,5	,64		9200-27400				
Воздухораспределитель пристенный эжекционный панельный		354747	I.494-I8	ВПЭП-II		580		I090		39							
				ВПЭП-IIа						38,2							
				ВПЭП-IIв		I090		580		39,2	,52	I,6-6,3	I250-5000			2,5	Для подачи системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в рабочую зону производственных помещений с избытками тепла и на любом уровне производственных, административно-общественных, лабораторных помещений без избытков тепла
				ВПЭП-IIГб						39,2							
				ВПЭП-IIГв						37							
				П-ВПЭП-II		570		I070		5,5							
				П-ВПЭП-IIГ						5,5							
				ВПЭП-I2						7I,5							
				ВПЭП-I2Гб		II50		II50		72,5							
				ВПЭП-I2Гв						7I,5							
				ВПЭП-2I		890		2I80		69	,44	I,6-6,3	2500-I0000				
				ВПЭП-		2390		I080		33							
				П-ВПЭП-I2		II36		II06		I8,5							
				П-ВПЭП-I2Г						I8,8							
				ВПЭП-I3						96							
				ВПЭП-I3Гб		I7I0		II50		97	,66	I,6-6,3	3750-I5000				
				ВПЭП-I3Гв						99							
				П-ВПЭП-I3		I666		II06		25,5							
				П-ВПЭП-I3Г						25,8							

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8
				ВПЭП-I4						II8							
				ВПЭП-I4Г6			2240		II50	II9							
				ВПЭП-I4Гв						II6,5							
				ВПЭП-22						I29						25	
				ВПЭП-22Г6			II80		2300	I3I	0,88	I,6-6,3	5000-20000				
				ВПЭП-22Гв						I3I,I							
				П-ВПЭП-I4			2I96		II06	33							
				П-ВПЭП-I4Г						33,3							
				ВПЭП-23						I70							
				ВПЭП-23Г6			I7I0		2300	I7I							
				ВПЭП-23Гв						I68	I,32	I,6-6,3	7500-30000				
				ВПЭП-I			3xI267		II50	77							
				ВПЭП-24						2I0							
				ВПЭП-24Г6			2249		2300	2I2	I,77	1,6-6,3	I0000-40000				
				ВПЭП-24Гв						2I0							

ПРИМЕЧАНИЯ:

I. Масса ВР ВДУМ, указанная в скобках, относится к ВР без регулятора расхода.

2. В колонках I5, I6 и I7 ВР ВДУМ для предпочтительной конической струи указаны предельные значения коэффициентов m, n и φ, зависящие от положения отражателя и относительного расстояния.

3. В колонке I2 ВР НРВ в скобках указано количество веерных струй.

4. В колонках I5 и I6 ВДШ приведены величины m и n для компактной вертикальной струи, а в скобках – для настилающейся веерной струи.

5. В колонках I5 и I6 ВР ВЦ приведены величины m и n для веерной струи, а в скобках – для конической вертикальной струи.

6. При настилании воздушных струй на ближайшее сплошное ограждение величины m и n, приведенные в колонках I5 и I6, следует умножать на коэффициент K_6 (см. п. I3 и табл. 6 приложения 3) за исключением данных, приведенных для ВР ВДШ и ВР, образующих закрученные струи.

7. При расчете плоских воздушных струй по формулам табл. 3 приложения 2, пользовании табл. 4 и определении величин $X_{кр.}$, a, $t_{он}$, $l_{пом.}$ по п. 2I и 22, приложения 3 для воздухораспределительных устройств ВПК следует принимать $m = 0,5$ и $n = I$.

Для настилающихся плоских струй в этих случаях принимать $m = 0,7$ и п. I,4.

8. Для ВР, образующих закрученные струи, в колонках I5 и I6 приведены осредненные по длине струи значения коэффициентов m и n.

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВОЗДУХООБМЕНА.

I. При подаче воздуха непосредственно в рабочую зону (рис.I) коэффициент воздухообмена равен

$$K_t = 1 + \frac{1 - q_{р.з}}{q_{р.з}} \cdot \frac{L_o}{L_o - L_м}, \qquad (15)$$

где $q_{р.з} = \frac{Q_{р.з}}{Q}$ – доля тепловыделений, поступающих в рабочую или сбслуживаемую зону ($Q_{р.з.}$), от общих тепловыделений в помещении ($Q = Q_{р.з.} + Q_{в.з.}$), а $Q_{в.з.}$ – тепловыделения в верхней зоне.

При наличии местных отсосов расчет воздухообмена ведется в следующем порядке: задаемся значением K_t, затем определяем $t_{ух} = t_o + K_t(t_{р.з} - t_o)$ и находим $L_o = L_y$, по формуле (I) приложения II СНиП П-33-75. Подставляем полученную величину воздухообмена в формулу (I5), определяем K_t и сравниваем полученное значение с исходным. При расхождении принятого и полученного значения K_t более чем на I0%, расчет повторяем, взяв среднее из полученного и принятого значений K_t.

Если местные отсосы отсутствуют или их доля в общем воздухообмене невелика (до I0%), значение K_t определяется непосредственно по формуле (I5), при $L_м = 0$.

2. При подаче приточного воздуха струями, поступающими из верхней зоны в рабочую, коэффициент воздухообмена определяется по формулам:

при расположении вытяжных отверстий общеобменной вентиляции вне зоны непосредственного воздействия струи (рис.2)

$$K_t = \frac{1 - q_м}{q_{р.з}\left(1 - \frac{\bar{t}_{стр}}{t_{стр}}\right) + \left(1 - q_{р.з}\right)\frac{t_{стр} - 1}{t_{стр} - t_м} - q_м}, \qquad (16)$$

при расположении вытяжных отверстий в зоне непосредственного воздействия приточной струи на расстоянии $h_в$ от ее начала (рис.3)

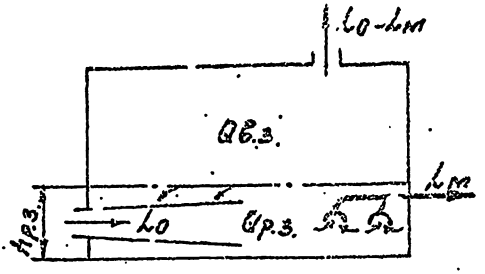


Рис. I. Схема подачи воздуха ВР, расположенными в рабочей зоне

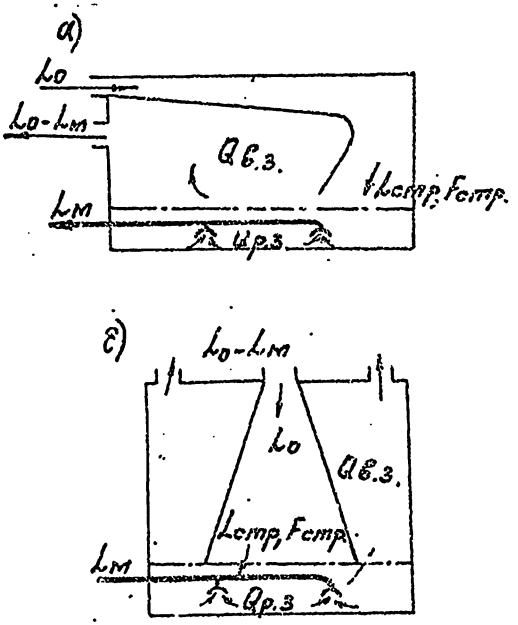


Рис. 2. Схемы подачи воздуха ВР, расположенными выше рабочей зоны при удалении его вне зоны непосредственного воздействия струи.

а - настилающая струя;

б - ненастилающаяся струя

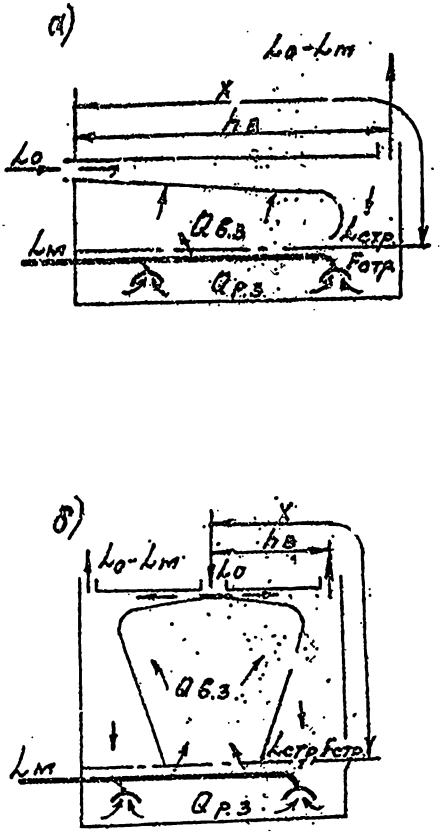


Рис.3. Схемы подачи воздуха ВР, расположенными выше рабочей зоны при удалении его в зоне непосредственного воздействия струи

а – плоская или компактная струя;

б – веерная струя

$$K_t = \frac{1 - q_м}{q_{р.з}\left(\alpha - \frac{\bar{F}_{стр}}{\bar{L}_{стр}}\right) + \left(1 - q_{р.з}\right)\frac{\alpha \bar{L}_{стр} - 1}{\bar{L}_{стр} - \bar{L}_м}} - q_м \qquad (17)$$

где
$$\alpha = \frac{1}{1 - \frac{L_0 - L_м}{L_{нв}}}, \qquad (18)$$

$q_м = \frac{Q_м}{Q}$ – доля тепла, удаляемого из рабочей зоны $Q_м$, от общих тепловыделений в помещении Q.

Здесь $Q_м = 0{,}29 L_м (t_{р.з} - t_0)$; (19)

$\bar{F}_{стр} = \frac{F_{стр}}{F_{пом}}$ – расчитываемое по формулам табл.3 отношение условной площади струи $F_{стр}$ при входе ее в рабочую зону к площади пола помещения $F_{пом}$ приходящейся на одну струю;

$\bar{L}_{стр} = \frac{L_{стр}}{L_0}$ – относительный условный расход воздуха в струе при входе ее в рабочую зону (см.табл.3);

$\bar{L}_м = \frac{L_м}{L_0}$ – относительный расход воздуха, удаляемого из р.з;

$L_{нв}$ – условный расход воздуха в приточной струе на уровне вытяжных отверстий (см.примечание табл.3).

3. При подаче воздуха горизонтальными струями выше рабочей зоны, когда параметры его в рабочей зоне формируются обратными потоками (рис.4), коэффициент воздухообмена равен:

для настилающихся струй (рис.4а)

$$K_t = 1 - \frac{L_0}{L_{нв}} \qquad (20)$$

для ненастилающихся струй (рис.4б)

$$K_t = \frac{1}{1 + 2\frac{2q_{р.з} - 1}{1 - q_м}\cdot\frac{L_0 - L_м}{0{,}57 L_0 \sqrt{\frac{F_{пом}}{F_0}}}} \qquad (21)$$

Таблица 3

Наименование параметра	Компактная струя	Плоская струя	Веерная струя
Относительный условный расход воздуха в струе $\bar{L}_{стр}=\frac{L_{стр}}{L_0}$:			
при размещении вытяжки вне зоны непосредственного воздействия струи	$\frac{2}{m}\cdot\frac{X}{\sqrt{F_0}}$	$\frac{1,4}{m}\sqrt{\frac{X}{b_0}}$	$\frac{1,4}{m}\cdot\frac{X}{\sqrt{F_0}}$
при удалении воздуха из зоны непосредственного (прямого) воздействия струи	$\frac{2}{m}\cdot\frac{X}{\sqrt{F_0}}-\frac{X}{h_в}$	$\frac{1,4}{m}\sqrt{\frac{X}{b_0}}-\sqrt{\frac{X}{h_в}}$	$\frac{1,4}{m}\cdot\frac{X}{\sqrt{F_0}}-\frac{X}{h_в}$
Относительная условная площадь струи $\bar{F}_{стр}=\frac{F_{стр}}{F_{пом}}$	$4,8\left(\frac{1}{m}\cdot\frac{X}{\sqrt{F_{пом}}}\right)^2$	$2,8\left(\frac{1}{m}\sqrt{\frac{X}{B_{пом}}}\right)^2$	$1-0,15\left(2-\frac{H_{пом}-h_{р.з}}{\sqrt{F_{пом}}}\right)^2$

Примечание. Если $\bar{F}_{стр}>0,5$, то в расчетные формулы для определения K_t следует подставлять значения $\bar{F}_{стр}=0,5$;

$L_{стр}$ – условный расход воздуха в приточной струе;

$F_{стр}$ – условная площадь струи;

– расстояние от приточного отверстия до рабочей зоны по длине струи;

$h_в$ – расстояние между приточными и вытяжными отверстиями по длине струи. При нескольких вытяжных отверстиях принимается среднее расстояние.

При определении условного расхода воздуха $L_{h_в}$ в приточной струе на уровне вытяжных отверстий в формулы для расчета $\bar{L}_{стр}$ следует вводить множитель L_0 и вместо X подставлять величину $h_в$.

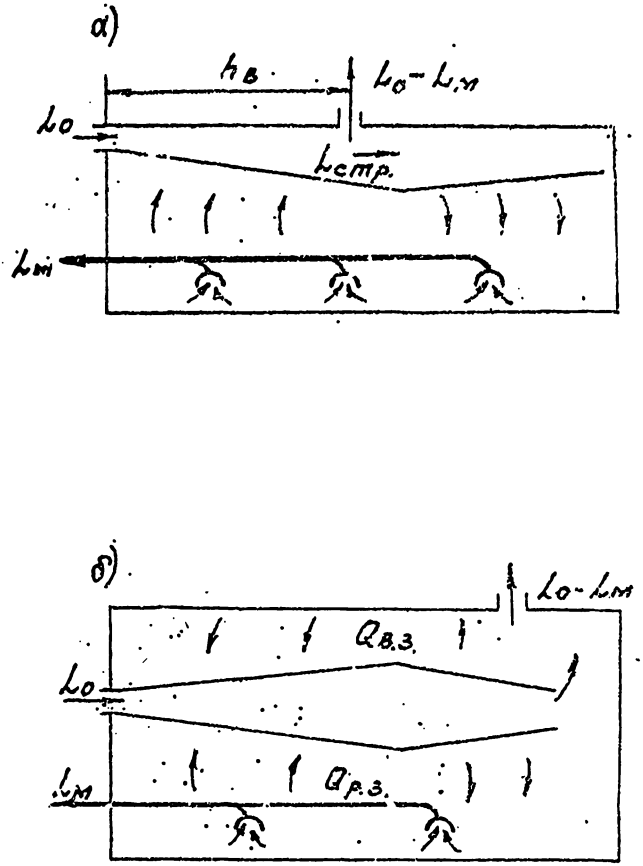


Рис. 4. Схемы подачи воздуха ВР, расположенными выше рабочей зоны, когда параметры его в рабочей зоне формируются обратными потоками

а – настилающаяся струя;

б – ненастилающаяся струя

4. Расчеты по формулам (16), (17), (20) и (21) ведутся методом последовательных приближений. Значения K_t следует принимать в пределах от 0,7 до 2. Если в результате расчета по формулам (15), (16) или (21) получится, что $K_t > 2$, то при последующем определении воздухообмена следует принимать $K_t = 2$. Если в результате расчета по формулам (17), (20) или (21) получится, что $K_t < 0,7$, то следует или разместить устройства для подачи и удаления воздуха на большем расстоянии или принять другой способ подачи воздуха так, чтобы величина K_t была равна не менее 0,7.

Значения коэффициентов воздухообмена K_t, определенные по формулам (15)-(21), приведены в таблице 4.

Таблица 4

№ вп.	Способ подачи воздуха	Место удаления воздуха общеобменной вентиляции	Величина коэффициента воздухообмена K_t
I	Непосредственно в Р.З. (рис.I)	Из верхней зоны	
	при $\varphi_{р.з.}$ = I,0		I,0
	0,7		I,4
	0,5		2,0
2	Наклонными струями в направлении Р.З с высоты до 4 м от пола	Из верхней зоны	
	при $\varphi_{р.з}$ = I,0		I,0
	0,7		I,2
	0,5		I,3
3	То же, с высоты более 4 м		
	при $\varphi_{р.з}$ = I,0		I,0
	0,7		I,0
	0,5		I,2

№ пп	Способ подачи воздуха	Место удаления воздуха общеобменной вентиляции	Величина коэффициента воздухообмена K_t
4	Выше Р.З (рис.2) при $\varphi_{р.з}$ =I,0	Вне зоны непосредственного воздействия струи	I,I
	0,7		I,I5
	0,5		I,2
5	Выше Р.З (рис.3) при $\varphi_{р.з}$ =I,0	В зоне непосредственного воздействия струи	0,9
	0,5		0,85
6.	Выше Р.З настилающимися струями (рис.4а)	В зоне непосредственного воздействия струи при $\frac{lw_в}{\sqrt{F_c}}$ = I0	0,8
		20	0,9
		30	0,95
7	Выше Р.З ненастилающимися струями (рис.4б)	Из верхней зоны	
	при $\varphi_{р.з}$ I,0		0,85
	0,7		0,95
	0,5		I,0

5. Величина $Q_{р.з}$, складывается из величин конвективной составляющей тепловыделений от оборудования $Q_к$; лучистой составляющей $Q_л$ от оборудования, попадающей в рабочую зону; тепловыделений от светильников, расположенных в рабочей или обслуживаемой зонах, или их лучистой составляющей $Q_с$, попадающей в рабочую зону; инсоляции $Q_и$ поступающей через светопрозрачные ограждения в рабочую зону и тепловыделений от людей $Q_р$.

$$Q_{р.з} = Q_к + Q_л + Q_с + Q_и + Q_р. \qquad (22)$$

Примечание. При ориентировочных расчетах величина $Q_к + Q_л$ может быть принята равной 70% от общей мощности оборудования.

Основные данные о приточных струях

1. Циркуляция воздуха в помещении и распределение параметров воздуха по рабочей зоне и на постоянных рабочих местах в значительной мере определяется способом подачи воздуха при механической вентиляции, то есть приточными вентиляционными струями. В свою очередь конструкция воздухораздающего устройства определяет форму и направление струи и характер ее развития в помещении. Схемы подачи воздуха приведены на рис. 5-7.

2. Воздушная струя образуется принудительным истечением воздуха из воздухораспределительного устройства. В зависимости от конструкции воздухораспределителя струи могут быть прямоточными или закрученными.

Прямоточные струи подразделяются на компактные и плоские, у которых векторы скорости на истечении параллельны между собой, а также веерные и конические, у которых векторы скорости на истечении образуют между собой некоторый угол.

Закрученные струи подразделяются на полные веерные и конические, у которых векторы скорости на истечении складываются из векторов скорости поступательного и вращательного движений.

Типы РР, образующие прямоточные и закрученные струи, приведены в п.3.3.

3. Максимальные скорости движения воздуха v_x избыточные температуры Δt_x и концентрации вредных веществ Δz_x в струях располагаются на условных поверхностях максимальных параметров (ПМП). Значения параметров воздуха уменьшаются к границам струи и по мере удаления струи от места истечения.

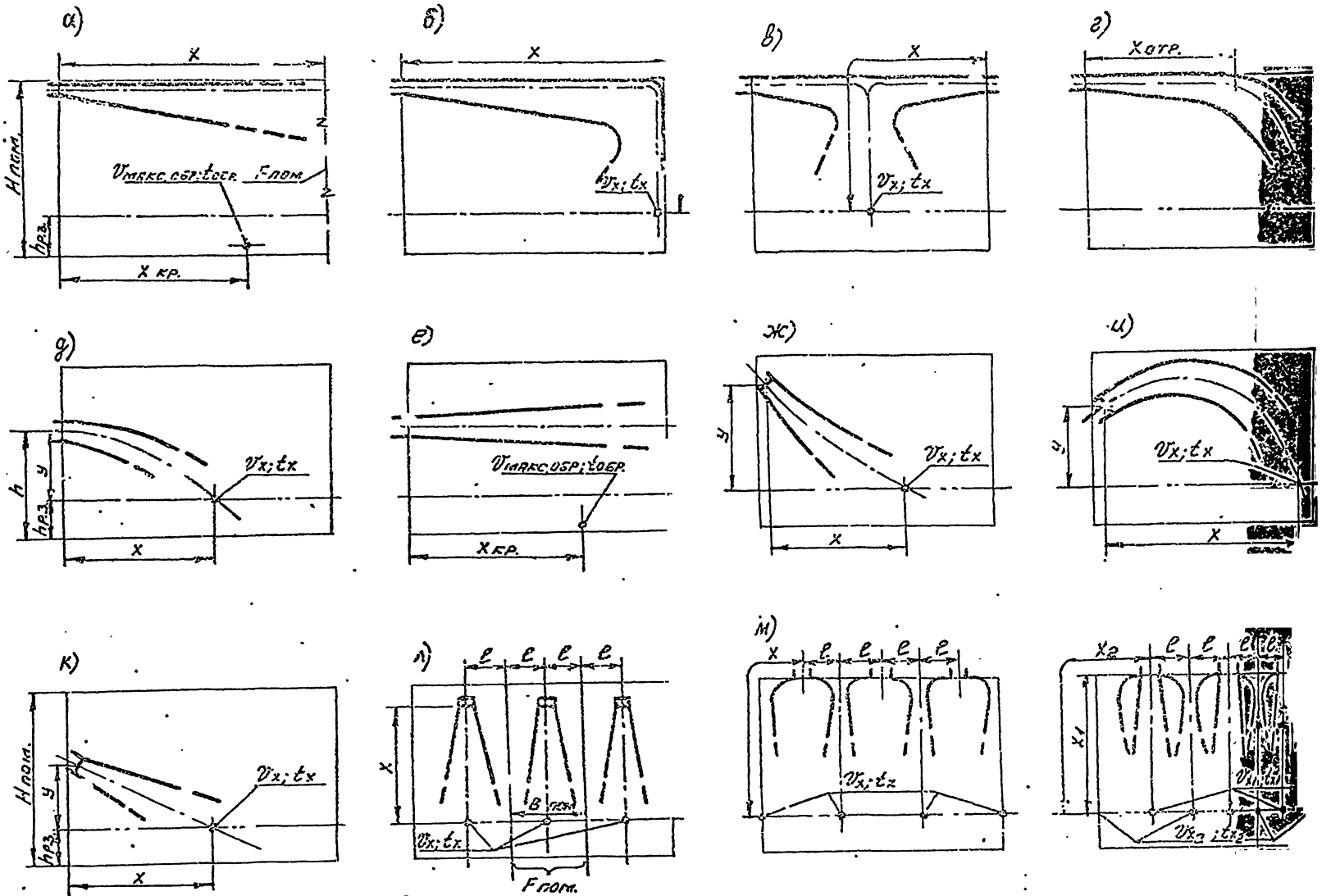


Рис.5. Схемы подачи воздуха прямоточными струями ВР, расположенными выше рабочей зоны.
а, б, в, г, м – горизонтально с настиланием; д, е – горизонтально без настилания; ж, и, к – под углом к горизонтальной плоскости; л – вертикально сверху вниз; н – горизонтально с настиланием и вертикально сверху вниз (двухструйно).

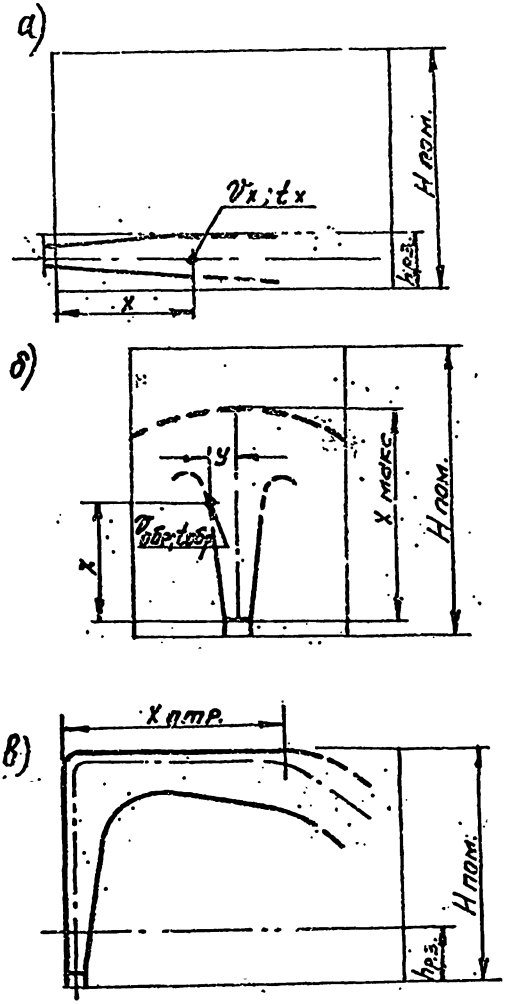


Рис.6 Схемы подачи воздуха прямоточными струями ВР, расположенными в рабочей зоне:
а – горизонтально;
б – вертикально без настилания снизу вверх;
в – вертикально с настиланием снизу вверх

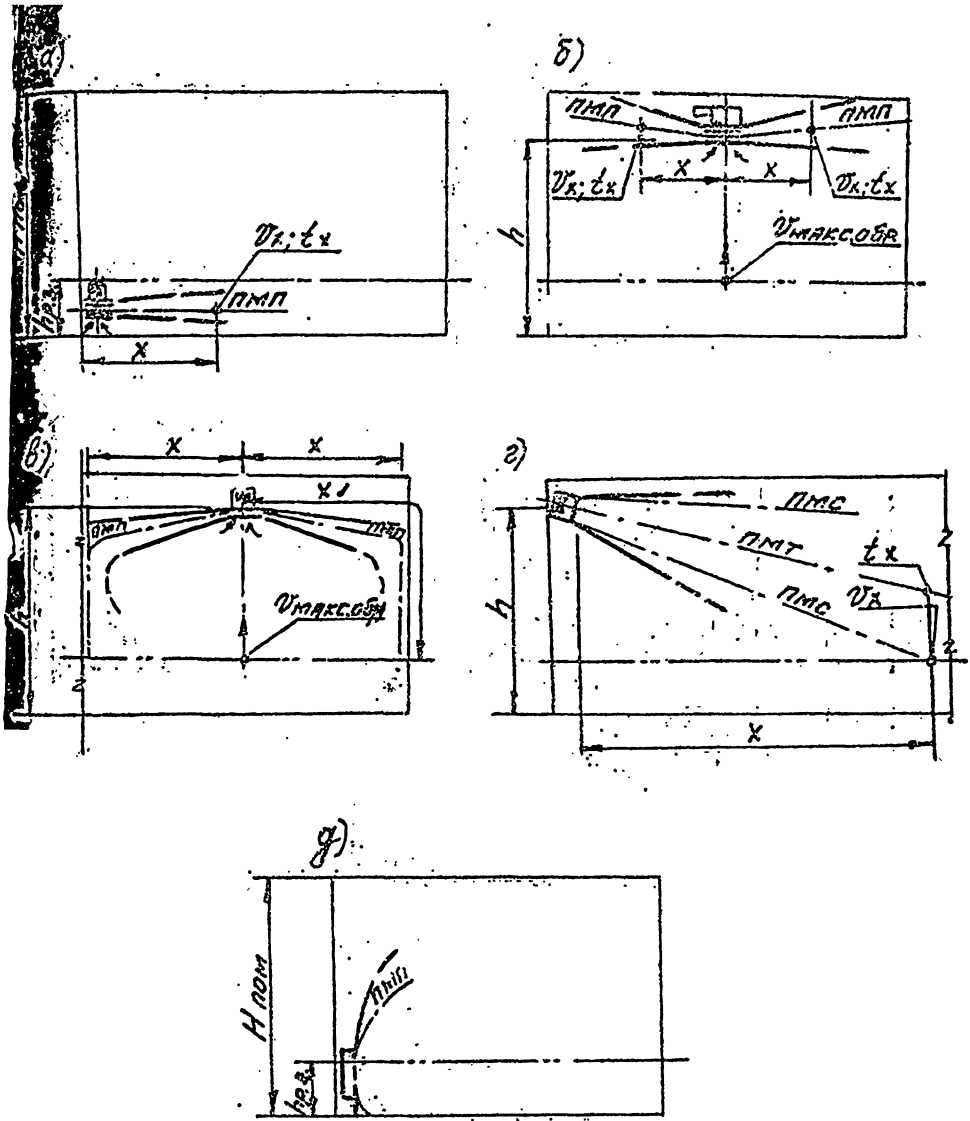


Рис.7. Схемы подачи воздуха закрученными струями:
а, д – горизонтально, ВР, расположенными в рабочей зоне;
б – горизонтально с настиланием и без настилания;
в – под углом к горизонтальной плоскости без настилания; г – горизонтально и под углом к горизонтальной плоскости ВР, расположенными в верхней зоне.

4. Форма струи зависит от конструктивных особенностей ВР (в том числе от оформления воздуховыпускного отверстия).

К о м п а к т н ы е с т р у и образуются при истечении воздуха из отверстий круглой формы или формы, близкой к квадратной. ПМП представляет собой прямую линию, совпадающую с геометрической осью струи.

В е е р н ы е с т р у и образуются при принудительном увеличении угла раскрытия струй. Различают полные веерные струи, у которых угол раскрытия составляет 360^0, и неполные, у которых этот угол менее 360^0. ПМП представляет собой плоскость, совпадающую с плоскостью принудительного угла раскрытия струи.

К о н и ч е с к и е с т р у и образуются также при принудительном увеличении угла раскрытия струи. ПМП представляет собой коническую поверхность, причем образующая конуса является геометрической осью струи.

П л о с к и е с т р у и образуются при истечении из вытянутых прямоугольных отверстий. ПМП представляет собой плоскость, совпадающую с геометрической плоскостью симметрии струи, параллельной большей стороне прямоугольного отверстия.

Образующаяся при истечении из вытянутого прямоугольного отверстия струя рассчитывается как плоская на расстоянии $X<6\ell_0$, где ℓ_0 – размер большей стороны прямоугольного отверстия. При $X \geq 6\ell_0$ струя рассчитывается как компактная.

З а к р у ч е н н ы е с т р у и образуются при установке закручивающих устройств в подводящем патрубке ВР или при тангенциальном подводе воздуха к ВР и имеют форму веерной и конической струи. ПМП представляет собой сложную поверхность, причем ПМП для скорости (ПМС) не всегда совпадает с ПМП для избыточной температуры (ПМТ)

и концентрации (ПМК).

5. Струя считается свободной при условии, что закономерность ее течения не нарушается влиянием ограничивающих плоскостей и соседних струй.

В поперечных сечениях свободной воздушной струи на некотором расстоянии от начала истечения устанавливаются, как правило, подобные профили параметров воздуха.

6. При распространении прямоточной струи вблизи ограждения образуется настилающаяся струя, в которой ПМП практически совпадают с плоскостью ограждения.

7. Струя считается стесненной, если она испытывает тормозящее влияние индуцированного ею обратного потока.

Условия развития струи, стесненной ограничивающими плоскостями, учитываются коэффициентом стеснения K_c к расчетным формулам. При этом уменьшаются значения скорости воздуха в струе по сравнению со свободной струей. Избыточная температура на участке от первого до второго критического сечения падает медленнее, чем в свободной струе. После второго критического сечения избыточная температура остается постоянной.

8. При подаче воздуха в помещения несколькими прямоточными струями может осуществляться их взаимодействие, что учитывается введением в расчетные формулы коэффициента взаимодействия $K_в$. При этом увеличиваются значения параметров воздуха по сравнению с параметрами одной струи.

Не следует учитывать взаимодействие воздушных струй, когда ВР расположены относительно равномерно и подпитка струй идет встречным (обратным) потоком, приводящим к уменьшению скорости воздуха в каждой струе, учитываемому коэффициентом стеснения K_c.

9. Вентиляционные струи могут развиваться в изотермических и неизотермических условиях.

Изотермическими следует считать условия, при которых температура притока не отличается от температуры воздуха в вентилируемых (и отапливаемых) помещениях.

В неизотермических условиях развитие приточных струй происходит под влиянием инерционных и гравитационных сил, возникающих за счет разности плотностей воздуха в струе и в помещении и выражаемых критерием Архимеда Ar. В зависимости от соотношения этих сил находится форма траектории струи и значения максимальных параметров воздуха в ней, что учитывается введением в расчетные формулы коэффициента неизотермичности $K_н$.

10. В струе, выпущенной горизонтально или под углом к горизонтальной плоскости, под влиянием архимедовых сил траектория поднимается вверх, если струя нагрета, или опускается вниз, если струя охлаждена.

При вертикальной подаче траектория струи прямолинейна.

В случае разнонаправленного действия архимедовых и инерционных сил выпущенная вертикально струя затормаживается и на расстоянии $X_{макс.}$ меняет направление своего движения на обратное.

Вертикальные струи, поданные снизу вверх и настилающиеся на поверхность окна или стены, распространяются вдоль потолка горизонтально. Охлажденные струи на расстоянии $X_{отр}$ отрываются от плоскости потолка.

Нагретая (охлажденная) струя независимо от схемы подачи, на расстоянии до рассчитываемого сечения $X \leq 0{,}45H$* сохраняет неизменность своей оси (траектории) или имеет незначительное искривление ее. В практических расчетах воздухораспределения такое искривление может не учитываться.

При вертикальной подаче воздуха неизотермичность можно не учитывать если $X \leq 0{,}3$ H для компактных и плоских струй и $X \leq 0{,}4$ H для неполных веерных струй.

---

* См. формулы (33) и (34).

Указанная величина справедлива как для настилающихся на плоскости струй, так и для ненастилающихся струй. При расчете следует определять H по соответствующим значениям m и n, учитывающим условия распространения струи (с настиланием или без настилания на плоскость).

II. В зависимости от характера изменений параметров воздуха в струях (независимо от условий их распространения) последние могут быть разделены на участки.

Прямоточные струи

Начальный участок характеризуется тем, что максимальные параметры воздуха в струе составляют её ядро. Оно занимает всю площадь поперечного сечения струи в начале участка и "размывается" к концу участка, где максимальные параметры сохраняются только на ПМП. В конце начального участка формируются подобные профили и поля параметров воздуха струи. Длина начального участка для скорости движения воздуха в струе определяется по формулам

для компактных и веерных струй

$$X_{нач} = m\sqrt{F_0}, \qquad (23)$$

для плоских струй

$$X_{нач} = m^2 b_0, \qquad (24)$$

для температуры и концентрации вредных веществ в струе – по формулам

для компактных и веерных струй

$$X_{нач} = n\sqrt{F_0}, \qquad (25)$$

для плоских струй

$$X_{нач} = n^2 b_0. \qquad (26)$$

Основной участок характеризуется тем, что максимальные значения скорости движения воздуха, избыточных температур и концентраций в струе уменьшаются с увеличением расстояния от ВР до рассчитываемого сечения.

Основному участку свойственны сформировавшиеся подобные поля скорости, избыточной температуры и концентрации.

Закрученные струи

Закрученные струи характеризуются большей интенсивностью падения максимальных значений параметров, чем прямоточные. Постепенно по мере удаления от начала истечения, закрученная струя трансформируется в прямоточную и приобретает большую площадь поперечного сечения, чем прямоточная компактная струя.

I2. Максимальные параметры воздуха в прямоточных струях рекомендуется определять по формулам:

Начальный участок

$$v_x = v_0 \sqrt{K_{ж.с}} \cdot K_н, \qquad (27)$$

$$\Delta t_x = \Delta t_0 \sqrt{K_{ж.с}} \; \frac{1}{K_н} \qquad (28)$$

Здесь v_0 – скорость движения воздуха в живом сечении выпускного устройства.

Величина $K_н$ при разнонаправленном действии архимедовых и инерционных сил (для вертикальных струй) и при $6 < \frac{H}{\sqrt{F_0}} < 14{,}7$ определяется по графику рис.8.

Основной участок

для компактных, веерных и конических струй

$$v_x = \frac{m v_0 \sqrt{F_0}}{x} K_c K_в K_н, \qquad (29)$$

$$\Delta t_x = \frac{n \Delta t_0 \sqrt{F_0}}{x} \cdot \frac{K_в}{K_c K_н}; \qquad (30)$$

для плоских струй

$$v_x = \frac{m v_0 \sqrt{b_0}}{\sqrt{x}} K_c K_в K_н, \qquad (31)$$

$$\Delta t_x = \frac{n \Delta t_0 \sqrt{b_0}}{\sqrt{x}} \cdot \frac{K_в}{K_c K_н} \qquad (32)$$

Коэффициент K_c следует принимать по табл. 5, а коэффициенты $K_в$ и $K_д$ рассчитывать по п.п. I3 и I4.

Таблица 5

Форма струи	Значение $\bar{F}=\frac{F_0}{F_{пом}}$	Значение K_c при величине $\bar{X}$					
		0,I	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Компактная и неполная веерная, $\bar{X}=\frac{X}{m\sqrt{F_{пом}}}$	Менее 0,003	I	I	I	I	I	I
	0,003	I	I	0,9	0,85	0,8	0,75
	0,005	I	0,9	0,8	0,75	0,7	0,65
	0,0I	I	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4
	0,05	I	0,8	0,5	0,4	0,2	0,I5
	0,I	I	0,7	0,45	0,35	0,I5	0,I
	0,2	0,95	0,55	0,35	0,3	0,I	0,05
Плоская $\bar{X}=\frac{X}{m^2 H_{пом.}}$	–	I,0	0,85	0,7	0,6	0,5	0,4

В формулах (30) и (32) величина коэффициента K_c принимается равной не менее 0,85.

Для полных веерных струй коэффициент K_c принимается по табл. 6.

Таблица 6

$\frac{H_{пом}-h_{р.з}}{\sqrt{F_{пом}}}$	0,I	0,4	0,8	I,2	I,6	2
K_c	0,9	0,8	0,7	0,65	0,6	0,6

При подаче воздуха одинаковыми струями, направленными навстречу друг другу, максимальная скорость воздуха в сливающемся потоке будет в 0,6 раза меньше, чем в каждой из струй.

I3. Значения коэффициентов взаимодействия $K_в$ зависят от расстояния между ВР, схемы взаимного расположения последних и от количества ВР.

Значения $K_в$ для компактных и неполных веерных струй приведены в табл. 7.

Во избежание увеличения параметров воздуха в струе за счет взаимодействия отдельных струй необходимо соблюдать неравенство $\frac{X}{l} < 1{,}8\ m$. Коэффициенты $K_в$, приведенные для двух струй, следует вводить в формулы для определения максимальных параметров воздуха в одной струе при выпуске вблизи стен или потолка (когда создаются условия настилания струи на ближайшее сплошное ограждение).

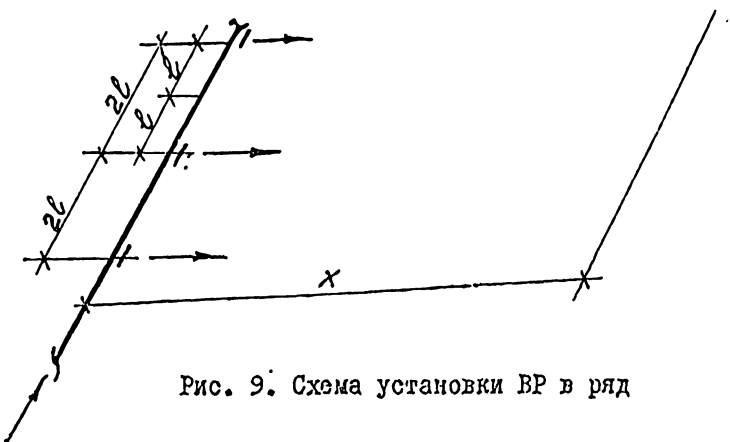


Рис. 9. Схема установки ВР в ряд

I4. Величина коэффициента неизотермичности зависит от геометрической характеристики H*, которая рассчитывается по формулам

для компактных и веерных струй $H \simeq 5{,}45\ m v_0 \frac{\sqrt[4]{F_0}}{\sqrt{n_0 \Delta t_0}}$, (33)

для плоских струй $H \simeq 9{,}6 \sqrt[3]{b_0 \frac{(m v_0)^4}{(n_0 \Delta t_0)^2}}$ (34)

* Связь значений $\Delta\tau_x$ и H выражается формулами:

для компактной и веерной струй $\Delta\tau_x = 1{,}2 \left(\frac{x}{H}\right)^2$,

для плоских струй $\Delta\tau_x = \sqrt{\left(\frac{x}{H}\right)^3}$,

Таблица 7

Число струй	Значение Кв при величине $\frac{x}{\ell}$ (см. рис. 9)															
	для скорости								для температур							
	I0	20	30	40	50	60	80	I00	I0	20	30	40	50	60	80	I00
2	I	I,I5	I,3	I,35	I,35	I,4	I,4	I,4	I	I,3	I,35	I,4	I,4	I,4	I,4	I,4
3	I	I,2	I,4	I,55	I,6	I,65	I,7	I,7	I	I,35	I,55	I,65	I,65	I,7	I,7	I,7
4	I	I,2	I,45	I,65	I,75	I,8	I,9	I,95	I	I,4	I,65	I,8	I,85	I,9	I,95	I,95
5	I	I,2	I,45	I,7	I,85	I,95	2,05	2,I	I	I,4	I,7	I,9	2	2,05	2,I5	2,I5
6	I	I,2	I,45	I,7	I,35	2	2,I5	2,25	I	I,4	I,7	I,95	2,I	2,2	2,3	2,35
7	I	I,2	I,45	I,7	I,9	2,05	2,25	2,4	I	I,4	I,7	I,95	2,I5	2,25	2,4	2,5
8	I	I,2	I,45	I,7	I,9	2,I	2,3	2,45	I	I,4	I,7	I,95	2,2	2,35	2,5	2,6
9	I	I,2	I,45	I,7	I,9	2,I	2,35	2,55	I	I,4	I,7	I,95	2,2	2,35	2,6	2,7
I0	I	I,2	I,45	I,7	I,9	2,I	2,4	2,6	I	I,4	I,7	I,95	2,2	2,4	2,65	2,8
II	I	I,2	I,45	I,7	I,9	2,I	2,4	2,6	I	I,4	I,7	I,95	2,2	2,4	2,7	2,9
I2	I	I,2	I,45	I,7	I,9	2,I	2,4	2,65	I	I,4	I,7	I,95	2,2	2,4	2,7	2,95
Более I2.	I	I,2	I,45	I,7	I,9	2,I	2 4	2,7	I	I,4	I,7	I,95	2,2	2,4	2,7	3,2

Величина Кн определяетая по формулам:

а) вертикальная подача воздуха сверху вниз при $100 > \frac{H}{\sqrt{F_0}} > 14{,}7$

для компактных струй $$K_H = \sqrt[3]{1 \pm \left(\frac{x}{H}\right)^2}, \qquad (35)$$

для неполных веерных струй

$$K_H = \sqrt[3]{1 \pm \frac{3}{2}\left(\frac{x}{H}\right)^2}, \qquad (36)$$

для плоских струй $$K_H = \sqrt[3]{1 \pm 2\sqrt{\left(\frac{x}{H}\right)^3}} \qquad (37)$$

Знак – принимается при подаче нагретого воздуха, а знак + – при подаче охлажденного воздуха.

При $\frac{H}{\sqrt{F_0}} > 100$, $K_н = 1$. Струи можно считать изотермическими;

б) горизонтальная подача воздуха ненастилающимися струями

для компактных струй $$K_H = \sqrt{1 \pm \left(\frac{x}{H}\right)^4}, \qquad (38)$$

для плоских струй $$K_H = \sqrt{1 \pm \left(\frac{x}{H}\right)^3}, \qquad (39)$$

В формулах (30) и (32) величина $K_н$ принимается равной 1;

в) при подаче под углом к горизонтальной плоскости для компактных струй в формуле (29)

$$K_H = \cos\alpha \sqrt{\cos^2\alpha + \left[\sin^2\alpha \pm \left(\frac{x^2}{H\cos\alpha}\right)^2\right]^2} \qquad (40)$$

з формуле (30) $K_н = cos\alpha$; (41)

для плоских струй

в формуле (31) $K_н = \sqrt{cos\alpha}\sqrt{cos^2\alpha + \left[sin\alpha \pm \sqrt{\left(\frac{x}{Hcos\alpha}\right)^3}\right]^2}$, (42)

в формуле (32) $K_н = \frac{I}{\sqrt{cos\alpha}}$ (43)

I5. Вертикальное расстояние y от геометрической оси струи в расчетном сечении до уровня истечения при подаче охлажденного (рис.5 и) или нагретого воздуха (рис.5к) под углом к горизонтальной плоскости следует определять по формулам:

для компактных и веерных струй

$$y = x\,tg\alpha + \frac{x^3}{3H^2 cos^3\alpha}, \quad (44)$$

для плоских струй

$$y = x\,tg\alpha + 0{,}4\sqrt{\frac{x^5}{H^3 cos^2\alpha}}. \quad (45)$$

При принятой (заданной) величине y зависимость между величинами x, α и H может быть определена графически (рис.I0).

При горизонтальной подаче охлажденного воздуха (рис. 5д) величина y определяется по формулам:

для компактных и веерных струй

$$y = \frac{x^3}{3H^2} \quad (46)$$

для плоских струй

$$y = 0{,}4\sqrt{\frac{x^5}{H^3}} \quad (47)$$

I6. Струя охлажденного воздуха, настилающегося на потолок, под действием гравитационных сил на некотором расстоянии от начала истечения отрывается от потолка (рис. 5г и рис. 6в).

Место отрыва струи от потолка $x_{отр.}$ при подаче воздуха в помещение горизонтально (см. рис 5г) составляет

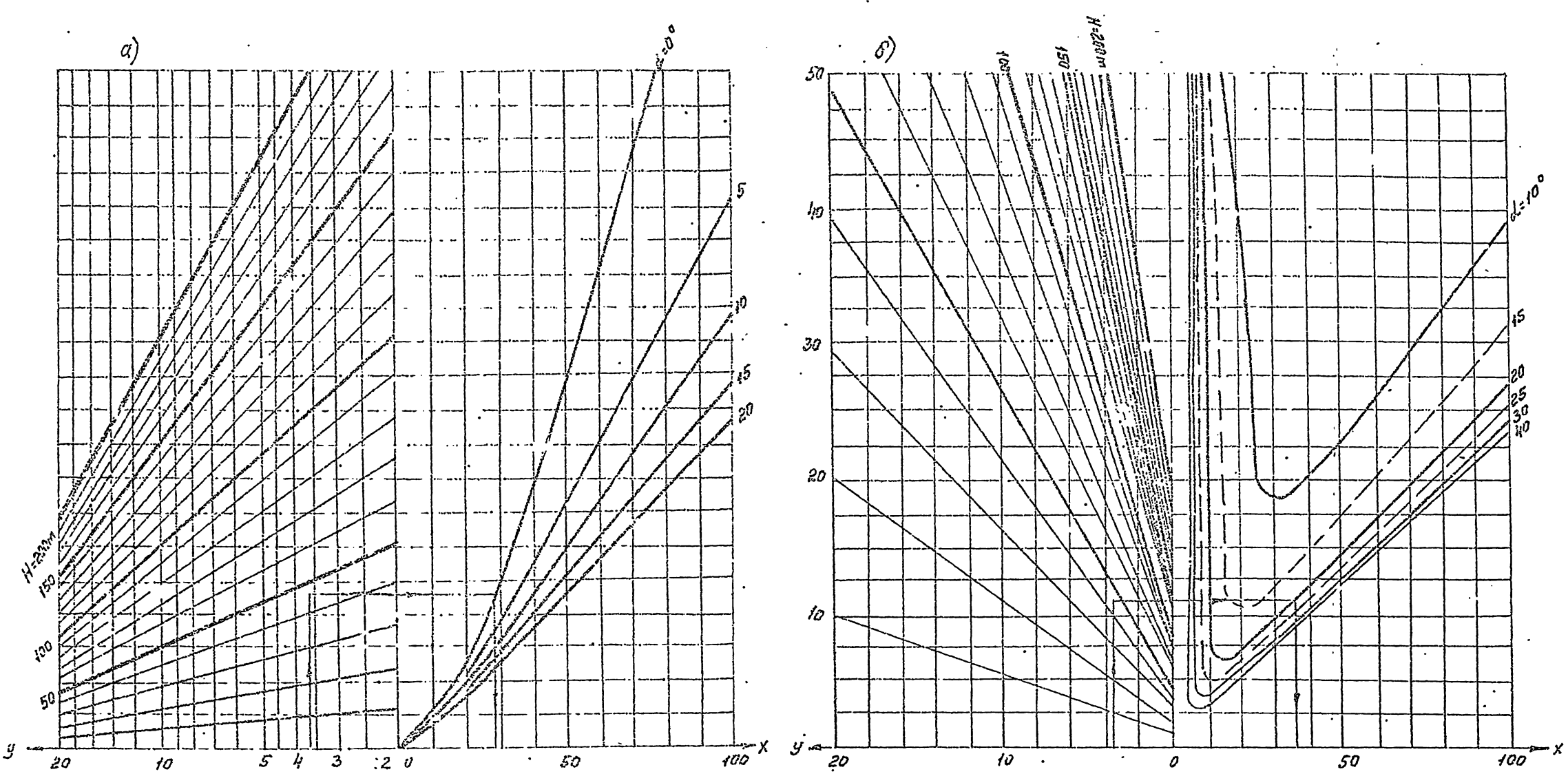


Рис. 10. Номограмма для определения X при подаче воздуха под углом к горизонтальной плоскости а – охлажденный воздух
б – нагретый воздух

Пример. Дано: y=3,6м; H=45,6м; α=0°
Определить горизонтальное расстояние от ВР до входа геометрической оси охлажденной струи в рабочую зону
Решение. По графику X=28м.

Пример. Дано: y=3,6м; H=42,3м; α=20°
Определить горизонтальное расстояние от ВР до входа и выхода геометрической оси нагретой струи из рабочей зоны.
Решение. По графику $X_{вх}$=11м, $X_{вых}$=35м.

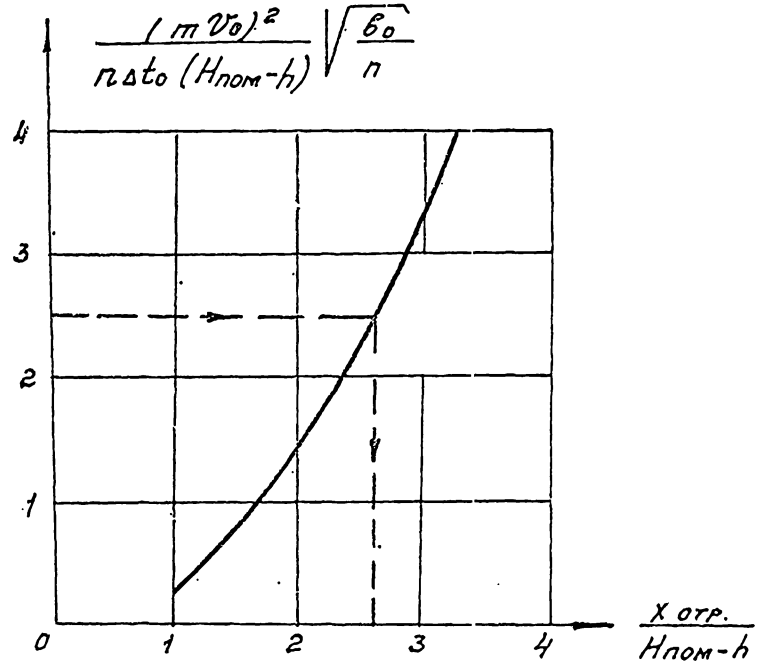


Рис. II. График для определения X отр. при подаче охлажденного воздуха настилающимися плоскими струями.

Величины коэффициентов К для компактных струй приведены в табл. 8, для плоских струй в табл. 9, для неполных веерных струй К принимается равным I.

Таблица 8

Число струй в ряду	I	2	4	6	8	I0	I2	I4	I6 и более
К	I,3	I,I5	I,05	I	0,95	0,9	0,8	0,7	0,65

Таблица 9

Способ удаления воздуха	Значение К
Сосредоточенный из рабочей зоны вблизи места подачи воздуха	I,25
Сосредоточенный в конце действия струи из рабочей зоны	I
Рассредоточенный из рабочей зоны	I,2

20. Максимальные значения параметров воздуха в обратном потоке (во втором критическом сечении) находятся на расстоянии

для компактных и неполных веерных струй

$$X_{кр.} = 0{,}3\, m\sqrt{F_{пом}}$$

для плоских струй

$$X_{кр.} = 0{,}I\, m^2 H_{пом}$$

При $X > X_{кр}$ начинается оттекание части воздуха из струи в обратный поток.

2I. При подаче воздуха неизотермическими струями на высоте $h > 0{,}5$ Н пом. избыточную температуру воздуха в струе для обеспечения в рабочей зоне нормируемых пара-

метров следует принимать не более

для компактных струй

$$\Delta t_o = 1300 \frac{v_o^2 \cdot \sqrt{F_o}}{m n F_{пом}}, \qquad (51)$$

для плоских струй

$$\Delta t_o = 400 \frac{v_o^2}{m n} \sqrt{\frac{B_o}{H^3_{пом}}}. \qquad (52)$$

22. Максимальные размеры условной зоны действия одной горизонтальной струи, на которой одним ВР осуществляется эффективное воздухораспределение при омывании рабочей зоны обратным потоком, следует принимать по табл. 10.

Таблица 10

Форма струи	Глубина зоны действия $\ell_{пом}$	Поперечное сечение помещения $B_{пом}$
Компактная и неполная веерная	$0,7 m \sqrt{F_{пом}}$	ЗН пом
Плоская		
при удалении воздуха из Р.З. вблизи места подачи	$0,2 I_m^2 H_{пом}$	Не ограничено
при сосредоточенном удалении воздуха в конце действия струи или рассредоточенном удалении из Р.З.	$0,23 m^2 H_{пом}$	То же

Горизонтальные компактные струи настилаются на потолок если воздухораспределительное устройство находится на расстоянии от пола $h > 0,65$ Н пом. При значении $h = (0,35 - 0,65)$. $H_{пом}$ компактные струи не будут настилаться. Веерные и плоские струи менее устойчивы и с удалением от воздухораспределительного устройства настилаются на ближайшее ограждение независимо от зна-

чения n .

23. При подаче воздуха вертикальными плоскими струями (рис. 6 б) параметры его в рабочей зоне формируются обратными потоками.

Значения максимальных параметров воздуха в обратном потоке на расчетном расстоянии X определяется по формуле

$$v_{обр.} = 6{,}23 \frac{v_0 b_0}{(2X_{макс}X)\theta}, \qquad (53)$$

где θ – коэффициент, определяемый по графику рис. I2,

$\Delta t_{обр}$ определяется по графику рис. I3.

24. Размеры зоны прямого воздействия струи (п.2.II СНиП П-33-75) рекомендуется определять по формулам:

для компактных и неполных веерных струй

$$R = \frac{0{,}66X}{m}, \qquad (54)$$

для полных веерных струй

$$R = \frac{0{,}095X}{m^2}, \qquad (55)$$

для плоских струй

$$R = \frac{0{,}67\ X}{m^2} \qquad (56)$$

Здесь R – расстояние от ПМС до границы зоны прямого воздействия, где скорость равна $0{,}5v_x$.

Примечание. При $v_{макс.обр.} > v_x$ следует считать, что рабочие места располагаются в зоне обратного потока воздуха.

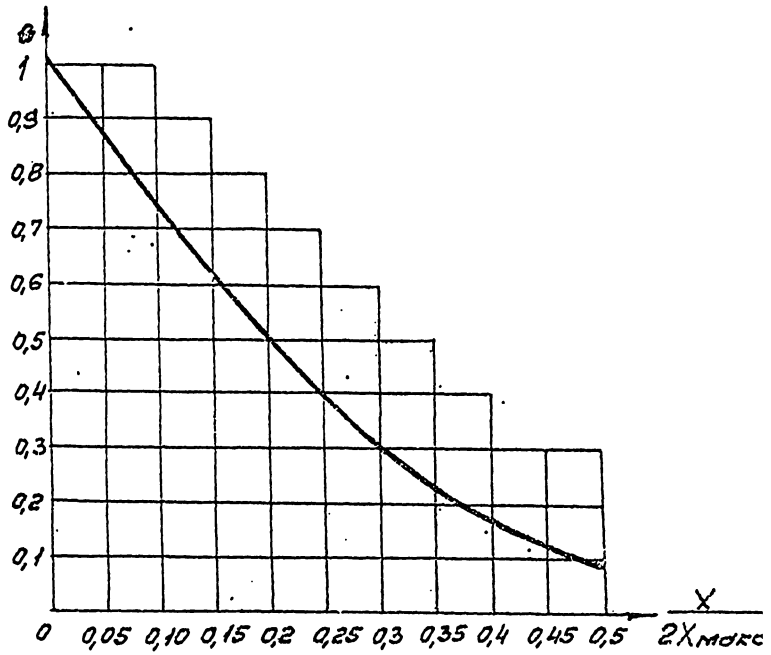


Рис. I2. График для определения θ при подаче воздуха вертикальными плоскими струями

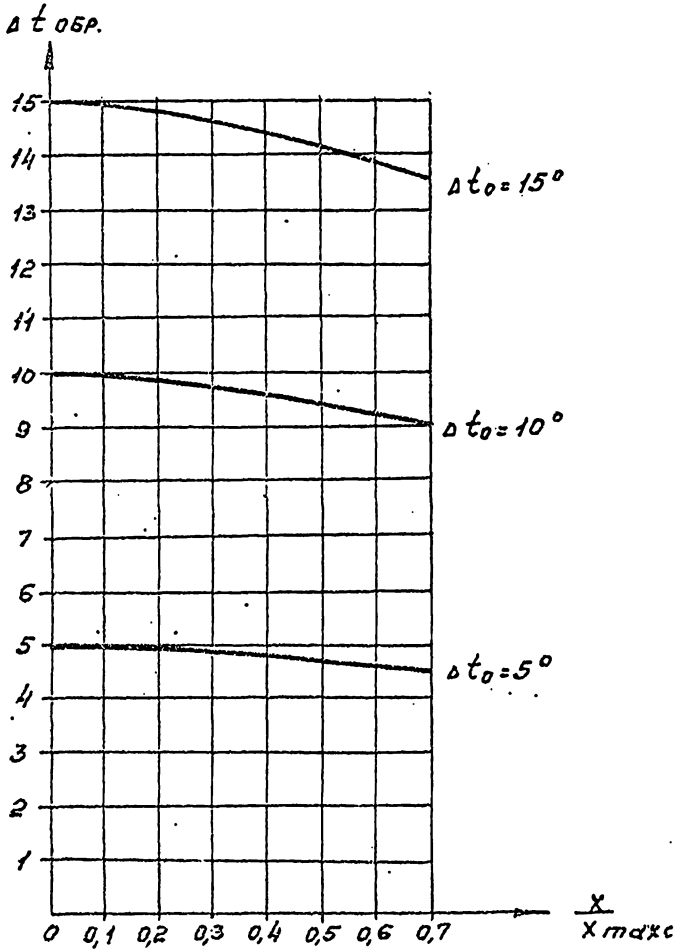


Рис. 13. График для определения $\Delta t_{обр.}$ при подаче воздуха вертикальными плоскими неизотермическими струями

Определение значений скорости движения и температуры воздуха при расчете воздухораспределения

I. Для выполнения требований ГОСТ I2.I.005-76 при входе воздушной струи в рабочую или обслуживаемую зону или в обратном потоке воздуха, проходящем по этим зонам, максимальную скорость движения приточного воздуха в струе (или в обратном потоке) следует принимать не более

$$v_x = K v \qquad (57)$$

где v – требуемые ГОСТ I2.I.005-76 значения скорости движения воздуха на местах пребывания людей;

K – коэффициент перехода от требуемых скоростей движения воздуха к их максимальным значениям, определяемый по таблице 11.

2. При расчете систем вентиляции и воздушного отопления на поддержание допустимых ГОСТ I2.I.005-76 метеорологических условий, если люди находятся в зоне прямого воздействия приточной воздушной струи или в обратном потоке (см.примечание к п.24 приложения 3), разность температур Δt_x между экстремальной температурой в струе (или в обратном потоке) и средней температурой воздуха рабочей или обслуживаемой зоны следует принимать:

а) для холодного и переходного периодов года, при расчете восполнения недостатков тепла, не более разности между большим и меньшим значениями требуемых ГОСТ I2.I.005-76 температур;

б) для теплого, холодного и переходного периодов года при расчетах ассимиляции избытков тепла и при t доп. $> t$ опт. по формуле

$$\Delta t_x \leq \frac{t \text{ доп.} - t \text{ опт.}}{2} \qquad (58)$$

считая t доп.-t опт. в пределах от 3 до 6°С;
при t доп.-t опт. - следует принимать $\Delta t_x \leq 2^{\circ}C$, где
t доп., t опт. - соответственно допустимая и оптимальная максимальные температуры воздуха, требуемые ГОСТ 12.1.005-76.

3. При расчете систем вентиляции и воздушного отопления на поддержание допустимых метеорологических условий, если люди находятся вне зоны прямого воздействия приточной струи, получаемые по п.2 значения Δt_x следует принимать с коэффициентом 1,5.

4. При расчете систем кондиционирования воздуха на поддержание допустимых ГОСТ 12.1.005-76 температур значения Δt_x, определенные по п.2, следует принимать:

- с коэффициентом 0,8, если люди находятся в зоне прямого воздействия приточной струи;

- с коэффициентом 1,2, если люди находятся вне зоны прямого воздействия приточной струи.

5. При расчете систем кондиционирования воздуха на поддержание требуемых технологией производства или оптимальных метеорологических условий значения Δt_x следует принимать:

а) при отсутствии специальных требований не более 1°С;

б) при применении местных кондиционеров доводчиков или смесителей с индивидуальными регуляторами температуры не более 2°С.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

ВР– воздухораспределительное устройство ;

Р.З. – рабочая или обслуживаемая зона;

ПМП – поверхность максимальных параметров;

L – количество приточного воздуха, подаваемого в помещение, м3/ч;

L_o – количество приточного воздуха, подаваемого одним ВР, м3/ч;

K_p – расчетная кратность воздухообмена;

V – внутренний объем помещения, м3;

$Q_{изб}$ – избытки (недостатки) тепла в помещении, ккал/ч;

$q_{я.уд}$ – удельные избытки (недостатки) тепла, в помещении, ккал(м3/ч);

$\eta_t = \frac{\Delta t_{ух}}{\Delta t_o}$; $K_z = \frac{\Delta z_{ух}}{\Delta z_o}$; $K_d = \frac{\Delta d_{ух}}{\Delta d_o}$ – коэффициенты воздухообмена;

$\Delta t_{ух} = |t_{ух} - t_o|$ – избыточная температура воздуха, уходящего из помещения;

$t_{ух}$ – температура уходящего из помещения воздуха, ^oC;

t_o – температура приточного воздуха на выходе из ВР, ^oC;

$\Delta t_o = |t_o - t_{р.з}|$ – избыточная температура приточного воздуха; ^oC;

$t_{р.з}$ – температура воздуха в рабочей зоны помещения, ^oC;

$\Delta t_x = |t_x - t_{р.з}|$ – избыточная температура воздуха в рассчитываемом сечении приточной струи, ^oC ;

t_x – максимальная (при подаче нагретого) или минимальная (при подаче охлажденного) температура воздуха в рассчитываемом сечении приточной струи, ^oC;

$\Delta t_{макс.обр.} = |t_{макс.обр.} - t_{р.з}|$ – максимальная избыточная температура воздуха в обратном потоке, ^oC;

$t_{макс.обр.}$ - максимальная (при подаче нагретого) или минимальная (при подаче охлажденного) температура воздуха в обратном потоке, ^{o}C;

$\Delta t_{обр} = |t_{обр} - t_{р.з}|$ - избыточная температура в рассчитываемом сечении обратного потока, ^{o}C;

$t_{обр.}$ - максимальная (при подаче нагретого) или минимальная (при подаче охлажденного) температура воздуха в рассчитываемом сечении обратного потока, ^{o}C;

$t_{норм.}$ - нормируемая температура воздуха на постоянных рабочих местах, ^{o}C;

$\Delta z_{ух} = z_{ух} - z_{о}$ - избыточная концентрация газовых вредностей в воздухе, уходящем из помещения, мг/м3;

$z_{ух}$ - концентрация газовых вредностей в воздухе, уходящем из помещения, мг/м3;

$z_{о}$ - концентрация газовых вредностей в приточном воздухе, подаваемом в помещение, мг/м3;

$\Delta z_{о} = z_{р.з} - z_{о}$ - избыточная концентрация газовых вредностей в приточном воздухе, мг/м3;

$z_{р.з}$ - концентрация газовых вредностей в воздухе рабочей зоны помещения, мг/м3;

ПДК - предельно допустимая концентрация газовых вредностей в воздухе рабочей зоны помещения (на постоянных рабочих местах), мг/м3;

z - количество вредных веществ, поступающих в воздух помещения, мг/ч;

W - избыточные выделения влаги в помещении, г/ч;

$\Delta d_0 = |d_{р.з} - d_0|$ – избыточное влагосодержание приточного воздуха, г/кг;

$d_{р.з}$ – влагосодержание воздуха рабочей зоны, г/кг;

d_0 – влагосодержание приточного воздуха на выходе из ВР, г/кг;

v_0 – начальная скорость движения воздуха, отнесенная к расчетной площади ВР, м/с;

v_x – максимальная скорость движения воздуха в рассчитываемом сечении приточной струи, м/с;

$v_{макс.обр}$ – максимальная скорость движения воздуха в обратном потоке (на расстоянии $X_{кр.}$), м/с;

$v_{обр}$ – максимальная скорость движения воздуха в обратном потоке на расстоянии X, м/с;

$v_{норм}$ – нормируемая скорость движения воздуха на постоянных рабочих местах, м/с;

F_0 – расчетная площадь ВР, м2;

b_0 – расчетный размер ВР, м;

m – скоростной коэффициент ВР;

n – температурный коэффициент ВР;

ζ – коэффициент местного сопротивления ВР, отнесенный к скорости в расчетной площади;

$X, (X_{кр})$ – расстояния (критические расстояния) от ВР до рассчитываемого сечения, м;

$\bar{X}$ – отношение расстояния X к характерному размеру помещения; для компактных струй $\bar{X} = \frac{X}{m\sqrt{F_{пом}}}$; для плоских струй при горизонтальной подаче $\bar{X} = \frac{X}{m^2 H_{пом}}$;

при вертикальной подаче

$$\bar{X} = \frac{X}{m^2 B_{пом}};$$

$\bar{X}_{кр.}$ – отношение критического расстояния $X_{кр.}$ на котором параметры воздуха в обратном потоке имеют максимальные значения(второе критическое сечение),к характерному размеру помещения;$X_{кр.}$ отсчитывается от плоскости истечения;

$X_{отр.}$ – расстояние от ВР до места отрыва струи от плоскости (по горизонтали), м;

$X_{макс.}$ – дальнобойность струи – расстояние от ВР до места поворота струи при вертикальной подаче вверх охлажденного воздуха (или вниз – нагретого воздуха); м

h – высота установки ВР от уровня пола, м;

$h_{р.з}$ – высота рабочей зоны от уровня пола, м;

$\ell_{пом.}$ – длина помещения, на которой одним ВР обеспечивается эффективное воздухораспределение, м;

ℓ – половина расстояния между ВР, установленными в ряд, или расстояние от ВР до ближайшего сплошного охлаждения, м;

y – вертикальное расстояние от геометрической оси струи до уровня рабочей зоны, м;

$H_{пом.}$ – высота помещения, м;

$B_{пом.}$ – размер площади поперечного сечения помещения, на которой одним ВР обеспечивается эффективное воздухораспределение, м;

$F_{з.д.}$ – условная площадь рабочей зоны, приходящая на один ВР или условная зона действия, на которой одним ВР обеспечивается эффективное воздухораспределение, без застойных невентилируемых зон, м2;

$F_{пом.}$ – площадь поперечного сечения в плоскости, перпендикулярной потоку воздуха, приходящаяся на один ВР (струю), м2;

$К_{ж.с.}$ – коэффициент живого сечения ВР (отношение суммарной площади выпуска из ВР к габаритной площади выпуска);

$К_{с}$ – коэффициент стеснения;

$К_{н}$ – коэффициент неизотермичности;

$К_{в}$ – коэффициент взаимодействия;

$Ar_0 = \frac{g\, d_\Delta\, t_0}{v_0^2 (273 + t_{р.з})}$ – критерий Архимеда;

для компактных, конических и веерных струй $d = \sqrt{F_0}$

для плоских струй $d = b_0$;

где d – определяющий размер ВР, м;

$Ar_x = \frac{g x\, \Delta t_x}{v_x^2 (273 + t_{р.з})}$ – текущий критерий Архимеда ;

H – геометрическая характеристика, м;

g – 9,8I м/с^2 – ускорение силы тяжести.