Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

В.Н. ШЕРШНЕВ

ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Учебное пособие
2-е издание, исправленное, переработанное и дополненное

Рекомендовано редакционно-издательским советом Воронежского государственного архитектурно-строительного университета и Учебно-методической комиссией по специальности 270109 «Теплогазоснабжение и вентиляция» Учебно-методического объединения ВУЗов Российской Федерации в области строительства в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению «Строительство»

Воронеж – 2007

УДК 697,922,001,24:725
Ш 507

Шершнев, В.Н. **Воздухораспределение в системах вентиляции и кондиционирования воздуха**
Ш 507 [Текст] **:** учеб. пособие **/ В.Н.Шершнев;** Воронеж. гос. арх. - строит. ун-т. - 2-е изд., испр., перераб. и доп. - Воронеж, 2007. – 118 с.

ISBN 978-5-89040-175-5

В пособии приводятся сведения о закономерностях развития приточных струй; порядке расчета воздухораспределения с учетом назначения и объемно-планировочного решения здания; о способах подачи и конструкциях воздухораспределителей.

Рассмотрены вопросы взаимодействия воздушных потоков, которые недостаточно освещены в учебной и справочной литературе, но которые имеют практическое значение при формировании микроклимата и управлении воздушным режимом помещения.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Строительство» специальности 270109 «Теплогазоснабжение и вентиляция», а также может быть полезно инженерно-техническим работникам, занимающимся проектированием систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

Ил. 71. Табл. 38. Библиогр.: 24 назв.

Рецензенты: кафедра теплогазоснабжения и вентиляции Белгородского государственного технологического университета;
М.А. Морев, к.т.н., техн. директор ООО «Вентдеталь»

ISBN 978-5-89040-175-5

© Шершнев В.Н., 2007
© ВГАСУ, 2007

Введение

Содержание учебного пособия соответствует программам курсов "Теоретические основы создания микроклимата в помещении", "Вентиляция", "Кондиционирование воздуха и холодоснабжение" для студентов, обучающихся по специальности 270109 "Теплогазоснабжение и вентиляция".

Вопросы воздухораспределения в системах вентиляции и кондиционирования воздуха актуальны при создании допустимых или оптимальных климатических условий в рабочей (обслуживаемой) зоне помещений зданий различного назначения. В пособии рассмотрены как традиционные теоретические вопросы воздухораспределения, так и практические рекомендации, получившие развитие к настоящему времени, но недостаточно освещенные в учебной и нормативно-справочной литературе. Это касается, прежде всего, следующих вопросов взаимодействия воздушных потоков в помещении: струй, распространяющихся вдоль поверхности ограждения; взаимодействия как однонаправленных параллельных, так и встречных струй, а также распространяющихся относительно друг друга под произвольным углом свободных и полуограниченных струй.

Между тем учет влияния взаимодействия струй имеет большое практическое значение при решении задач активного управления вентиляционными процессами для подержания нормируемого микроклимата помещений, а также при аварийных ситуациях и управлении технологическими процессами в различных областях техники.

Кроме того, в последние годы получили распространение новые виды воздухораспределителей: регулируемые и нерегулируемые, металлические и из пластика, различных конфигураций, расцветок и размеров, разработанные отечественными и зарубежными фирмами.

В пособии представлены сведения не только об общепризнанных воздухораспределительных устройствах, но и о новых, которые рекомендуются для применения в системах вентиляции и кондиционирования воздуха такими фирмами, как "Арктика", "Евроклимат", "Лотвентсервис", "Мовен", "Промышлено-гражданское строительство" и др.

Разнообразие приведенных в приложении видов воздухораспределителей позволит расширить выбор таких, которые наряду с обеспечением расчетных параметров воздушной среды в рабочей (обслуживаемой) зоне сочетались бы по внешнему виду и с интерьером помещения.

Пособие рекомендуется для использования при курсовом и дипломном проектировании. Оно может быть также полезно инженерно-техническим работникам, занимающимся проектированием систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

1. ПРИТОЧНЫЕ СТРУИ

Решающая роль в формировании микроклимата в помещении принадлежит приточным вентиляционным струям, под которыми понимают турбулентные струи, полученные при принудительном истечении воздуха из отверстий и распространяющиеся в помещении в направлении истечения.

Задача воздухораспределения заключается в создании нормируемых условий микроклимата в рабочей зоне или обслуживаемой зоне помещения.

Распределение приточного воздуха в помещениях общественных, административно-бытовых и производственных зданий следует проектировать с учетом режима эксплуатации помещений в течение суток, сезона и года, а также переменных поступлений в помещение теплоты, влаги и вредных веществ [1] . При этом необходимо учитывать архитектурно-планировочное решение зданий.

Циркуляция воздуха в помещении, формирование температурных, газовых и скоростных полей зависит в основном от способа подачи и удаления воздуха, что сказывается на конечном эффекте работы всей системы вентиляции и кондиционирования воздуха.

На формирование температурных, газовых, влажностных и скоростных полей в помещении влияют такие факторы, как источники тепловыделений, приточные струи, ниспадающие конвективные потоки воздуха у холодных поверхностей, работа общеобменной вытяжной и местной вытяжной вентиляции. Все эти факторы формируют воздушный режим помещений во взаимосвязи и взаимовлиянии.

Форма и направление приточной струи определяется конструкцией **воздухораспределительных устройств (ВР).**

Согласно [1, 2] рассматриваются четыре основных способа подачи приточного воздуха:

- **сосредоточенно,** выше рабочей или обслуживаемой зоны **настилающимися** или **ненастилающимися** струями;
- **наклонными** струями, в направлении рабочей или обслуживаемой зоны, с высоты 3 – 6 м от пола;
- **сверху вниз**, в направлении рабочей или обслуживаемой зоны, на уровне не более 6 м от пола;
- **непосредственно** в рабочую зону.

Схемы подачи приточного воздуха в помещение приведены на рис.1.1.

В зависимости от конструкции **ВР** струи могут быть **прямоточными** или **закрученными**. **Прямоточные** подразделяют на **компактные** и **плоские**, векторы скорости которых на истечении параллельны между собой, а также **веерные** и **конические**, векторы скорости которых на истечении образуют между собой некоторый угол.

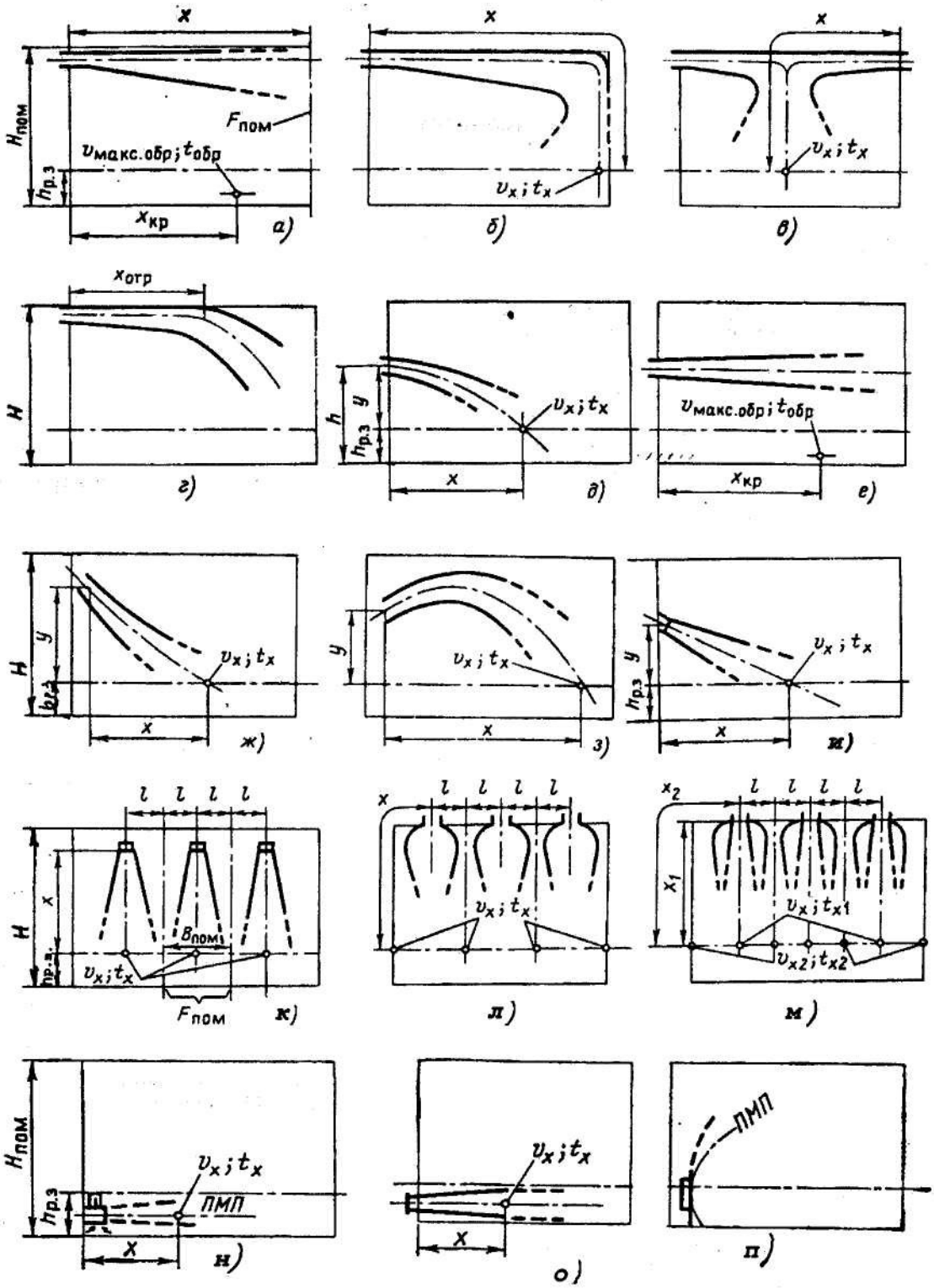


Рис. 1.1. Схемы подачи воздуха в помещение:
а - м – прямоточными струями выше рабочей зоны; а - г – горизонтально с настиланием; д, е – горизонтально без настилания; ж - и – под углом; к, л - вертикально сверху вниз; м – горизонтально с настиланием и вертикально сверху вниз (двухструнно), н - п – струями в рабочую зону: н – горизонтально прямоточными струями; о, п – горизонтально закрученными струями; ПМП – поверхности максимальных параметров

Закрученные - это струи, у которых векторы скорости на истечении складываются из векторов скорости поступательного и вращательного движения, подразделяют на компактные и конические.

Компактные струи (рис.1.2) образуются при истечении воздуха из отверстий круглой формы или близкой к квадратной. **Наклонные компактные** струи - это струи, у которых угол выпуска изменяется в пределах $\pm$**30** ^{0,} что обеспечивает максимальную дальнобойность в зависимости от начальной разности температур струи и окружающего воздуха.

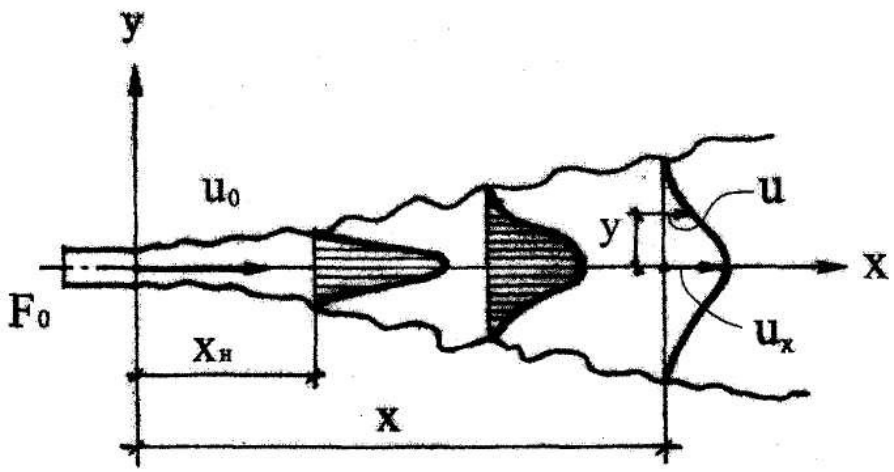


Рис.1.2. Схема приточной компактной струи

Вертикальные компактные струи подаются под углом $\pm$**30**^{o} к вертикали.

Плоские струи (рис. 1.3) образуются при истечении воздуха из щелевых отверстий с соотношением сторон больше **5.** Образующаяся при истечении из щелевидного отверстия струя рассматривается и рассчитывается как плоская на расстоянии $x < 6*l_O$, где l_O – размер большей стороны отверстия; при $x>6*l_O$ струя рассматривается и рассчитывается как компактная.

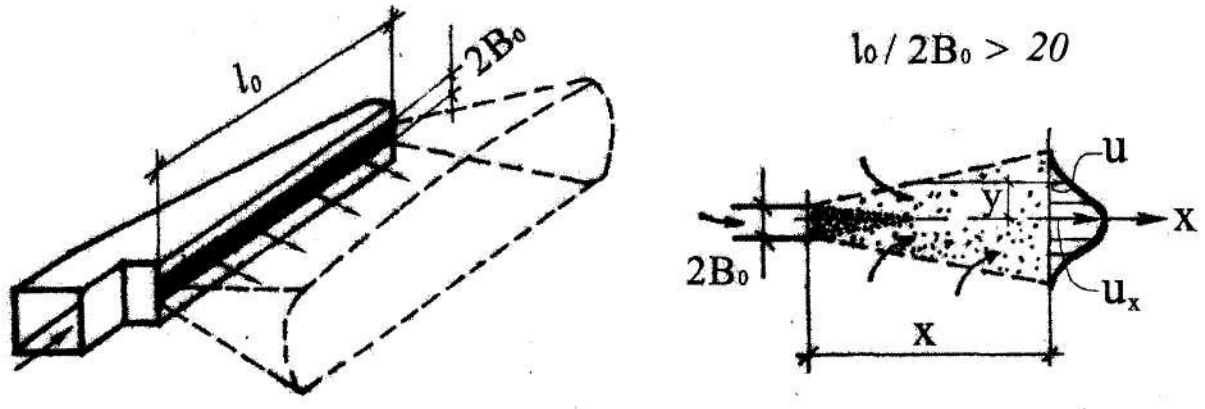


Рис. 1.3. Схема плоской струи

Веерные струи (рис.1.4) образуются при принудительном рассеивании приточного воздуха в плоскости на некоторый угол. Различают **полные веерные струи** с углом принудительного рассеивания **360°** и **неполные веерные** струи – менее **360°.**

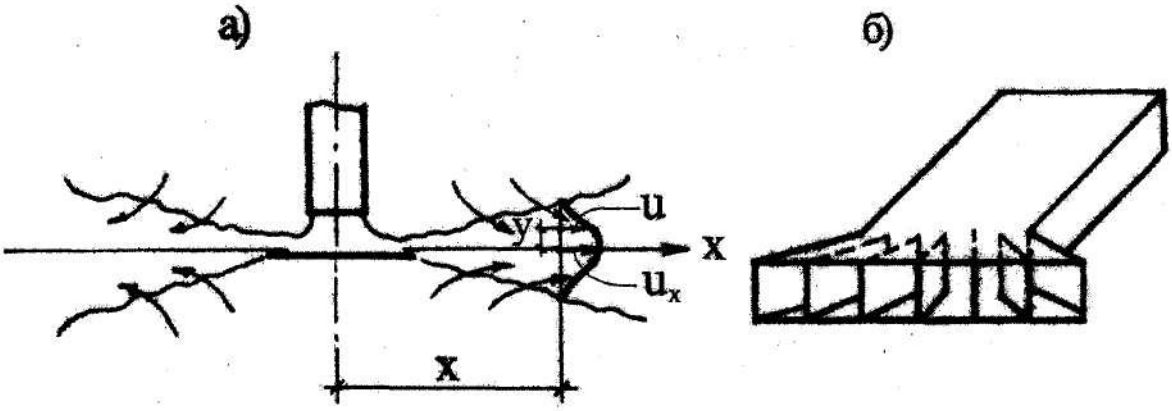


Рис. 1.4. Схемы веерной струи:
а) полной веерной б) приточный насадок для создания неполной веерной струи

Воздухораспределители, образующие плоские и веерные струи, рекомендуется устанавливать на высоте не менее 0,7 высоты помещения для того, чтобы струя настилалась на потолок.

Конические струи (рис.1.5) образуются при установке на выходе из приточного отверстия рассеивающего конуса с углом при вершине конуса **60 ± 2,5°**.

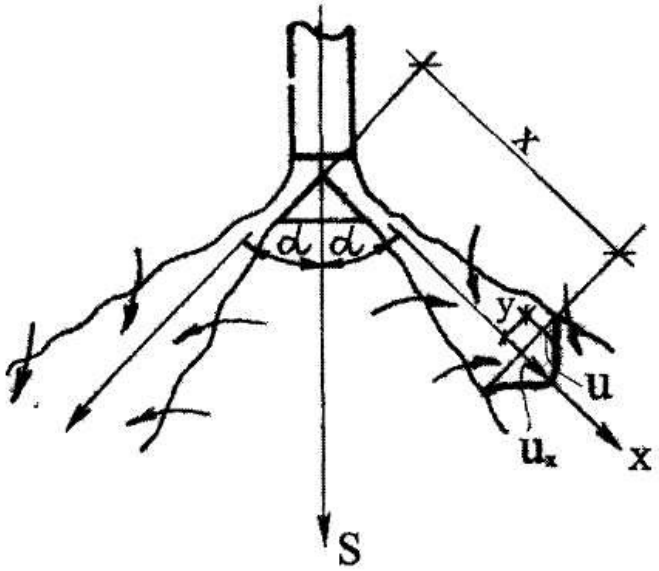


Рис. 1.5. Схема формирования закрученной струи

Воздухораспределители, образующие конические струи, рекомендуется размещать на расстоянии не менее диаметра присоединительного патрубка от низа воздухораспределителя до потолка во избежание настилания струй на потолок.

Для обеспечения равномерного подвода воздуха к воздухораспределителям длина прямого участка воздуховода должна быть не менее диаметра присоединительного патрубка.

Закрученные струи (рис.1.6) образуются при установке закручивающих устройств в подводящем патрубке **ВР** или при тангенциальном подводе к ним воздуха. Закрученные струи характеризуются существенно большей интенсивностью снижения максимальных значений параметров, чем прямоточные. Постепенно, по мере удаления от начала истечения, закрученная струя трансформируется в прямоточную, приобретая большую площадь поперечного сечения, чем прямоточная компактная струя.

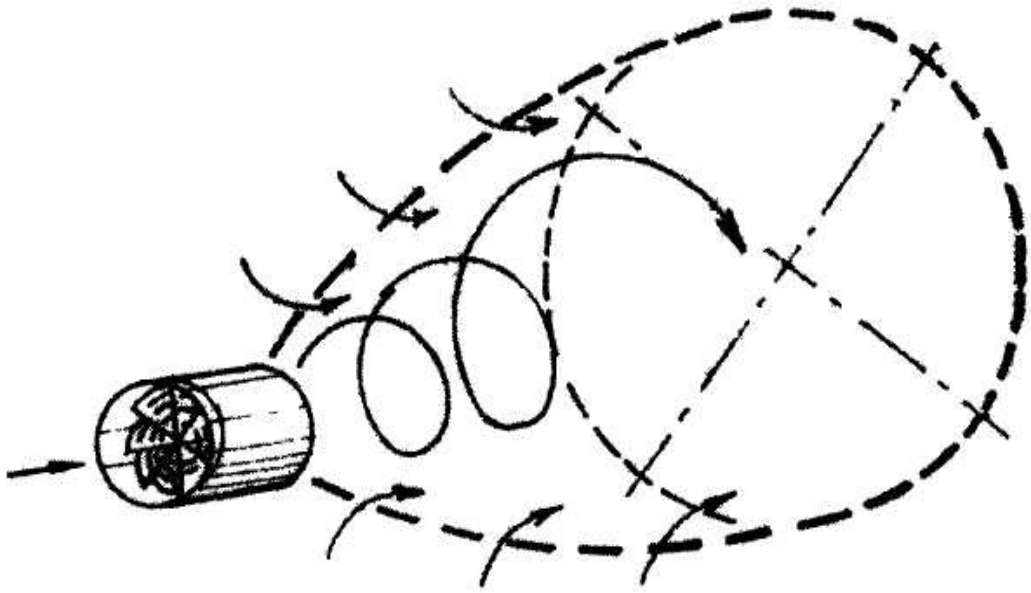


Рис. 1.6. Схема формирования закрученной струи

Струя считается **свободной**, если закономерности ее истечения не нарушаются влиянием ограничивающих плоскостей ограждений, оборудования и соседних струй. Струи развиваются в помещении как свободные до тех пор, пока площадь их поперечного сечения $F_{СТР}$ не достигнет величины, равной примерно **25 %** площади помещения $F_{ПОМ}$, приходящейся на одну струю.

Сечение струи, для которого $\overline{F}_{ПОМ} = F_{СТР} / F_{ПОМ} \approx 0{,}25$, называется **первым критическим**. Начиная с первого критического сечения струя считается **стесненной** тормозящим влиянием индуцированного ею обратного (встречного) потока. Условия развития струи учитываются в расчетных формулах коэффициентом стеснения K_C, при этом уменьшаются значения скорости воздуха в струе по сравнению со свободными. Начиная с сечения, когда

$\overline{F}_{СТР} \approx 0,4$ (**второе критическое сечение**) поперечные значения размеров свободной струи начинают уменьшаться – струя затухает.

При подаче воздуха на расстояние $0,85*H_{ПОМ}$ от пола образуется настилающаяся струя на потолке. Максимальная скорость увеличивается по сравнению со свободной струёй в $\sqrt{2}$ раза. Струя ненастилающаяся – при выпуске воздуха на расстоянии $(0,35 \div 0,65)*H_{ПОМ}$ от пола, где $H_{ПОМ}$ – высота помещения.

В помещениях общественного назначения с избытками теплоты более 3 м возможно применение **вытесняющей вентиляции** (подача приточного воздуха с пола через специальные воздухораспределители в обслуживаемую зону и удаление воздуха из верхней зоны помещения) [1].

При подаче воздуха в помещение несколькими параллельными струями может происходить их взаимодействие, которое учитывается введением в расчетные формулы коэффициента взаимодействия K_B**.** Если струи параллельны и направлены в одну сторону, то значение параметров воздуха по сравнению со значением одной струи увеличивается. Если струи направлены навстречу друг другу, результирующая скорость в суммарном потоке по сравнению с скоростью одной струёй уменьшается.

Не следует учитывать взаимодействие струй, когда **ВР** расположены относительно равномерно. Это имеет место при сосредоточенной подаче и когда воздухораспределители (плафоны, решетки, панели) располагаются равномерно по площади потолка. В этих случаях подпитка струй идет встречным потоком, приводящим к уменьшению скорости в каждой струе, учитываемой коэффициентом стеснения K_C**.**

Приточные струи могут развиваться в **изотермических и неизотермических** условиях.

Изотермическими являются условия, при которых температура приточного воздуха не отличается от температуры вентилируемых помещений.

В **неизотермических** условиях развитие приточных струй происходит под влиянием инерционных и гравитационных сил, возникающих за счет разности плотностей воздуха в струе и помещении. В зависимости от соотношения этих сил меняется траектория, дальнобойность струи, значение максимальных параметров воздуха в ней, что учитывается введением в расчетные формулы коэффициента неизотермичности K_H**,** зависящего от геометрической характеристики струи H**,** м, или текущего критерия (числа) Архимеда – Ar_X [3,4].

Струи, выпущенные горизонтально или под углом к горизонтальной плоскости под влиянием гравитационных сил, отклоняются вниз, если они охлаждены или вверх, если они нагреты (рис.1.7).

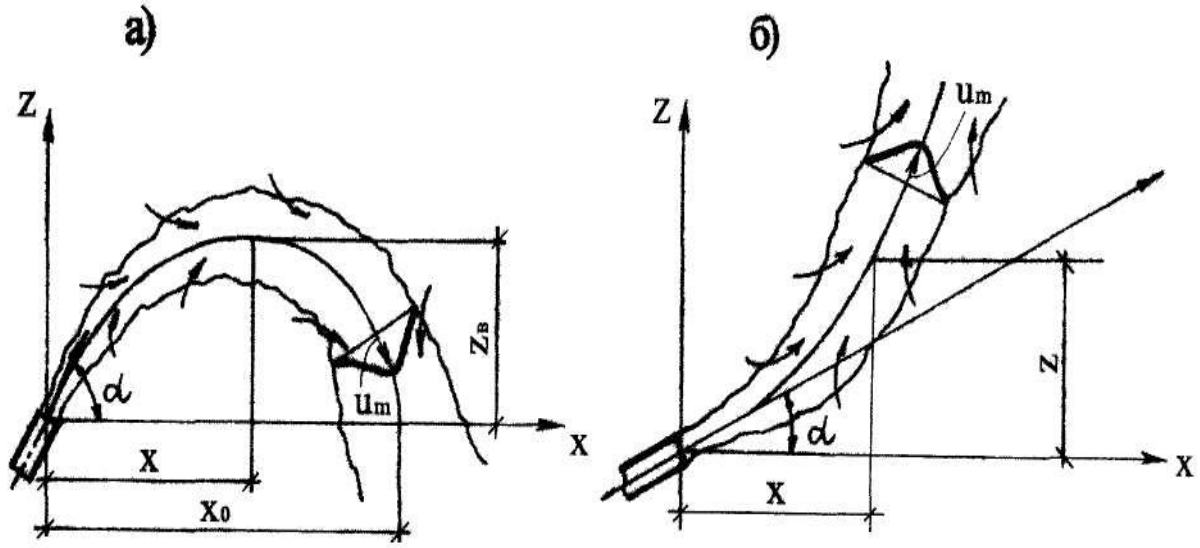


Рис. 1.7. Схемы струй, выпущенных горизонтально или под углом к горизонтальной плоскости: а) охлажденной струи, б) нагретой струи

При вертикальной подаче нагретого воздуха сверху вниз компактные, конические и неполные веерные струи затормаживаются на расстоянии - ***X=0,55*H***, плоские на расстоянии ***X=0,8*H***.

При вертикальной подаче воздуха неизотермичность можно не учитывать, если ***X<0,35*H.***

В зависимости от характера изменений параметров воздуха в струе различают **начальный и основной** участки. При истечении из отверстий, затененных решетками или другими устройствами, до начального участка располагается **участок формирования** струи, образующийся в результате слияния отдельных струй, поступающих из отдельных отверстий решетки [3].

Начальный участок прямоточной струи характеризуется постоянством максимальных параметров воздуха (скорости, избыточных температур и концентрации в струе) при истечении.

В основном участке струи максимальные значения скорости движения воздуха, избыточных температур и концентраций уменьшаются с увеличением расстояний от воздухораспределителя до рассчитываемого сечения. Основному участку характерны сформировавшиеся подобные поля скорости, избыточной температуры и концентрации.

Формулы для расчета прямоточных струй согласно [5] приведены в табл. 1.1, в них использованы следующие обозначения:

v_X – максимальная скорость движения воздуха в рассматриваемом сечении струи, м/с**;**

v_O - скорость движения воздуха в живом сечении выпускного устройства, м/с;

$v_{МАКС.ОБР}$ – максимальная скорость движения воздуха в обратном потоке (во втором критическом сечении) на расстоянии $x_{КР}$, м/с;

$\Delta t_X = | t_X - t_{Р.З.} |$ - избыточная температура воздуха в рассчитываемом сечении приточной струи, ^oC;

$\Delta t_П = | t_П - t_{Р.З.} |$ - избыточная температура приточного воздуха, ^oC;

$t_{МАКС.ОБР} = | t_{МАКС,ОБР} - t_{Р.З.} |$ - максимальная избыточная температура воздуха в обратном потоке, ^oC;

x – расстояние от **ВР** до рассчитываемого сечения, м;

$x_{КР}$ – критическое расстояние от **ВР** до рассчитываемого сечения, м;

$x_{МАКС}$ – дальнобойность струи, т.е. расстояние от **ВР** до места поворота струи при вертикальной подаче воздуха (охлажденного - вверх, нагретого - вниз), м;

$x_{ОТР}$ – расстояние по горизонтали от **ВР** до места отрыва струи от плоскости, на которую она настилалась, м;

$x_{НАЧ}$ – длина начального участка струи, м;

m – скоростной коэффициент **ВР**;

n – температурный коэффициент **ВР**;

F_O – расчетная площадь **ВР**, м^2; b_O – расчетный размер **ВР**, м;

$k_{Ж.С}$ – коэффициент живого сечения **ВР** (отношение суммарной площади выпуска из **ВР** к габаритной площади выпуска);

k_H – коэффициент неизотермичности;

k_C – коэффициент стеснения;

k_B – коэффициент взаимодействия;

α – угол выпуска струи к горизонтальной плоскости, град;

y – вертикальное расстояние от геометрической оси струи в расчетном сечении до уровня истечения, м;

$H_{ПОМ}$ – высота помещения, м;

h – высота установки **ВР** от уровня пола, м;

H – геометрическая характеристика струи, м;

$Ar_{X.}$ – текущий критерий Архимеда;

g=9,81 м/с^2 – ускорение свободного падения;

индекс ($_{Р.З.}$) относится к параметрам воздуха в рабочей зоне для производственных помещений или в обслуживаемой зоне – помещений общественных зданий;

$F_{ПОМ}$ – площадь поперечного сечения в плоскости, перпендикулярной к потоку воздуха, м^2, приходящаяся на одну струю;

P – размер поперечного сечения струи при входе в рабочую зону, м.

Таблица 1.1

Основные зависимости для расчета прямоточных струй

Параметр	Зависимость		Примечания
Длина начального участка, м, для скорости движения воздуха в струе	$x_{НАЧ} = m\sqrt{F_O}$	(1.1)	Для компактных и веерных струй
	$x_{НАЧ} = m^2 * b_O$	(1.2)	Для плоских струй
То же, для температуры и концентрации вредных веществ	$x_{НАЧ} = n$	(1.3)	Для компактных и веерных струй
	$x_{НАЧ} = n^2 * b_O$	(1.4)	Для плоских струй
Максимальные параметры воздуха в расчетном сечении струи на начальном участке:			
скорость, м/с	$v_X = v_O\, k_H\, \sqrt{k_{:Ж.С}}$	(1.5)	
избыточная температура, ^oC	$\Delta t_X = \Delta t_П \sqrt{k_{:Ж.С}} * \frac{1}{k_H}$	(1.6)	
То же, на основном участке:			
скорость, м/с	$v_X = \frac{m \cdot v_O \cdot \sqrt{F_O}}{x}\, k_C\, k_B\, k_H$	(1.7)	Для компактных, веерных и конических струй
	$v_X = \frac{m \cdot v_O \cdot \sqrt{b_O}}{\sqrt{x}}\, k_C\, k_B\, k_H$	(1.8)	Для плоских струй

Продолжение табл. 1.1

Параметр	Зависимость	Примечания
избыточная температура, °С	$\Delta t_X = \frac{n \cdot \Delta t_П \cdot \sqrt{F_O}}{x} * \frac{k_B}{k_C \cdot k_H}$ (1.9)	Для компактных, веерных и конических струй
	$\Delta t_X = \frac{n \cdot \Delta t_П \cdot \sqrt{b_O}}{\sqrt{x}} * \frac{k_B}{k_C \cdot k_H}$ (1.10)	Для плоских струй
Геометрическая характеристика струи, м	$H \approx 5{,}45 \frac{m \cdot v_O \cdot \sqrt[4]{F_O}}{\sqrt{n \cdot \Delta t_П}}$ (1.11)	Для компактных и веерных струй
	$H \approx 9{,}6 \sqrt[3]{b_O \cdot \frac{(m \cdot v_O)^4}{(n \cdot \Delta t_П)^2}}$ (1.12)	Для плоских струй
Текущий критерий Архимеда	$Ar_{X.} = \frac{g \cdot x \cdot \Delta t_X}{v_X^2 (273 + t_{O.З})}$ (1.13)	
Связь значений геометрической характеристики и текущего критерия Архимеда	$Ar_{X.} = 1{,}2 \left(\frac{x}{H}\right)^2$ (1.14)	Для компактных и веерных струй
	$Ar_{X.} = \sqrt{\left(\frac{x}{H}\right)^3}$ (1.15)	Для плоских струй
Коэффициент стеснения струи k_C	По табл.1.2, 1.3	
Коэффициент взаимодействия струй k_B	По табл.1.4	
Коэффициент неизотермичности k_H при разнонаправленном действии архимедовых и инерционных сил для $6 < \frac{H}{\sqrt{F_O}} \geq 14{,}7$	По графику (рис.1.8)	Для вертикальных струй

Продолжение табл. 1.1

Параметр	Зависимость	Примечания
Коэффициент неизотермичности k_H при вертикальной подаче воздуха сверху вниз для $14{,}7<\frac{H}{\sqrt{F_O}}<100$	$\boldsymbol{k_H} = \sqrt[3]{1 \pm \left(\frac{x}{H}\right)^2}$ (1.16)	Для компактных струй
	$\boldsymbol{k_H} = \sqrt[3]{1 \pm \frac{3}{2}\left(\frac{x}{H}\right)^2}$ (1.17)	Для неполных веерных струй
	$\boldsymbol{k_H} = \sqrt[3]{1 \pm 2\sqrt{\left(\frac{x}{H}\right)^3}}$ (1.18)	Для плоских струй Знак «-» для нагретого воздуха, «+» для охлажденного воздуха
То же, для $\frac{H}{\sqrt{F_O}} \geq 100$	$\boldsymbol{k_H = 1}$ (1.19)	
Коэффициент неизотермичности k_H при горизонтальной подаче воздуха ненастилающимися струями	$\boldsymbol{k_H} = \sqrt{1 \pm \left(\frac{x}{H}\right)^4}$ (1.20)	Для компактных струй
	$\boldsymbol{k_H} = \sqrt{1 \pm \left(\frac{x}{H}\right)^3}$ (1.21)	Для плоских струй
	$\boldsymbol{k_H = 1}$ (1.22)	В формулах (1.9) и (1.10)
Коэффициент неизотермичности k_H при горизонтальной подаче воздуха под углом к горизонтальной плоскости	$\boldsymbol{k_H} = \cos\alpha\sqrt{\cos^2\alpha + \left[\sin^2\alpha \pm \left(\frac{x^2}{H \cdot \cos\alpha}\right)^2\right]^2}$ (1.23)	Для компактных струй в формуле (1.7)

Продолжение табл. 1.1

Параметр	Зависимость	Примечания
!	$k_H = \cos\alpha$ (1.24)	В формуле (1.9)
	$k_H = \sqrt{\cos\alpha}\sqrt{\cos^2\alpha + \left[\sin\alpha \pm \left(\frac{x}{H\cdot\cos\alpha}\right)^3\right]^2}$ (1.25)	Для плоских струй в формуле (1.8)
	$k_H = \frac{1}{\sqrt{\cos\alpha}}$ (1.26)	В формуле (1.10)
Горизонтальное расстояние от воздухораспределителя до входа геометрической оси струи в обслуживаемую зону (подача по схеме, приведенной на рис.1.1, з, охлажденного и по схеме, приведенной на рис.1.1, ж, нагретого воздуха под углом к горизонтальной плоскости) *x*,м	По номограмме на рис.1.9	Величиной ***y*** задаются
То же, (подача горизонтально, по схеме, приведенной на рис.1.1,д)	$x = \sqrt[3]{3\cdot y\cdot H^2}$ (1.27)	Для компактных и веерных струй
	$x = \sqrt[5]{\frac{y^2\cdot H^3}{0,16}}$ (1.28)	Для плоских струй

Продолжение табл. 1.1

Параметр	Зависимость	Примечания
Место отрыва настилающейся струи от потолка при подаче воздуха горизонтально по схеме, приведенной на рис.1.1,г, $x_{ОТР}$, м	$x_{ОТР} = 0{,}5\ H$ (1.29)	Для компактных струй
	$x_{ОТР} = 0{,}4\ H$ (1.30)	Для плоских и веерных струй
Максимальные параметры воздуха в обратном потоке при подаче воздуха горизонтальными прямоточными струями выше рабочей зоны (рис.1.1, е):		
Скорость, $v_{МАКС.ОБР}$, м/с	$v_{МАКС.ОБР} = k\ v_O \sqrt{\frac{F_O}{F_{ПОМ}}}$ (1.31)	Для компактных и неполных веерных струй
	$v_{МАКС.ОБР} = k\ v_O \sqrt{\frac{b_O}{H_{ПОМ}}}$ (1.32)	Для плоских струй
Избыточная температура, $\Delta t_{МАКС.ОБР}$, °С	$\Delta t_{МАКС.ОБР} = 1{,}4 \Delta t_П * \sqrt{\frac{F_O}{F_{ПОМ}}}$ (1.33)	Для компактных и неполных веерных струй
Расстояние от ВР до сечения с максимальными параметрами воздуха в обратном потоке (второе критическое сечение), $x_{КР}$, м	$x_{КР} = 0{,}3\ m \sqrt{F_{ПОМ}}$ (1.34)	Для компактных и неполных веерных струй
	$x_{КР} = 0{,}1\ m^2\ H_{ПОМ}$ (1.35)	Для плоских струй
	$\Delta t_O = 400 \frac{v_O^2}{m \cdot n} \sqrt{\frac{b_O}{H_{ПОМ}^3}}$ (1.36)	Для плоских струй

Продолжение табл. 1.1

Параметр	Зависимость	Примечания
Размеры зоны прямого действия струи (рис. 1.11), *R*, м	**R=0,66 x/m** (1.37)	Для компактных и неполных веерных струй
	R=0,095 x/m^2 (1.38)	Для полных веерных струй
	R=0,67 x/m^2 (1.39)	Для плоских струй
Максимальные размеры условной зоны действия одной горизонтальной струи, на которой одним ВР осуществляется эффективное воздухораспределение при омывании обслуживаемой зоны обратным потоком:		
глубина зоны действия, $l_{ПОМ}$, м	$l_{ПОМ} = 0,7\ m\ \sqrt{F_{ПОМ}}$ (1.40)	Для компактных и неполных веерных струй
	$l_{ПОМ} = 0,21\ m^2\ H_{ПОМ}$ (1.41)	Для плоских струй при удалении воздуха вблизи подачи

Окончание табл. 1.1

	$l_{ПОМ} = 0{,}23\, m^2\, H_{ПОМ}$ (1.42)	Для плоских струй при рассредоточен-ном удалении из рабочей зоны
Поперечное сечение помещения, $B_{ПОМ}$, м	$B_{ПОМ} = 3\, H_{ПОМ}$ (1.43)	Для компактных и неполных веерных струй
	$B_{ПОМ}$ – не ограничено (1.44)	Для плоских струй
Условие, при котором считается, что рабочие места находятся в зоне обратного потока	$\Delta v_{МАКС.ОБР} > v_X$ (1.45)	

Влияние различных факторов на характер затухания скорости воздуха в струе оценивается поправочными коэффициентами к расчетным формулам: **Кс** - стеснения и **Кв** - взаимодействия.

Коэффициенты **Кс** и **Кв** находят по табл. 1.2 - 1.4.

Таблица 1.2

Значения коэффициента **Кс** для компактных, неполных веерных и плоских струй

Форма струи	$\overline{F} = \frac{F_O}{F_{ПОМ}}$	Значение k_C при величине $\overline{X}$					
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Компактная и неполная веерная	< 0,003	1	1	1	1	1	1
	0,003	1	1	0,9	0,85	0,8	0,75
	0,005	1	0,9	0,8	0,75	0,7	0,65
	0,01	1	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4

Окончание табл. 1.2

Форма струи	$\overline{F} = \frac{F_O}{F_{ПОМ}}$	Значение k_C при величине $\overline{X}$					
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Компактная и неполная веерная	0,05	1	0,8	0,5	0,4	0,2	0,15
	0,1	1	0,7	0,45	0,35	0,15	0,1
	0,2	0,95	0,55	0,35	0,3	0,1	0,05
Плоская	-	1	0,85	0,7	0,6	0,5	0,4

Примечание: *При определении избыточной температуры* Δt_X *в сечениях, находящихся на основном участке струи, по формулам (1.9) и(1.10) значение* ***Кс*** *принимается не менее 0,85.*

Таблица 1.3

Значения коэффициента стеснения k_C для полных веерных струй

$\frac{H_{ПОМ} - h_{Р.З.}}{\sqrt{F_{ПОМ}}}$	Кс	$\frac{H_{ПОМ} - h_{Р.З.}}{\sqrt{F_{ПОМ}}}$	*Кс*
0,1	0,9	1,2	0,65
0,4	0,8	1,6	0,6
0,8	0,7	2	0,6

В табл. 1.2-1.3 приняты следующие обозначения: $\mathbf{F_{ПОМ}}$ – площадь поперечного сечения помещения в плоскости, перпендикулярной к потоку воздуха, м^2, приходящаяся на один **ВР** (струю); $\overline{X}$ - отношение расстояния от **ВР** до рассматриваемого сечения ***X*** к характерному размеру помещения – высоте $H_{ПОМ}$ или ширине $B_{ПОМ}$.

Для компактных и неполных веерных струй

$$\bar{O} = \tilde{O}/m\sqrt{F_{ïîì}}\ ; \qquad (1.46)$$

для плоских струй при горизонтальной подаче

$$\overline{X} = X/m^2 H_{ПОМ}; \qquad (1.47)$$

для плоских струй при вертикальной подаче

$$\overline{X} = X/m^2 B_{ПОМ} \qquad (1.48)$$

Таблица 1.4

Значения коэффициента взаимодействия $\boldsymbol{k_B}$ для параллельных струй, направленных в одну сторону

Число струй	Значение $\boldsymbol{k_B}$ при величине *x/l*															
	для скорости								для температур							
	10	20	30	40	50	60	80	100	10	20	30	40	50	60	80	100
2	1	1,15	1,3	1,35	1,35	1,4	1,4	1,4	1	1,3	1,35	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
3	1	1,2	1,4	1,55	1,6	1,65	1.7	1,7	1	1,35	1,55	1,65	1,65	1,7	1,7	1,7
4	1	1,2	1,45	1,65	1,75	1,8	1,9	1,95	1	1,4	1,65	1,8	1,85	1,9	1,95	1,95
5	1	1,2	1,45	1,7	1,85	1,95	2,05	2,1	1	1,4	1,7	1,9	2	2,05	2,15	2,15
6	1	1,2	1,45	1,7	1,85	2	2,15	2,25	1	1,4	1,4	1,95	2,1	2,2	2,3	2,35
7	1	1,2	1,45	1,7	1,9	2,05	2,25	2,4	1	1,4	1,7	1,95	2,15	2,25	2,4	2,5
8	1	1,2	1,45	1,7	1,9	2,1	2,3	2,45	1	1,4	1,7	1,95	2,2	2,35	2,5	2,6
9	1	1,2	1,45	1,7	1,9	2,1	2,35	2,55	1	1,4	1,7	1,95	2,2	2,35	2,6	2,7
10	1	1,2	1,45	1,7	1.9	2,1	2,4	2,6	1	1,4	1,7	1,95	2,2	2,4	2,65	2,8
11	1	1,2	1,45	1,7	1.9	2,1-	2,4	2,6	1	1,4	1,7	1,95	2,2	2,4	2,7	2,9
12	1	1,2	1,45	1,7	1.9	2,1	2,4	2,65	1	1,4	1,7	1,95	2,2	2.4	2,7	2,95
>12	1	1,2	1,45	1,7	1,9	2,1	2.4	2,7	1	1,4	1,7	1,95	2,2	2,4	2,7	3,2

Примечание: *Коэффициенты k_B, приведенные для двух струй, вводятся 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).*

Скорость движения воздуха и температуры в рабочих зонах, на рабочих местах и в обслуживаемых зонах должны соответствовать требованиям СНиП и ГОСТ [1,6]. При входе воздушной струи в рабочую или обслуживаемую зону или в обратном потоке воздуха, проходящем по рабочей зоне, максимальную скорость движения приточного воздуха в струе (или в обратном потоке) следует принимать не более

$$v_X = K * v_H, \qquad (1.49)$$

где K – коэффициент перехода от требуемых скоростей движения воздуха к их максимальным значениям (табл.1.5);

v_H – нормируемые скорости движения воздуха на местах пребывания людей, м/с.

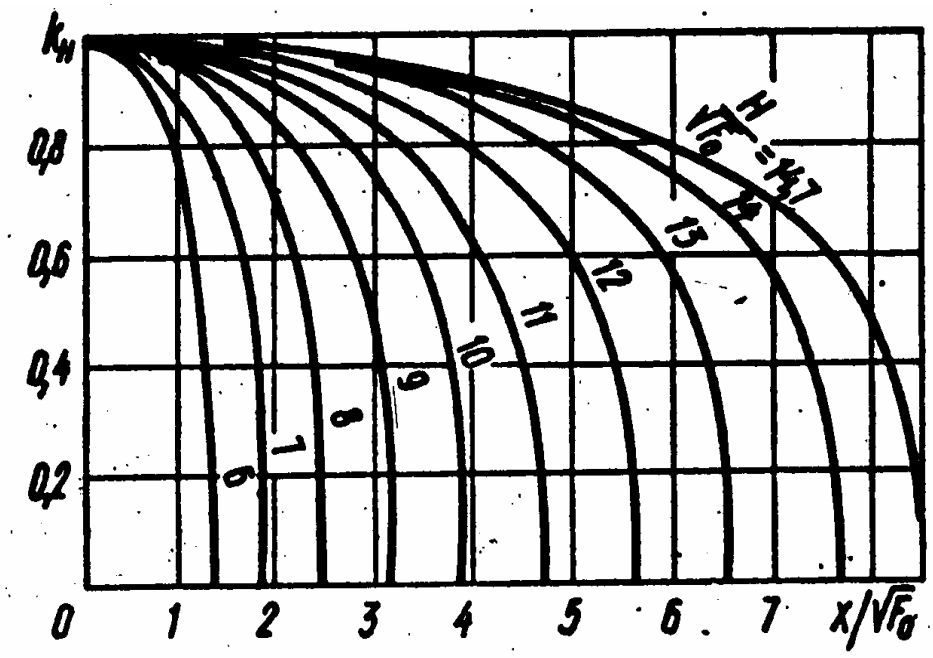


Рис.1.8 График для определения коэффициента неизотермичности $\mathbf{K_н}$ при вертикальной подаче нагретого воздуха вниз (охлажденного – вниз)

Разность температур Δt_X между экстремальной температурой в струе (или в обратном потоке) и средней температурой воздуха рабочей или обслуживаемой зоны следует принимать не более

$$\Delta t_X = t_H + \Delta t_1, \qquad (1.50)$$

$$\Delta t_X = t_H - \Delta t_2, \qquad (1.51)$$

где t_H – нормируемая температура на местах пребывания людей, ^oC;

Δt_1, Δt_2 – допустимые отклонения температуры в струе от нормируемой температуры соответственно при воздушном отоплении и ассимиляции избытков теплоты (табл. 1.6).

Таблица 1.5

Коэффициенты ***К*** перехода от нормируемой скорости движения воздуха к максимальной скорости воздуха в струе

Метеорологические условия	Размещение людей	Коэффициенты ***К*** для категорий работ	
		легкой - I	средней тяжести – II, тяжелой - II
Допустимые	В зоне прямого воздействия приточной струи воздуха в пределах:		
	а) начального участка и при воздушном душировании	1	1
	б) основного участка	1,4	1,8
	Вне зоны прямого воздействия приточной струи воздуха	1,6	2
	В зоне обратного потока воздуха	1,4	1,8
Оптимальные	В зоне прямого воздействия приточной струи воздуха в пределах участка:		
	а) начального	1	1
	б) основного	1,2	1,2
	Вне зоны прямого воздействия приточной струи или в зоне обратного потока воздуха	1,2	1,2

Примечание*: Зона прямого воздействия струи определяется площадью поперечного сечения струи, в пределах которой скорость движения воздуха изменяется от* V_X ***до*** $0{,}5V_X$.

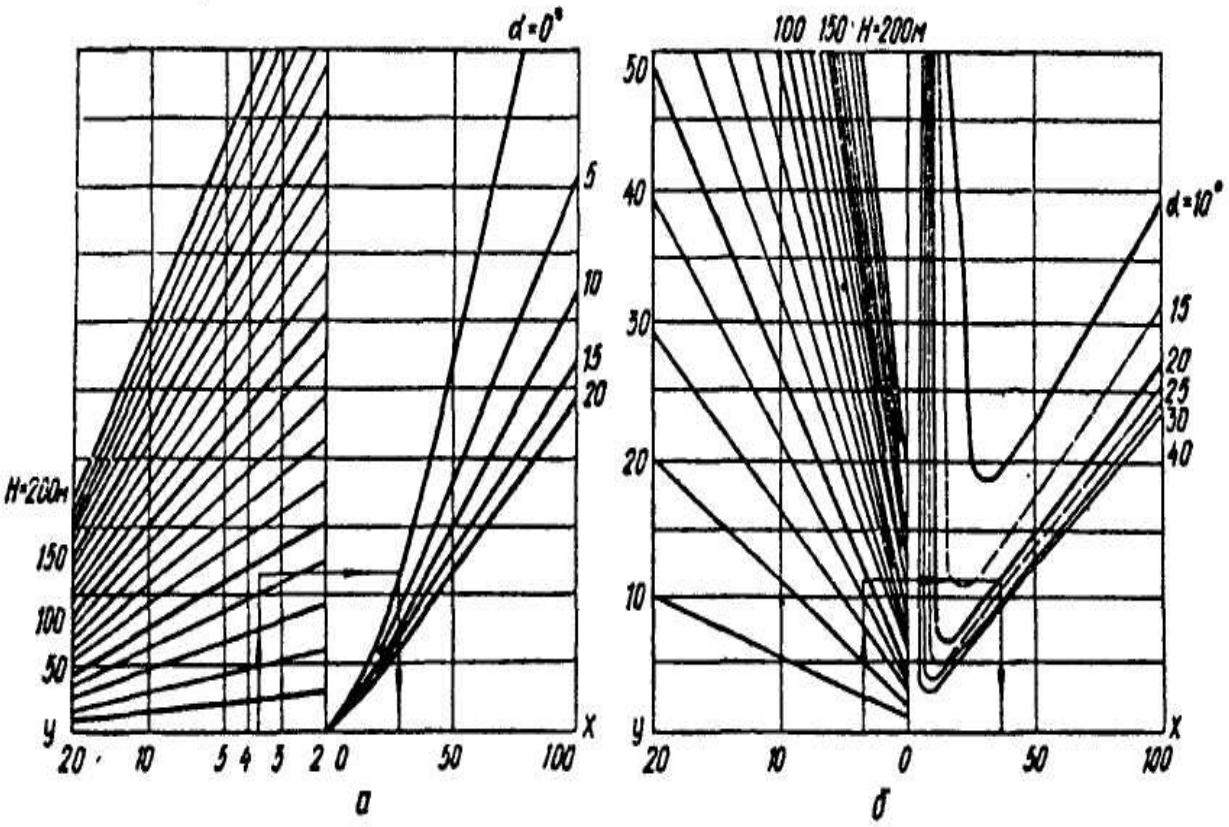
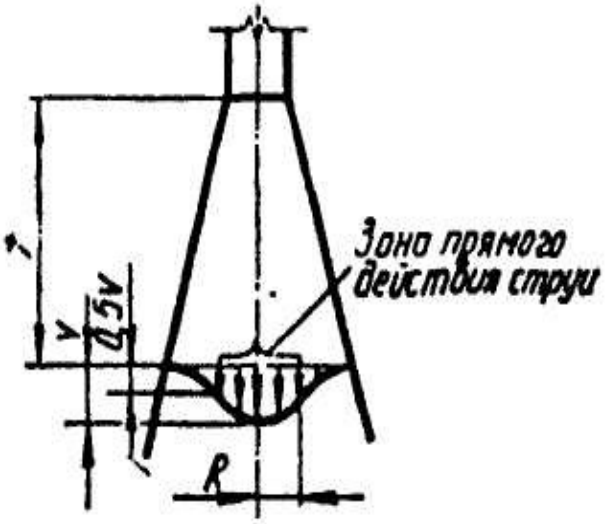


Рис. 1.9. Номограмма для определения горизонтального расстояния от ВР до входа геометрической оси струи в обслуживаемую зону при подаче воздуха под углом к горизонтальной плоскости: а- охлажденный, б- нагретый воздух



ERROR: stackunderflow
OFFENDING COMMAND: ~

STACK: