

11. Указания по расчету и применению воздухораспределителей

Условные обозначения

A	- условная длина (диаметр) воздухо-распределителя (ВР), мм;	n_1	- $n_1 = n/2,45$ температурный коэффициент плоской струи для решеток $a_0/b_0 > 5$, безразм.;
a_0	- длина расчётного прямоугольного сечения ВР, м;	ΔP_n	- потери полного давления при проходе воздуха через ВР, Па;
a	- длина модуля помещения, обслуживаемого одним ВР, м;	t_0	- температура приточного воздуха, °С;
B	- условная ширина ВР, мм;	$t_{0.3}$	- средняя температура в обслуживаемой зоне, °С;
b_0	- ширина расчётного прямоугольного сечения ВР, м;	t_x	- максимальная (минимальная) температура воздуха в приточной струе на расстоянии x , °С;
b	- ширина модуля помещения, обслуживаемого одним ВР, м;	Δt_0	- избыточная температура воздуха в приточной струе $\Delta t_0 = t_0 - t_{0.3} $, °С;
F_0	- площадь расчётного сечения ВР, м ² ;	Δt_x	- максимальная избыточная температура воздуха в приточной струе на расстоянии x $\Delta t_x = t_x - t_{0.3} $, °С;
$F_{ж.с.}$	- площадь живого сечения ВР, м ² ;	V_0	- скорость воздуха в расчётном сечении ВР, м/с;
F_{II}	- площадь поперечного сечения помещения, м ² ;	V_n	- скорость воздуха во входном патрубке КСД, м/с;
$F_{0.3}$	- площадь модуля помещения, обслуживаемого одним ВР, м ² ;	V_x	- максимальная скорость воздуха в приточной струе на расстоянии x , м/с;
H	- геометрическая характеристика приточной струи, м;	$V_{обр}^{max}$	- максимальная скорость в обратном потоке, м/с;
h_0	- высота установки ВР, м;	x	- расстояние от истечения до места входа струи в обслуживаемую зону по аэродинамической оси, м;
$h_{0.3}$	- высота обслуживаемой зоны ВР, м;	x_6	- расстояние от ВР до вершины струи, м;
h	- высота помещения, м;	$x_{отп}$	- расстояние от ВР до точки отрыва струи от потолка, м;
$K_{ж.с.}$	- коэффициент живого сечения, безразм.;	α	- угол наклона ВР или элементов ВР, градус;
K_6	- коэффициент взаимодействия, безразм.;	α_1, α_2	- угол наклона жалюзи решёток, градус;
K_n	- коэффициент неизотермичности, безразм.;	β	- угол между створками регулятора расхода воздуха или угол открытия регулирующего устройства в камере статического давления, градус;
K_c	- коэффициент стеснения, безразм.;	Ar_x	- текущий критерий Архимеда, безразм.;
K_n	- коэффициент перехода от нормируемой скорости движения воздуха к максимальной скорости воздуха в струе, безразм.;	Ar_0	- критерий Архимеда в начальном сечении струи, безразм.;
L_0	- объёмный расход воздуха через ВР, м ³ /ч (л/с);	T_∞	- температура окружающего воздуха, К;
L_{wA}	- приведённый по фильтру А уровень звуковой мощности, дБ(А);	g	- ускорение свободного падения, м/с ² ;
$l_{0,2}$	- дальнобойность приточной струи при $V_x = 0,2$ м/с;	φ	- угол между горизонтальной плоскостью и геометрической осью ВР для воздуховода, градус.
$l_{0,5}$	- дальнобойность приточной струи при $V_x = 0,5$ м/с;		
$l_{0,75}$	- дальнобойность приточной струи при $V_x = 0,75$ м/с;		
m	- скоростной коэффициент ВР, безразм.;		
m_1	- $m_1 = m/2,45$ скоростной коэффициент плоской струи для решеток $a_0/b_0 > 5$, безразм.;		
n	- температурный коэффициент, безразм.;		

Введение

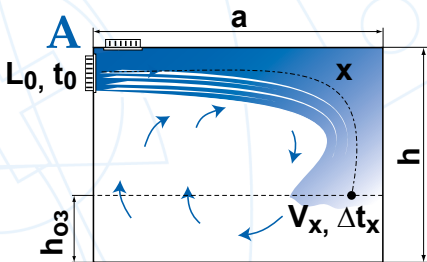
Воздух в вентилируемом помещении находится в непрерывном движении. Его движение индуцируется источниками и стоками воздуха и тепла, расположенными в помещении. Над тепловыми источниками возникают восходящие конвективные потоки нагретого воздуха, которые стремятся занять верхнюю часть помещения. Возле холодных поверхностей возникают ниспадающие конвективные потоки охлажденного воздуха, которые стремятся занять нижнюю часть помещения. Стоки воздуха возникают вблизи всасывающих отверстий вытяжной вентиляции.

Основное влияние на характер и интенсивность движения воздуха в вентилируемом помещении (схему циркуляции воздуха) оказывают приточные струи, формируемые воздухораспределителями (ВР). Назначение

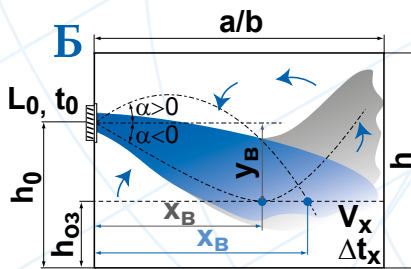
приточных струй – распределить свежий и специально подготовленный воздух в объеме помещения или его обслуживаемой (рабочей) зоне. Основные схемы подачи воздуха в помещениях показаны на рисунках А – Ж. От того насколько корректно будет выбрана схема подачи приточного воздуха и произведен расчет параметров струи зависит формирование комфортного микроклимата в помещении.

В Каталоге воздухораспределителей завод «Арктос» приведены характеристики изотермических свободных и настиляющихся на потолок струй. Данные Указания содержат методические рекомендации для расчета параметров приточных струй с учетом таких факторов как неизотермичность, стеснение и взаимодействие.

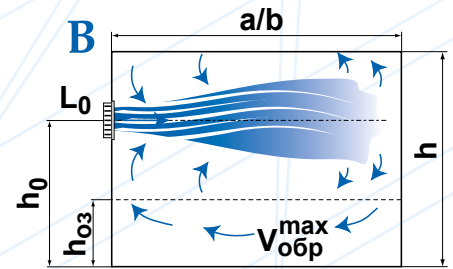
Основные схемы подачи приточного воздуха



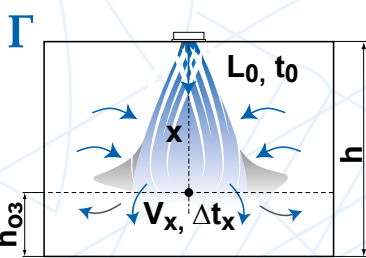
сверху вниз
настиляющимися на потолок струями



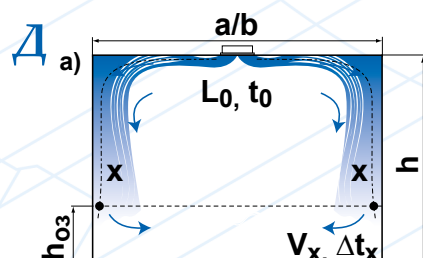
сверху вниз наклонными струями



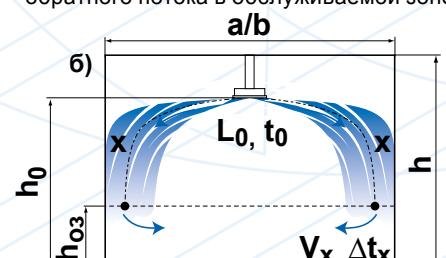
горизонтальными стесненными струями
выше рабочей зоны при формировании
обратного потока в обслуживаемой зоне



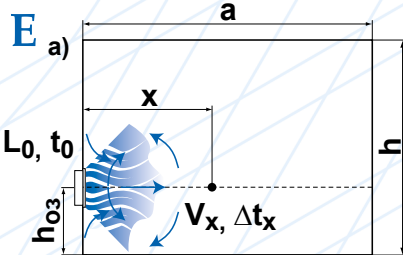
сверху вниз коническими, компактными и
неполными веерными струями



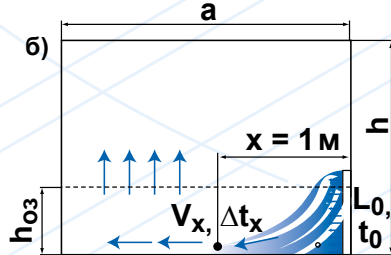
сверху вниз настиляющимися
веерными струями



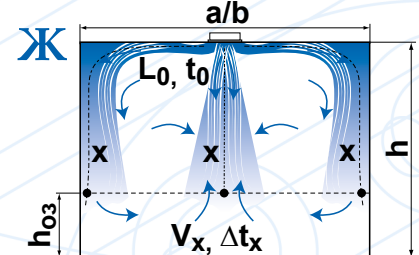
сверху вниз свободными
веерными струями



в обслуживаемую зону
быстрозатухающими потоками



в обслуживаемую зону
низкоскоростными потоками



сверху вниз
комбинированными струями

Основные сведения о приточных вентиляционных струях

Приточной струей называется поток, образованный принудительным истечением воздуха из приточного устройства. Приточная струя называется свободной, если ограждения помещения и соседние струи не влияют на характер ее развития.

Приточная струя, распространяющаяся в ограниченном пространстве, когда на ее развитие оказывают влияние обратные токи, называется стесненной (схема В). Струю, распространяющуюся вдоль плоскости, называют настилающей или полуограниченной (схемы А, Д, Ж).

В зависимости от температуры струи по сравнению с температурой окружающего воздуха различают изотермические струи, имеющие ту же температуру, что и воздух в помещении, и неизотермические струи, имеющие температуру выше или ниже температуры воздуха в помещении.

Максимальные скорости движения V_x и избыточные температуры $\Delta t_x = |t_x - t_{o.z.}|$ воздуха в струях располагаются на условных поверхностях максимальных параметров (ПМП), где t_x – максимальная (при подаче нагретого воздуха) или минимальная (при подаче охлажденного воздуха) температура воздуха в рассчитываемом сечении приточной струи, $t_{o.z.}$ – температура воздуха в рабочей зоне помещения.

Скорости и избыточные температуры воздуха уменьшаются к границам струи и по мере удаления струи от места истечения.

По виду приточные струи можно разделить на сосредоточенные и рассеянные. Векторы скорости истечения сосредоточенных струй параллельны, векторы скорости истечения рассеянных струй расходятся. К сосредоточенным струям относятся компактные и плоские, рассеянными являются: веерные, конические и комбинированные струи.

Компактные струи образуются при истечении воздуха из отверстий круглой или близкой к квадратной форме. ПМП представляет собой прямую линию, совпадающую с геометрической осью струи.

Веерные струи образуются при принудительном увеличении угла раскрытия струи. Различают полные веерные струи, у которых угол раскрытия составляет 360° , и неполные, у которых этот угол менее 360° . ПМП пред-

ставляет собой плоскость, совпадающую с плоскостью принудительного угла раскрытия струи.

Конические струи образуются также при принудительном увеличении угла раскрытия струи. ПМП представляет собой коническую поверхность, причем, образующая конуса является аэродинамической осью струи. Коническая струя по мере удаления от начала истечения может трансформироваться в компактную, т.е. образуется коническая смыкающаяся струя, ось которой совпадает с геометрической осью воздухораспределителя.

Плоские струи образуются при истечении из вытянутых прямоугольных отверстий с отношением сторон $a_0/b_0 > 5$. 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 $x < ba_0$, где a_0 – размер большей стороны прямоугольного отверстия; при $x \geq ba_0$ струя рассчитывается как компактная.

Максимальные параметры воздуха на основном участке струи на расстоянии x от ВР определяются по формулам [1]:

– для компактных, веерных и конических струй:

$$V_x = \frac{m \cdot V_0 \cdot \sqrt{F_0}}{x} \cdot K_c \cdot K_g \cdot K_n = \frac{m \cdot L_0}{x \cdot \sqrt{F_0}} \cdot K_c \cdot K_g \cdot K_n \quad (1)$$

$$\Delta t_x = \frac{n \cdot \Delta t_0 \cdot \sqrt{F_0}}{x} \cdot \frac{K_g}{K_c \cdot K_n} \quad (2)$$

– для плоских струй $x < ba_0$:

$$V_x = \frac{m_1 \cdot V_0 \cdot \sqrt{b_0}}{\sqrt{x}} \cdot K_c \cdot K_g \cdot K_n \quad (3)$$

$$\Delta t_x = \frac{n_1 \cdot \Delta t_0 \cdot \sqrt{b_0}}{\sqrt{x}} \cdot \frac{K_g}{K_c \cdot K_n} \quad (4)$$

где m – скоростной коэффициент ВР (приведен в таблицах Указаний);

$m_1 = m / 2,45$ – скоростной коэффициент для плоского участка струи;

n – температурный коэффициент ВР (приведен в таблицах Указаний);

$n_1 = n / 2,45$ – температурный коэффициент для плоского участка струи;

F_0 – площадь расчетного сечения ВР (приведена в таблицах Каталога);

$b_0 = \frac{F_0}{a_0}$ – ширина расчетного сечения ВР;

$V_0 = \frac{L_0}{F_0}$ – скорость в расчетном сечении, где L_0 – объемный расход воздуха;

$\Delta t_0 = |t_0 - t_{0.з.}|$ – избыточная температура воздуха на истечении приточной струи.

K_c – коэффициент стеснения;

K_g – коэффициент взаимодействия;

K_n – коэффициент неизотермичности.

Для свободной изотермической струи коэффициенты $K_c=1$, $K_g=1$ и $K_n=1$, тогда для определения максимальной скорости можно использовать сокращенные формулы:

– для компактных, веерных, конических струй и плоских струй при $x \geq 6a_0$:

$$V_x = \frac{m \cdot V_0 \cdot \sqrt{F_0}}{x} = \frac{m \cdot L_0}{x \cdot \sqrt{F_0}} \quad (5)$$

– для плоских струй $x < 6a_0$:

$$V_x = \frac{m_1 \cdot V_0 \cdot \sqrt{b_0}}{\sqrt{x}} \quad (6)$$

Все данные в таблицах и графиках в Каталоге завода «Арктос» рассчитаны для свободных изотермических струй по формулам (5, 6).

Расчетные формулы для определения *коэффициента стеснения* K_c приведены далее при рассмотрении каждой схемы.

Значение *коэффициента взаимодействия* K_g зависит от расстояния между струями, и их количества, и принимается по таблице П.1 Приложения [1] при неравномерном расположении ВР в помещении или $K_g=1$ – при равномерном расположении ВР.

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

Не следует учитывать взаимодействие и тогда, когда воздухораспределительные устройства (диффузоры, решетки) располагаются равномерно по площади потолка (схемы Г, Д, Ж).

Для изотермических струй *коэффициент неизотермичности* $K_n=1$.

Развитие неизотермических приточных

струй происходит под влиянием начального импульса, сил трения и гравитационных сил, возникающих за счет разности плотностей воздуха в струе и в помещении. Соотношение этих сил влияет на траекторию струи и значения максимальных параметров воздуха в струе и учитывается коэффициентом неизотермичности ($K_n \neq 1$). Расчетные формулы для определения K_n приведены далее при рассмотрении каждой схемы.

Существуют два подхода для расчёта траектории неизотермических струй. Первый подход – по комплексному параметру H – геометрической характеристике [2], имеющей размерность длины и зависящей от конструктивных параметров воздухораспределителя (коэффициентов m , n и F_0) и условий на истечении (V_0 , Δt_0).

Второй подход – по безразмерной характеристике струи – текущему критерию Архимеда Ar_x [3], на определённом расстоянии от воздухораспределителя, также зависящему от приведённых выше параметров и от рассматриваемой длины струи.

В настоящих «Указаниях по расчёту и применению воздухораспределителей» приводятся расчётные зависимости, основанные как на использовании геометрической характеристики H , так и критерия Архимеда Ar_x .

Геометрическая характеристика H определяется по формулам [2]:

– для компактных, конических и веерных струй:

$$H = \frac{\sqrt{T_\infty} \cdot m \cdot V_0 \cdot \sqrt[4]{F_0}}{\sqrt{n \cdot \Delta t_0 \cdot g}} \quad (7)$$

– для плоских струй:

$$H = \sqrt[3]{b_0 \cdot T_\infty^2 \cdot \frac{(m \cdot V_0)^4}{(n \cdot \Delta t_0 \cdot g)^2}} \quad (8)$$

где T_∞ – температура окружающей среды;

g – ускорение свободного падения, $g=9,81 \text{ м/с}^2$.

Критерий Архимеда Ar_x определяется по формулам [3]:

– для компактных, конических и веерных струй:

$$Ar_x = \frac{n}{m^2} Ar_0 \frac{x^2}{F_0} \quad (9)$$

– для плоских струй:

$$Ar_x = \frac{n}{m^2} Ar_0 \left(\frac{x}{b_0} \right)^{3/2} \quad (10)$$

где Ar_0 – критерий Архимеда в начальном сечении струи:

– для компактных, конических и веерных струй:

$$Ar_0 = \frac{g\Delta t_0 \sqrt{F_0}}{V_0^2 T_\infty} \quad (11)$$

– для плоских струй:

$$Ar_0 = \frac{g\Delta t_0 b_0}{V_0^2 T_\infty} \quad (12)$$

Геометрическая характеристика и критерий Архимеда связаны следующим образом [3]:

– для компактных, конических и веерных струй:

$$H = \frac{x}{\sqrt{Ar_x}} \quad (13)$$

– для плоских струй:

$$H = \frac{x}{\sqrt[3]{Ar_x^2}} \quad (14)$$

При подаче нагретого воздуха, когда его температура выше средней температуры воздуха в помещении, гравитационные силы направлены вверх, возникает опасность ее «всплывания» и, как следствие, недогрева обслуживаемой зоны. Учитывая этот факт, наиболее эффективными для работы систем вентиляции в режиме воздушного отопления являются схемы: Б – сверху вниз наклонными струями, Г – сверху вниз компактными, коническими и неполными веерными струями.

При подаче охлажденного воздуха, когда его температура ниже средней температуры воздуха в помещении, гравитационные силы могут «оторвать» приточную струю от потолка при подаче по схемам А, Д, Ж или

увеличить угол наклона струи (схема Б), при этом расчетная длина струи до ее внедрения в рабочую зону уменьшается и она достигает рабочую зону с параметрами выше заданных (нормируемых).

Отрыв струи охлажденного воздуха от потолка происходит для компактных струй при $Ar_x=0,3$, для плоских струй - при $Ar_x=0,25$ и для веерных струй - при $Ar_x=0,2$ [3]. Выразив критерий Архимеда через геометрическую характеристику, можно получить формулы для определения расстояния $x_{отр}$ от воздухораспределителя до точки отрыва настиляющейся струи от потолка (схема А, Д, Ж)[1, 3]:

– для компактных струй:

$$x_{отр} = 0,5H \quad (15)$$

– для плоских и веерных струй:

$$x_{отр} = 0,4H \quad (16)$$

При вертикальной подаче нагретого воздуха сверху вниз (схема Г) компактные, конические и неполные веерные струи затормаживаются ($V_x = 0$) на некотором расстоянии x . Формулы для расчета расстояния до точки торможения $x_г$ (вершины струи) имеют вид [3]:

– для компактных, конических и веерных струй:

$$x_г = 0,58H \quad (17)$$

-для неполных веерных струй:

$$x_г = 0,82H \quad (18)$$

-для плоских струй:

$$x_г = 0,63H \quad (19)$$

При настилении струи на потолок или другую поверхность (схемы А, Д, Ж) ее дальность увеличивается в 1,4 раза.

При подаче воздуха стесненными горизонтальными струями, затухающими в верхней зоне помещения, рабочая зона омывается обратным потоком (схема В). При такой схеме подачи приточного воздуха определяется значение максимальной скорости воздуха в обратном потоке $V_{обр}^{max}$ по формулам, приведённым в соответствующем разделе.

Рекомендации по расчету воздухораспределения для различных схем подачи приточного воздуха с примерами подбора ВР

Для выполнения нормативных требований при входе воздушной струи в обслуживаемую (рабочую) зону или в обратном потоке воздуха, проходящем по обслуживаемой зоне, максимальная скорость движения и максимальная избыточная температура воздуха не должны превышать нормативных значений $V_x (V_{обр}^{max}) \leq V_n \cdot K_n \cdot \Delta t_x \leq \Delta t_n$, где K_n – коэффициент перехода [4], или требований технического задания.

Значения скорости $V_x (V_{обр}^{max})$ и избыточной температуры Δt_x струи на входе в рабочую зону определяются схемой подачи приточного воздуха. Выбор схемы подачи приточного воздуха для заданного помещения производится по рекомендациям, указанным в [1, 3].

Для систем вентиляции и кондиционирования воздуха подходят все схемы (А–Ж) подачи приточного воздуха. Для систем вентиляции и кондиционирования, совмещенных с воздушным отоплением, рекомендуются схемы Б, Г.

Подача воздуха настилающимися на потолок струями (схема А) применяется в основном для помещения высотой до 4-х метров. Подача воздуха горизонтальными струями над рабочей зоной (схема В) рекомендуется для протяженных помещений высотой более 6 метров (например, спортивные, производственные, складские помещения).

Подача воздуха сверху вниз коническими смыкающимися и несмыкающимися струями (схема Г), веерными настилающимися на потолок струями (схема Д) и комбинированными струями (схема Ж) рекомендуется для помещений, как правило, с повышенной кратностью воздухообмена и особыми требованиями к равномерности распределения параметров воздуха по обслуживаемой зоне.

После выбора схемы воздухораспределения выбирается тип ВР. Определение типа ВР сложный процесс, для которого нет универсального алгоритма. Как правило, первоначальный выбор ВР осуществляется по архитектурным особенностям помещения,

дизайнерским предпочтениям, виду формируемой струи и аэродинамическим и акустическим характеристикам ВР. Список рекомендуемых ВР для каждой схемы приведен в соответствующем разделе.

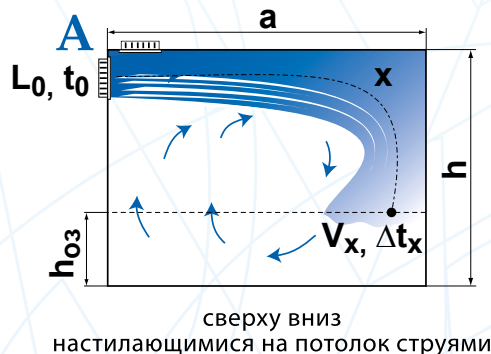
Учитывая выбранную схему подачи и тип воздухораспределителя, площадь обслуживаемого помещения «разбивают» на модули площадью $F_{o.3} = a \cdot b$, приходящейся на один ВР. В частном случае модулем может быть все помещение. Размеры модуля желательно выбирать таким образом, чтобы обеспечить равномерное распределение приточного воздуха и отсутствие застойных зон. При подаче воздуха по схемам Г, Д, Ж рекомендуется выбирать модули по форме близкой к квадрату либо с отношением сторон не более 1:3. Для схем Б, В, рекомендации по выбору модуля приведены в соответствующих разделах. Более подробно про выбор модуля можно прочитать в [1, 3, 7].

Далее выбирается (или рассчитывается) типоразмер ВР и рассчитываются значения максимальной скорости $V_x (V_{обр}^{max})$ и избыточной температуры Δt_x струи на входе в рабочую зону. Ниже приведены примеры таких расчетов для каждой схемы подачи приточного воздуха.

Изложенная в данных «Указаниях...» инженерная методика расчета воздухораспределения рекомендуется для предварительных оценок микроклимата и проектирования систем вентиляции только для несложных объектов. Для удобства расчета воздухораспределения в НИЛАА «Арктос» разработаны программы: *Comfort Air* - для аэродинамического расчета и *Comfort Noise* - для акустического расчета. Скачать программы можно на сайте arktoscomfort.ru. Для сложных и ответственных объектов необходимо проводить численное моделирование воздухораспределения с помощью специализированных CFD программ (например, ANSYS CFX). Для помещений объемом более 5000 м³ проведение численного моделирования для подтверждения заданных параметров микроклимата согласно [4] является обязательным.

Схема А

Подача воздуха настилающимися на потолок струями



Для формирования настилающейся струи воздухораспределители, в большинстве случаев, устанавливаются на стене непосредственно под потолком или на потолке заподлицо с ним.

Последовательность расчета

1. Определяется расчетная длина струи x :

1.1. При подаче изотермического воздуха по формуле:

$$x = a + h - h_{0.3} \quad (A.1)$$

1.2. При подаче охлажденного воздуха расчетная длина струи x определяется с учетом отрыва от потолка:

$$x = x_{omp} + h - h_{0.3}, \quad (A.2)$$

где x_{omp} определяет по формулам (15, 16).

2. По заданным L_0 , Δt_0 и рассчитанной длине струи x определяется типоразмер ВР (F_0) и рассчитываются значения скорости и избыточной температуры V_x и Δt_x (1÷4) в месте внедрения струи в обслуживаемую зону.

3. Полученные значение V_x и Δt_x сопоставляются с нормируемыми V_n , Δt_n .

Поправочные коэффициенты K_c , K_e , K_n к значениям V_x и Δt_x для схемы А принимаются равными: $K_c = 0,8$, $K_e = 1$ или по таблице П.1, $K_n = 1$ [1].

Пример расчета для АМР

1. Изотермическая струя

Дано: $F_{0.3} = 18 \times 12 \text{ м}^2$, $L_0 = 3000 \text{ м}^3/\text{ч}$, $h = 4 \text{ м}$, $h_{0.3} = 2 \text{ м}$, $V_n = 0,5 \text{ м/с}$. Тип помещения – конференц-зал. Требования по шуму – уровень звукового давления не более 40 дБ(А).

Определить: V_x .

Решение: по архитектурно-планировочным

решениям для установки в данном помещении выбраны три решетки АМР с углом поворота жалюзи $\alpha=0^\circ$ (решетка АМР представляет собой решетку АМН с регулятором, характеристики которой и будут использованы для расчетов – $m=8,4$, $n=7,1$). Площадь модуля, обслуживаемая одной решеткой, составляет $F_{0.3} = 18 \times 4 \text{ м}^2$, расход воздуха через одну решетку $L_0 = 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$. Решетка устанавливается на короткой стороне модуля непосредственно под потолком.

1. Определяем расчетную длину струи x (А.1):

$$x = 18 + 4 - 2 = 20 \text{ м}$$

2. На втором этапе определяется типоразмер решетки по нормируемому значению скорости $V_n = 0,5 \text{ м/с}$ и максимальной дальностью $x = 20 \text{ м}$. Это можно сделать двумя способами: подобрать близкий типоразмер по таблице Каталога или более точно рассчитать с помощью формулы (1):

$$F_0 = \left(\frac{m \cdot L}{V_n \cdot x \cdot K_c \cdot K_e \cdot K_n} \right)^2 = \left(\frac{8,4 \cdot 1000}{0,5 \cdot 20 \cdot 3600} \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \right)^2 = 0,035 \text{ м}^2$$

В результате расчета получаем, что площадь решетки должна быть $F_0 \geq 0,035 \text{ м}^2$. По таблице Каталога определяем, что наиболее близкую большую площадь ВР к рассчитанной F_0 имеет решетка АМР 200x200, у которой $F_0 = 0,036 \text{ м}^2$.

По акустическом расчету (программа Comfort Noise или [8]) определяем, что три решетки АМР 200x200 будут генерировать в рабочей зоне уровень звукового давления 41 дБ(А), что не удовлетворяет требованиям по шуму для данного помещения. Для снижения шума

необходимо увеличить типоразмер решетки с АМР 200х200 до АМР 300х200 ($F_0=0,055 \text{ м}^2$), тогда уровень звукового давления составит 34 дБ(А), что ниже заданного значения.

3. Так как значение V_x для решетки АМР 300х200 меньше, чем для АМР 200х200, что следует из формулы (1), то оно меньше, чем V_n – расчет окончен.

2. Неизотермическая струя

Дано: те же условия, что в п.1, а также $\Delta t_0 = 3 \text{ }^\circ\text{C}$ (подача охлажденного воздуха), $T_{0.3} = 295,15 \text{ К}$ ($22 \text{ }^\circ\text{C}$), $\Delta t_n = 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

1. Учитывая, что для данного помещения уже подобрана решетка АМР 300х200 ($F_0=0,055 \text{ м}^2$) для изотермических условий, проверяем, подойдет ли она для использования при подаче охлажденного воздуха.

По формуле (7) рассчитываем геометрическую характеристику:

$$H = \frac{\sqrt{295,15 \cdot 8,4 \cdot 5,1 \cdot \sqrt[4]{0,055}}}{\sqrt{7,1 \cdot 3 \cdot 9,81}} = 24 \text{ м}$$

По формуле (15) проверяем «отрывается» ли струя от потолка, и на каком расстоянии:

$$x_{omp} = 0,5 \cdot 24 = 12 \text{ м} < 18 \text{ м}$$

Под действием сил гравитации струя отрывается от потолка на расстоянии $x_{omp} = 12 \text{ м}$, следовательно, расчетная длина струи (А.2):

$$x = 12 + 4 - 2 = 14 \text{ м}$$

2. Рассчитываем скорость воздуха на входе в рабочую зону (1):

$$V_x = \frac{8,4 \cdot 1000}{14 \cdot \sqrt{0,055 \cdot 3600}} = 0,56 \text{ м/с}$$

Так как путь струи по сравнению с изотермическими условиями уменьшился с $x = 20 \text{ м}$ до $x = 14 \text{ м}$, скорость воздуха на входе в рабочую зону увеличилась.

Полученный результат не удовлетворяет заданным требованиям – необходимо переподобрать ВР.

Если бы мы рассматривали изотермическую подачу воздуха, то при фиксированном расходе для уменьшения скорости на входе в рабочую зону достаточно было

бы увеличить типоразмер решетки. Но при неизотермическом подаче такой путь решения проблемы не подходит, так как уменьшится скорость на истечении из решетки, и гравитационные силы «оторвут» струю от потолка на меньшем расстоянии от истечения, следовательно, скорость на входе в рабочую зону будет такой же или еще большей. Уменьшить скорость на входе в рабочую зону можно увеличением x_{omp} . Минимальная скорость при этом будет наблюдаться, когда неизотермическая струя не отрывается от потолка совсем, т.е. $x_{omp} = a$. Добиться этого можно уменьшением типоразмера решетки, т.е. увеличением скорости на истечении, но для рассматриваемого примера это неприемлемо, так как не будут соблюдаться требования по шуму в помещении.

Для данного примера оптимальным вариантом является разделение помещения не на три модуля, а на шесть площадью $F_{0.3} = 9 \times 4 \text{ м}^2$, расход воздуха через одну решетку $L_0 = 500 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Повторяем расчет для измененных параметров:

1. Зададимся условием, что струя не должна отрываться от потолка, т.е. $x_{omp} = a = 9 \text{ м}$, тогда расчетная длина струи (А.1):

$$x = 9 + 4 - 2 = 11 \text{ м}$$

2. По формуле (7) определим расчетную площадь решетки, для которой будет соблюдаться условия сохранения вида струи без отрыва ее от потолка:

$$F_0 = \left(\frac{\sqrt{T_\infty} \cdot m \cdot L_0}{H \cdot \sqrt{n \cdot \Delta t_0 \cdot g}} \right)^{4/3},$$

Вместо геометрической характеристики из формулы (15) подставляем $H = x_{omp}/0,5 = a/0,5$:

$$F_0 = \left(\frac{\sqrt{295,15} \cdot 8,4 \cdot 500}{(9/0,5) \cdot \sqrt{7,1 \cdot 3 \cdot 9,81 \cdot 3600}} \right)^{4/3} = 0,033 \text{ м}^2$$

По таблице Каталога определяем, что наиболее близкую большую площадь ВР к рассчитанной F_0 имеет решетка АМР 200х200, у которой $F_0 = 0,036 \text{ м}^2$.

По акустическом расчету (программа Comfort Noise или [8]) определяем, что шесть решеток АМР 200х200 будут генерировать

в рабочей зоне уровень звукового давления 28дБ(А), что удовлетворяет требованиям по шуму для данного помещения.

3. По формулам (1, 2) рассчитываем V_x и Δt_x , принимая $K_n=1$, $K_g=1$ и $K_c=0,8$:

$$V_x = \frac{0,84 \cdot 500}{11 \cdot \sqrt{0,036} \cdot 3600} \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,48 \text{ м/с}$$

$$\Delta t_x = \frac{7,1 \cdot 3 \cdot \sqrt{0,036}}{11} \cdot \frac{1}{0,8 \cdot 1} = 0,49 \text{ }^\circ\text{C}$$

4. Полученные значения меньше нормируемых по заданному условию – расчет окончен.

Рекомендуемые для схемы А воздухораспределители и их аэродинамические характеристики

Тип ВР	Положение регулирующего элемента	m	n
АМН, АДН, АЛН, АМН-К, АДН-К, АЛН-К	$\alpha=0^\circ$	8,4	7,1
АМН, АМН-К	$\alpha_1=45^\circ$ веерно	5,0	4,3
АДН, АДН-К	$\alpha_1=0^\circ, \alpha_2=30^\circ$ веерно	6,0	5,1
	$\alpha_1=45^\circ$ веерно, $\alpha_2=0^\circ$	5,0	4,3
Примечание. Жалюзи однорядных решёток АМН, АМН-К расположены параллельно стороне А (горизонтально). В двухрядных решётках АДН, АДН-К жалюзи наружного ряда параллельны стороне А (горизонтально), а внутреннего – перпендикулярны ей.			
РСН, РСН-К	-	8,4	7,1
ПРН, ПРН-К	-	5,6	4,8
ИЛН	-	8,4	7,1
1АРС, 1АЛС, 1АНС	$\alpha=0^\circ$	12,6	10,7
2АРС, 2АЛС, 2АНС	$\alpha=0^\circ$	11,2	9,5
3АРС, 3АЛС, 3АНС	$\alpha=0^\circ$	10,5	8,9
4÷6АРС, 4÷6АЛС, 4÷6АНС	$\alpha=0^\circ$	9,8	8,3
1÷6АРС, 1÷6АНС	$\alpha=\max^\circ$ в 1 сторону	12,0	10,2
УМН, УДН, УМН-К	-	7,4	6,3
1РДБ, 2РДБ	-	8,4	7,1
1ВПП	-	5,2	4,4
2ВПП	-	6,2	5,2
КМН, ПМН	$\alpha_1=0^\circ$	6,3	5,4
КМУ, ПМУ	$\alpha_1=0^\circ$	8,0	6,8
КДН, ПДН, КДУ, ПДУ	$\alpha_1=\alpha_2=0^\circ$	9,8	8,3
Примечание. Жалюзи однорядных решёток КМН, КМУ расположены параллельно стороне В (вертикально). В двухрядных решётках КДН, КДУ жалюзи наружного ряда параллельны стороне А (горизонтально), а внутреннего – перпендикулярны ей. Все решётки для воздуховодов устанавливаются в положении I.			
КПВ, ППВ	-	5,5	4,7
КПУ, ППУ	-	5,7	4,8
КРС, ПРС	$\alpha_1=\alpha_2=0^\circ$	12,6	10,7
КРС, ПРС	$\alpha_1=45^\circ$ веерно, $\alpha_2=0^\circ$	5,5	4,6
Примечание. В двухрядных решётках КРС, ПРС жалюзи наружного ряда параллельны стороне В (вертикально), а внутреннего – перпендикулярны ей. Все решётки для воздуховодов устанавливаются в положении I.			
КВВ-4	схема 1	9,0	7,6
КВВ-6, КВВ-8	схема 1	6,0	5,1
КВВ-4÷8	схема 2	10,6	9,0
КВВ-4÷8	схема 3	7,0	6,0
ПВВ-4	схема 1	8,3	7,0
ПВВ-6, ПВВ-8	схема 1	6,7	5,7
ПВВ-4, ПВВ-6, ПВВ-8	схема 2	9,4	8,0
ПВВ-4÷8	схема 3	7,8	6,6
КВТ-1, ПВТ-1	схема 1	2,8	2,4
КВТ-2, ПВТ-2	схема 1	6,3	5,4
КВТ-3, ПВТ-3	схема 1	5,3	4,5
КВТ-4, ПВТ-4	схема 1	8,3	7,0
КВТ-1÷4, ПВТ-1÷4	схема 2	1,5	1,3
КВТ-1, КВТ-2	схема 3	3,5	3,0

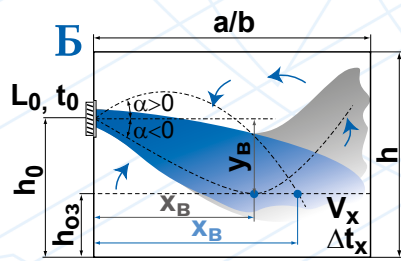
Продолжение таблицы			
Тип ВР	Положение регулирующего элемента	m	n
КВТ-3, КВТ-4	схема 3	5,0	4,3
ПВТ-1÷4	схема 3	5,9	5,0
Примечание. Панели КВВ, ПВВ, КВТ, ПВТ для схем 1 и 2 должны быть установлены в положении I. Панели КВВ, ПВВ, КВТ, ПВТ для схемы 3 должны быть установлены в положении II.			
2АПНу	см. в схеме Д для 2АПН		
1АПН	-	9,8	8,3
1ВПТ М	схема 1	7,2	6,1
1ВПВ, 1ВКВ	схема 3	3,0	2,6
2ВПВ, 2ВКВ	схема 3	3,5	3,0
3ВПВ, 3ВКВ	схема 3	2,5	2,1
7ВПВ-12, 7ВПВ-36, 7ВКВ-16, 7ВКВ-42	схема 3	8,5	7,2
7ВПВ-45, 7ВКВ-70	схема 3	6,1	5,2
1СДК, 2СДК, 3СДК	угол между осью воздухораспределителя и выходным патрубком 0°	9,1	7,7
SMK с приводом	положение 1 (при α=0°)	3,5	3,0
SMK с приводом	положение 2 (при α=0°)	10,5	8,9
1ПСМ	схема 1, α=0°	11,2	9,5
2ПСМ	схема 1, α=0°	9,8	8,3
3ПСМ	схема 1, α=0°	9,1	7,7
4ПСМ	схема 1, α=0°	8,4	7,1
1ВГК, 1ВГК-К	α _т =0°	2,9	2,5
ВБР, ВБР-М	схема 4	2,2	1,9

Примечания.

1. Значения коэффициентов *m* и *n* приведены с учетом настиления струи на поверхность, т.е. увеличены в 1,4 раза.
2. Значения коэффициентов *m* и *n* справедливы также и для ВР с регулятором и с КСД.

Схема Б

Подача воздуха сверху вниз наклонными струями



сверху вниз наклонными струями

Последовательность расчета

1. Определяется расчетная длина струи *x*:
 - 1.1. При подаче изотермического воздуха по формуле:

$$x = \frac{y_0}{\sin \alpha}$$

где $y_0 = h_0 - h_{0.3}$.

- 1.2. При подаче неизотермического воздуха определяется горизонтальная координата точки внедрения струи x_0 , либо графическим способом путем построения траектории струи:

$$y = x \cdot \operatorname{tg} \alpha \pm \frac{x^3}{3H^2 \cos^3 \alpha} \quad (\text{Б.1})$$

либо решением кубического уравнения (Б.1) относительно *x*.

В формуле (Б.1) перед вторым слагаемым знак «+» соответствует подаче теплого воздуха, знак «-» – подаче холодного воздуха. Угол $\alpha > 0^\circ$ – при подаче воздуха вверх, угол $\alpha < 0^\circ$ – при подаче воздуха вниз. Начало координат принимается в месте установки ВР.

В качестве расчётной длины струи принимается полученное значение $x = x_0$.

Необходимо учитывать, что расстояние по горизонтали от истечения до места внедрения струи в обслуживаемую зону должно удовлетворять условию [1]:

$$x = (0,3 \div 0,7) \alpha \quad (Б.2)$$

2. По заданным L_0 , Δt_0 и выбранному типу ВР, F_0 (приведены в таблицах Каталога) и рассчитанной длине струи x рассчитываются значения скорости и избыточной температуры V_x и Δt_x ($I \div 4$) в месте внедрения струи в обслуживаемую зону.

3. Полученные значения V_x и Δt_x сопоставляются с нормируемыми V_{np} , Δt_n .

Величина коэффициента неизотермичности для корректировки скорости определяется только для струй, которые развиваются в противодействии с силой гравитации, в обратном случае – $K_n^v = 1$ [1].

Коэффициент неизотермичности K_n^v для корректировки скорости определяется по формуле [1, 2]:

$$K_n^v = \cos(\alpha) \cdot \sqrt{\cos^2(\alpha) + \left[\pm \sin(\alpha) \pm \left(\frac{x_g}{H \cdot \cos(\alpha)} \right)^2 \right]^2} \quad (Б.3)$$

В формуле перед синусом знак «+» соответствует подаче воздуха вверх, знак «-» – подаче воздуха вниз; перед последним слагаемым знак «+» соответствует подаче теплого воздуха, знак «-» – подаче холодного воздуха.

Величина K_n^t для корректировки температуры определяется по формуле [1, 2]:

$$K_n^t = 1 / \cos(\alpha) \quad (Б.4)$$

3.2 Коэффициент взаимодействия принимается $K_g = 1$.

3.3. Коэффициент стеснения K_c определяется по таблице.

Значение коэффициента стеснения K_c для схемы Б

$\frac{F_0}{b \cdot h}$	$\frac{x}{m \cdot \sqrt{b \cdot h}}$					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
<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	0,80	0,75	0,7	0,65
0,010	1	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4
0,050	1	0,8	0,5	0,4	0,3	0,3

Пример расчета для АДН – подача холодного воздуха

Дано: Площадь помещения $F_{o.з.} = 12 \times 6 \text{ м}^2$, $L_0 = 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$, $h = 6 \text{ м}$, $h_{o.з.} = 2 \text{ м}$, $\Delta t_0 = 3 \text{ }^\circ\text{C}$ (подача холодного воздуха), $T_{o.з.} = 295,15 \text{ К}$ ($22 \text{ }^\circ\text{C}$), $V_n = 0,5 \text{ м/с}$, $\Delta t_n = 2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Определить: V_x и Δt_x .

Решение: по архитектурно-планировочным решениям и характеристикам, представленным в Каталоге, определяем, что целесообразно в данном помещении установить

одну решетку АДН 600x300, жалюзи которой повернуты вверх на угол $\alpha_1 = \alpha_2 = 30^\circ$ ($F_0 = 0,171 \text{ м}^2$, $m = 3,8$, $n = 3,2$). В данном примере площадь модуля совпадает с площадью помещения $F_{o.з.} = F = 12 \times 6 \text{ м}^2$. Решетка устанавливается на короткой стороне модуля. Высота установки решетки $h_0 = 4 \text{ м}$.

1. Определяем расчетную длину струи по формуле (Б.1) графическим методом:

$x, \text{ м}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$y, \text{ м}$	0	0.6	1.1	1.4	1.6	1.6	1.2	0.4	-0.8	-2.5

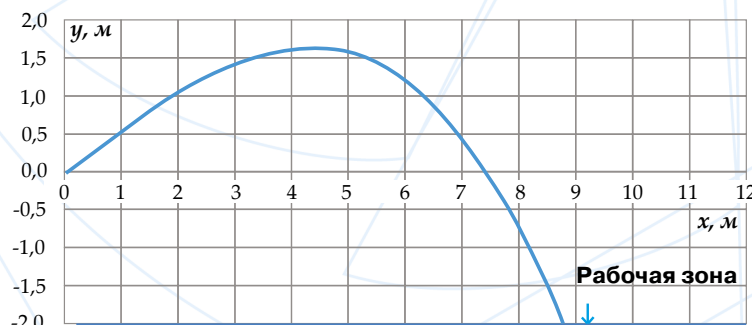


Рис. Б1. Траектория развития холодной струи

На рисунке Б.1 представлена траектория холодной струи, которая демонстрирует, что струя входит в рабочую зону на расстоянии $x_g = 8,7$ м (по горизонтали) от истечения. Это расстояние принимается в качестве расчетной длины струи для данного случая.

2. Учитывая тот факт, что развитие струи совпадает с действием силы гравитации, принимаем $K_n^v = 1$. По формуле (Б.4) рассчитываем коэффициент неизотермичности для корректировки температуры:

$$K_n^t = 1 / \cos(30^\circ) = 1,2$$

4. По формулам (1, 2) рассчитываем V_x и Δt_x , принимая $K_n^v = 1$, $K_c = 1$ и $K_g = 1$:

$$V_x = \frac{3,8 \cdot 1000}{8,7 \cdot \sqrt{0,171 \cdot 3600}} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,29 \text{ м/с}$$

$$\Delta t_x = \frac{3,2 \cdot 3 \cdot \sqrt{0,171}}{8,7} \cdot \frac{1}{1,2 \cdot 1} = 0,46^\circ\text{C}$$

3. Полученные значения меньше нормируемых для заданных условий – расчет окончен.

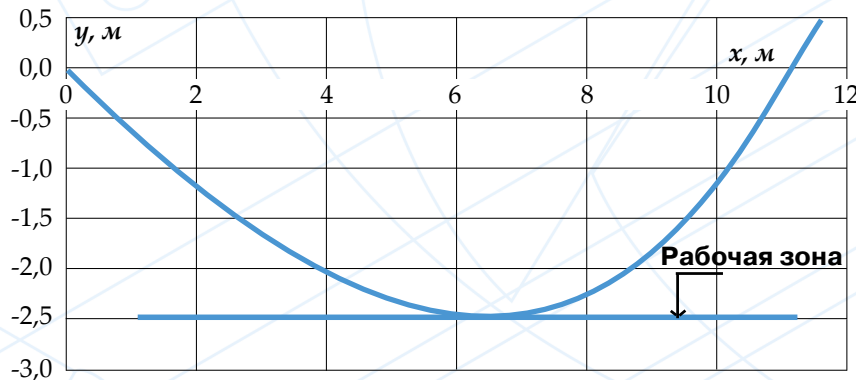


Рис. Б.2. Траектория развития теплой струи

На рисунке Б.2 представлена траектория нагретой струи, вершина которой – точка внедрения струи в рабочую зону – по горизонтали находится на расстоянии $x_g = 6,3$ м – расчетная длина струи.

2. По формулам (7, Б.3, Б.4) рассчитываем геометрическую характеристику и коэффициенты неизотермичности:

$$H = \frac{\sqrt{293,15 \cdot 9 \cdot 3,4 \cdot \sqrt{0,074}}}{\sqrt{7,7 \cdot 9 \cdot 9,81}} = 10,6 \text{ м}$$

$$K_n^v = \cos(30^\circ) \cdot \sqrt{\cos^2(30^\circ) + \left[-\sin(30^\circ) + \left(\frac{6,3}{10,6 \cdot \cos(30^\circ)} \right)^2 \right]^2} = 0,75$$

$$K_n^t = 1 / \cos(30^\circ) = 1,2$$

Пример расчета для КРС – воздушное отопление

Дано: Площадь помещения $F = 12 \times 6 \text{ м}^2$, $L = 900 \text{ м}^3/\text{ч}$, $h = 5 \text{ м}$, $h_{o.з.} = 2 \text{ м}$, $\Delta t_0 = 9^\circ\text{C}$ (подача теплого воздуха), $T_{o.з.} = 293,15 \text{ К}$ (20°C), $V_n \cdot K_n = 1,5 \text{ м/с}$, $\Delta t_n = 3^\circ\text{C}$.

Определить: V_x и Δt_x

Решение: так как по архитектурно-планировочным решениям предусматривается открытая прокладка круглого воздуховода вдоль стены на высоте $h_o = 4,5$ м, по характеристикам, представленным в Каталоге, определяем, что целесообразно в данном помещении установить одну решетку КРС 400x200 с ручным приводом ($F_{o.з.} = F = 12 \times 6 \text{ м}^2$, $F_o = 0,074 \text{ м}^2$, $m = 9,0$, $n = 7,7$). Установка решетки на воздуховоде в положении III под углом $\varphi = -30^\circ$ (Приложение 2).

1. Определяем расчетную длину струи по формуле (Б.1) графическим методом:

x, м	0	1	2	3	4	5	6	7
y, м	0	-0.6	-1.1	-1.6	-2.0	-2.3	-2.5	-2.5

По формулам (1, 2) рассчитываем V_x и Δt_x , принимая $K_c = 1$ и $K_g = 1$:

$$V_x = \frac{9 \cdot 900}{6,3 \cdot \sqrt{0,074 \cdot 3600}} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 = 1,0 \text{ м/с}$$

$$\Delta t_x = \frac{3,2 \cdot 3 \cdot \sqrt{0,171}}{8,7} \cdot \frac{1}{1 \cdot 1,2} = 2,7^\circ\text{C}$$

3. Полученные значения соответствуют нормируемым для заданных условий – расчет окончен.

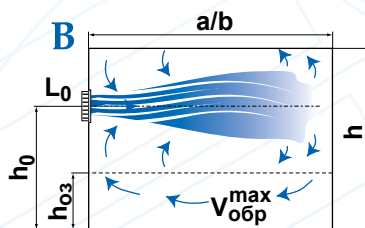
Рекомендуемые для схемы Б воздухораспределители и их аэродинамические характеристики

Тип ВР	Положение регулирующего элемента	m	n
АМН, АМН-К	$\alpha_1=30^\circ$	4,4	3,7
	$\alpha_1=45^\circ$	4,1	3,5
	$\alpha_1=60^\circ$	3,9	3,3
Примечание. Жалюзи однорядных решёток АМН, АМН-К расположены параллельно стороне А (горизонтально). Жалюзи повернуты на угол α_1 в направлении обслуживаемой зоны.			
АДН, АДН-К	$\alpha_1=\alpha_2=30^\circ$	3,8	3,2
	$\alpha_1=\alpha_2=45^\circ$	3,6	3,1
	$\alpha_1=\alpha_2=60^\circ$	3,1	2,6
Примечание. В двухрядных решётках АДН, АДН-К жалюзи наружного ряда расположены параллельно стороне А (горизонтально), а внутреннего – перпендикулярны ей. Жалюзи наружного ряда повернуты на угол α_1 в направлении обслуживаемой зоны. Жалюзи внутреннего ряда повернуты веерно на угол α_2 .			
АВН, АВН-К	Фиксированное положение жалюзи под углом $\alpha=30^\circ$ к горизонтальной плоскости	6,0	5,1
КМН	$\alpha_1=0^\circ$	4,5	3,8
КМУ	$\alpha_1=0^\circ$	5,7	4,8
Примечание. У решёток КМН, КМУ жалюзи расположены перпендикулярно стороне А (вертикально). Решётки КМН, КМУ устанавливаются на воздуховоде в положении III под углом $\varphi=(30^\circ\pm 45^\circ)$.			
КПВ	-	3,9	3,3
КПУ	-	4,1	3,5
Примечание. Решётки КПВ, КПУ устанавливаются на воздуховоде в положении III под углом $\varphi=(30^\circ\pm 45^\circ)$.			
КДН, ПДН, КДУ, ПДУ	$\alpha_1=45^\circ, \alpha_2=0^\circ$	7,0	6,0
Примечание. В двухрядных решётках КДН, ПДН, КДУ, ПДУ жалюзи наружного ряда расположены параллельно стороне А (горизонтально), а внутреннего - перпендикулярны ей. Горизонтальные жалюзи наружного ряда повернуты на угол α_1 в направлении обслуживаемой зоны, $\alpha_2=0^\circ$. Решётки КДН, ПДН, КДУ, ПДУ устанавливаются на воздуховоде в положении I.			
КРС	$\alpha_1=45^\circ$ веерно, $\alpha_2=0^\circ$	3,9	3,3
КРС	$\alpha_1=\alpha_2=0^\circ$	9,0	7,7
КРС, ПРС	$\alpha_1=0^\circ, \alpha_2=45^\circ$	8,4	7,1
Примечание. У решёток КРС, ПРС жалюзи наружного ряда расположены перпендикулярно стороне А (вертикально), а внутреннего – горизонтально. Решётки КРС, ПРС при $\alpha_1=0^\circ, \alpha_2=45^\circ$ устанавливаются на воздуховоде в положении I, жалюзи внутреннего ряда повернуты на угол α_2 в сторону рабочей зоны. Решётки КРС при $\alpha_1=0^\circ, \alpha_2=0^\circ$ устанавливаются на воздуховоде в положении III под углом $\varphi=(30^\circ\pm 45^\circ)$.			
КВВ-4	схема 1	6,4	5,4
КВВ-6+8		4,3	3,7
КВВ-4+8	схема 2	7,6	6,5
КВТ-1	схема 1	2,0	1,7
КВТ-2	схема 1	4,5	3,8
КВТ-3	схема 1	3,8	3,2
КВТ-4	схема 1	5,9	5,0
КВТ-1+4	схема 2	1,1	0,9
Примечание. Панели КВВ, КВТ для схем 1, 2 устанавливаются на воздуховоде в положении III под углом $\varphi=(30^\circ\pm 45^\circ)$.			
1СДК, 2СДК, 3СДК	угол между осью воздухораспределителя и выходным патрубком 25°	6,5	5,5
SMK	положение 1, $\alpha=20^\circ$	2,0	1,7
SMK	положение 2, $\alpha=30^\circ$	5,5	4,7
1ПСМ	$\alpha=25^\circ$	8,0	6,8
2ПСМ	$\alpha=25^\circ$	7,0	6,0
3ПСМ	$\alpha=25^\circ$	6,5	5,5
4ПСМ	$\alpha=25^\circ$	6,0	5,1

Примечание. Значения коэффициентов m и n справедливы также и для ВР с регулятором и с КСД.

Схема В

Подача воздуха горизонтальными стесненными струями выше рабочей зоны



горизонтальными стесненными струями выше рабочей зоны при формировании обратного потока в обслуживаемой зоне

Последовательность расчета

1. Определение высоты установки ВР h_0 . Высота установки воздухораспределителя h_0 должна превышать высоту обслуживаемой зоны $h_{0.3}$:

$$h_0 > h_{0.3} \quad (\text{В.1})$$

Нарушение условия (В.1) противоречит схеме В, в которой предполагается, что в обслуживаемую зону приточный воздух попадает лишь в обратном потоке.

Высота установки воздухораспределителя должна быть не ниже половины высоты помещения h :

$$h_0 \geq 0,5h \quad (\text{В.2})$$

При нарушении условия (В.2) приточный поток отклоняется вниз, при этом обратный поток формируется вблизи потолка, что не обеспечивает схему В. Кроме того, в этом случае есть вероятность попадания прямого потока в обслуживаемую зону.

2. Ограничение на длину модуля a . Минимальная длина модуля должна удовлетворять следующему условию:

$$a \geq 0,5 \cdot m \cdot \sqrt{F_{\Pi}} \quad (\text{В.3})$$

где $F_{\Pi} = b \cdot h$ – поперечная площадь помещения.

При нарушении условия (В.3) приточная струя достигает противоположной стены и, настилаясь на нее, попадает в обслуживаемую зону со скоростями, которые могут превысить скорость воздуха в обратном потоке. В этом случае помимо расчета скорости воздуха в обратном потоке необходимо рассчитывать скорость воздуха в точке внедрения приточной струи в обслуживаемую зону (см. схему А). Максимальное значение скорости из двух рассчитанных должно удовлетворять нормативным требованиям.

При установке воздухораспределителя выше полувысоты помещения $h_0 > 0,5h$

приточный поток отклоняется вверх и на некотором расстоянии от истечения настиляется на потолок. При этом скоростной коэффициент m меняется от значения для свободной струи до значения для настиляющейся. Для упрощения учета настиляния при высоте установки воздухораспределителя вблизи полувысоты помещения $0,5h < h_0 < 0,75h$ для расчета скорости воздуха в точке внедрения приточной струи в обслуживаемую зону следует использовать значение m для свободной струи. При высоте установки воздухораспределителя вблизи потолка $h_0 \geq 0,75h$ для вышеуказанного расчета следует использовать значение скоростного коэффициента для настиляющейся струи $m_{наст} = 1,4m$. Эти же значения m следует использовать и при проверке условия (В.3).

При расчете следует учитывать, что на расстояниях $x > 0,7 \cdot m \cdot \sqrt{F_{\Pi}}$ наблюдается малая подвижность воздуха (застойная зона).

3. Определение максимальной скорости в обратном потоке.

В предыдущих изданиях «Указаний...» для определения скорости в обратном потоке приводилась следующая формула [1]:

$$V_{обп}^{max} = 0,78 \cdot V_0 \cdot \sqrt{\frac{F_0}{F_{\Pi}}} \quad (\text{В.4})$$

Так как использование данной формулы не позволяет учесть влияние вида струи на скорость в обратном потоке, расчетные значения для некоторых типов ВР не соответствуют полученным в ходе натурных испытаний. В НИЛАА «Арктос» были произведены исследования [9], которые позволили получить зависимости для расчета максимальных скоростей в обратном потоке с учетом типа ВР,

характеризуемого коэффициентом m , для компактных и неполных веерных струй:

При значениях коэффициента $m < 6,7$

- расчет скорости с погрешностью $\pm 5\%$:

$$V_{обр}^{max} = -0,0057 + 0,0021V_0 + 0,0014m + 0,19\sqrt{F_0/F_{II}} - 0,00009V_0m + 0,99V_0\sqrt{F_0/F_{II}} - 0,56m\sqrt{F_0/F_{II}} + 0,87V_0m\sqrt{F_0/F_{II}} \quad (B.5)$$

- расчет скорости с погрешностью $\pm 15\%$:

$$V_{обр}^{max} = 0,29 \cdot m \cdot V_0 \cdot \sqrt{\frac{F_0}{F_{II}}} \quad (B.6)$$

При значениях коэффициента $m \geq 6,7$:

- расчет скорости с погрешностью $\pm 5\%$:

$$V_{обр}^{max} = 0,0012 + 0,0027V_0 + 0,0021m - 0,47\sqrt{F_0/F_{II}} - 0,00014V_0m - 0,5V_0\sqrt{F_0/F_{II}} - 0,42m\sqrt{F_0/F_{II}} + 0,31V_0m\sqrt{F_0/F_{II}} \quad (B.7)$$

- расчет скорости с погрешностью $\pm 10\%$:

$$V_{обр}^{max} = 0,25V_0m\sqrt{F_0/F_{II}} \quad (B.8)$$

Для плоских струй [1]:

$$V_{обр}^{max} = 0,75 \cdot V_0 \cdot \sqrt{\frac{b_0}{h}} \quad (B.9)$$

3.3. Полученное значение скорости в обратном потоке сопоставляется с нормируемым значением V_n .

Рекомендуемые для схемы В воздухораспределители и их аэродинамические характеристики

Тип ВР	Положение регулирующего элемента	m	n
АМН, АДН, АЛН, АМН-К, АДН-К, АЛН-К	$\alpha=0^\circ$	6,0	5,1
АМН, АМН-К	$\alpha_1=45^\circ$ веерно	3,6	3,1
АДН, АДН-К	$\alpha_1=0^\circ, \alpha_2=45^\circ$ веерно	3,6	3,1
Примечание. Жалюзи однорядных решёток АМН, АМН-К расположены параллельно стороне А (горизонтально). В двухрядных решётках АДН, АДН-К жалюзи наружного ряда параллельны стороне А (горизонтально), а внутреннего – перпендикулярны ей.			
РСН, РСН-К	-	6,0	5,1
ПРН, ПРН-К	-	4,0	3,4
ИЛН	-	6,0	5,1
1АРС, 1АЛС, 1АНС	$\alpha=0^\circ$	9,0	7,7
2АРС, 2АЛС, 2АНС	$\alpha=0^\circ$	8,0	6,8
3АРС, 3АЛС, 3АНС	$\alpha=0^\circ$	7,5	6,4
4÷6АРС, 4÷6АЛС, 4÷6АНС	$\alpha=0^\circ$	7,0	6,0
УМН, УДН, УМН-К	-	5,3	4,5
1РДБ, 2РДБ	-	6,0	5,1
1ВПП	-	3,7	3,1
2ВПП	-	4,4	3,7
КМН, ПМН	$\alpha_1=0^\circ$	4,5	3,8

Пример расчета для 4ПСМ

Дано: Площадь помещения $F = 36 \times 8 \text{ м}^2$, $L_0 = 2500 \text{ м}^3/\text{ч}$, $h = 8 \text{ м}$, $h_{o.з.} = 2 \text{ м}$, $V_n = 0,5 \text{ м/с}$.

Определить: $V_{обр}^{max}$

Решение:

1. Для соблюдения условий по высоте установки, принимаем $h_0 = 0,75 \cdot h = 6 \text{ м}$

2. Определим по условию (B.3) приемлемые значения скоростного коэффициента ВР с учетом того, что при $h_0 \geq 0,75h$ в формуле (B.2) используется $m_{наст} = 1,4m$:

$$m \leq \frac{a}{0,5 \cdot \sqrt{F_{II}}} = \frac{36}{0,5 \cdot \sqrt{8 \cdot 8}} = 9$$

Таким образом, для полного развития прямоточного потока в данном помещении необходимо подобрать ВР со значением коэффициента $m \leq 9 / 1,4 \leq 6,4$.

По таблицам Указаний и Каталога подбираем подходящий ВР – 4ПСМ 250 ($F_{o.з.} = F = 36 \times 8 \text{ м}^2$, $F_0 = 0,196 \text{ м}^2$, $m = 6$).

3. Определим скорость в обратном потоке по формуле (B.5):

$$V_{обр}^{max} = -0,0057 + 0,0021 \cdot 3,5 + 0,0014 \cdot 6 + 0,19\sqrt{0,196/64} - 0,00009 \cdot 3,5 \cdot 6 + 0,99 \cdot 3,5\sqrt{0,196/64} - 0,56 \cdot 6\sqrt{0,196/64} + 0,87 \cdot 3,5 \cdot 6\sqrt{0,196/64} = 0,29 \text{ м/с} \quad (B.6)$$

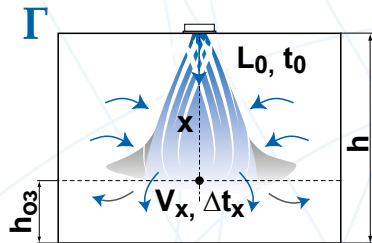
4. Полученное значение меньше нормируемого – расчет окончен.

Продолжение таблицы			
Тип ВР	Положение регулирующего элемента	m	n
КМУ, ПМУ	$\alpha_1=0^\circ$	5,7	4,8
КДН, ПДН, КДУ, ПДУ	$\alpha_1=\alpha_2=0^\circ$	7,0	6,0
КДН, ПДН, КДУ, ПДУ	$\alpha_1=45^\circ$ веерно, $\alpha_{1ц}=0^\circ$, $\alpha_2=0^\circ$	2,5	2,1
КДН, ПДН, КДУ, ПДУ	$\alpha_1=45^\circ$ веерно, $\alpha_{1ц}=90^\circ$, $\alpha_2=0^\circ$	4,3	3,7
Примечание. Жалюзи однорядных решёток КМН, КМУ расположены параллельно стороне В (вертикально). В двухрядных решётках КДН, КДУ жалюзи наружного ряда параллельны стороне А (горизонтально), а внутреннего – перпендикулярны ей. Все решётки для воздуховодов устанавливаются на воздуховоде в положении I.			
КПВ, ППВ	-	3,9	3,3
КПУ, ППУ	-	4,1	3,5
Примечание. Решётки КПВ, ППВ, КПУ, ППУ устанавливаются на воздуховоде в положении I.			
КРС, ПРС	$\alpha_1=\alpha_2=0^\circ$	9,0	7,7
КРС, ПРС	$\alpha_1=45^\circ$ веерно, $\alpha_2=0^\circ$	3,9	3,3
КРС	$\alpha_1=0^\circ$, $\alpha_2=45^\circ$	8,4	7,1
Примечание. В двухрядных решётках КРС, ПРС жалюзи наружного ряда параллельны стороне В (вертикально), а внутреннего – перпендикулярны ей. Решётки КРС при положении жалюзи $\alpha_1=0^\circ$, $\alpha_2=45^\circ$ устанавливаются на воздуховоде в положении III под углом $\varphi=(30^\circ\div 45^\circ)$, жалюзи внутреннего ряда повернуты на угол $\alpha_2=45^\circ$ в сторону потолка.			
КВВ-4	схема 1	6,4	5,4
КВВ-6÷8	схема 1	4,3	3,7
КВВ-4÷8	схема 2	7,6	6,5
КВВ-4÷8	схема 3	5,0	4,3
КВВ-4÷8	схема 4	3,8	3,2
ПВВ-4	схема 1	5,9	5,0
ПВВ-6÷8	схема 1	4,8	4,1
ПВВ-4÷8	схема 2	6,7	5,7
ПВВ-4÷8	схема 3	5,6	4,8
ПВВ-4÷8	схема 4	3,6	3,1
КВТ-1, ПВТ-1	схема 1	2,0	1,7
КВТ-2, ПВТ-2	схема 1	4,5	3,8
КВТ-3, ПВТ-3	схема 1	3,8	3,2
КВТ-4, ПВТ-4	схема 1	5,9	5,0
КВТ-1÷4, ПВТ-1÷4	схема 2	1,1	0,9
КВТ-1÷2	схема 3	2,5	2,1
КВТ-3÷4	схема 3	3,6	3,1
КВТ-1÷2	схема 4	1,8	1,5
КВТ-3÷4	схема 4	2,6	2,2
ПВТ-1÷4	схема 3	4,2	3,6
ПВТ-1÷4	схема 4	2,8	2,4
Примечание. Панели КВВ, ПВВ, КВТ, ПВТ для схем 1 и 2 должны быть установлены в положении I. Панели КВВ, ПВВ, КВТ, ПВТ для схем 3 и 4 должны быть установлены в положении II.			
1СДК, 2СДК, 3СДК	угол между осью воздухораспределителя и выходным патрубком 0°	6,5	5,5
SMK	положение 1 (при $\alpha=0^\circ$)	2,5	2,1
SMK	положение 2 (при $\alpha=0^\circ$)	7,5	6,4
1ПСМ	схема 1, $\alpha=0^\circ$	8,0	6,8
2ПСМ	схема 1, $\alpha=0^\circ$	7,0	6,0
3ПСМ	схема 1, $\alpha=0^\circ$	6,5	5,5
4ПСМ	схема 1, $\alpha=0^\circ$	6,0	5,1

Примечание. Значения коэффициентов m и n справедливы также и для ВР с регулятором и с КСД.

Схема Г

Подача воздуха сверху вниз коническими, компактными и неполными веерными струями



сверху вниз коническими, компактными и неполными веерными струями

Последовательность расчета

1. Расчётная длина струи x определяется по формуле:

$$x = h - h_{o.з.} \text{ или } x = h_0 - h_{o.з.} \quad (\text{Г.1})$$

2. По заданным L_0 , Δt_0 , выбранному типу ВР, F_0 (приведены в таблицах Каталога) и рассчитанной длине струи x определяются значения скорости воздуха на истечении V_0 , а также V_x и Δt_x по формулам (1÷4) в месте внедрения струи в обслуживаемую зону.

3. Полученные значения V_x и Δt_x сопоставляются с нормируемыми $V_{нр}$, $\Delta t_{нр}$.

Величина коэффициента K_n рассчитывается по следующим формулам:

– для компактных и конических струй:

$$K_n = \sqrt[3]{1 \pm 3 \cdot \left(\frac{x}{H}\right)^2} \quad (\text{Г.2})$$

– для неполных веерных струй:

$$K_n = \sqrt[3]{1 \pm 1,5 \cdot \left(\frac{x}{H}\right)^2} \quad (\text{Г.3})$$

– для плоских струй:

$$K_n = \sqrt[3]{1 \pm 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{x}{H}\right)^3}} \quad (\text{Г.4})$$

В формулах (Г.2÷4) знак «+» соответствует подаче охлажденного воздуха, знак «-» – подаче теплого воздуха.

Коэффициент взаимодействия принимается $K_g = 1$ или по табл. П.1.

Коэффициент стеснения принимается $K_c = 0,9$ [1].

Пример расчета для ДКВ

Дано: Площадь помещения $F = 8 \times 8 \text{ м}^2$, $L_0 = 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$, $h = 8 \text{ м}$, $h_{o.з.} = 2 \text{ м}$.

Необходимо подобрать ВР с условием сезонного регулирования: в летний период времени – изотермический режим, в зимний период – воздушное отопление $\Delta t_0 = 7 \text{ }^\circ\text{C}$ (подача теплого воздуха), $T_{o.з.} = 291,15 \text{ К}$ ($18 \text{ }^\circ\text{C}$). $V = 0,5 \text{ м/с}$ для летнего и зимнего периода времени, $\Delta t_{нр}$ – не нормируется для летнего периода, $\Delta t_{нр} = 6 \text{ }^\circ\text{C}$ для зимнего периода времени.

Определить: V_x и Δt_x для летнего и зимнего периода времени

Решение: для реализации посезонного регулирования целесообразно установить ВР на потолке в центре обслуживаемого модуля. По архитектурно-планировочным решениям и характеристикам, представленным в Каталоге, определяем, что под заданные условия подходит диффузор ДКВ 355 ($F_{o.з.} = F = 8 \times 8 \text{ м}^2$, $F_0 = 0,099 \text{ м}^2$), который в летний период времени будет эксплуатироваться при положении направляющих лопаток $\alpha = 30^\circ$ ($m = 3,0$, $n_g = 2,6$) в зимний период – при $\alpha = 0^\circ$ ($m = 6,7$, $n_g = 5,7$).

1. Летний период времени – изотермическая струя.

1.1 Определяем расчетную длину струи:

$$x = 8 - 2 = 6 \text{ м.}$$

1.2 По формуле (1) или по таблицам Каталога определяем максимальную скорость струи на входе в рабочую зону:

$$V_x = \frac{3 \cdot 1000}{6 \cdot \sqrt{0,099 \cdot 3600}} \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,40 \text{ м/с}$$

1.3 Учитывая, что полученное значение меньше нормируемого, переходим к расчету

зимнего периода.

2. Зимний период времени – неизотермическая струя (воздушное отопление).

2.1 Расчетная длина струи $x = 6$ м (п.1.1).

2.2 По формуле (7) рассчитываем геометрическую характеристику:

$$H = \frac{\sqrt{291,15 \cdot 6,7 \cdot 2,8 \cdot \sqrt{0,099}}}{\sqrt{5,7 \cdot 7 \cdot 9,81}} = 9,1 \text{ м}$$

По формуле (17) проверяем условие сохранения вида струи:

$$x_g = 0,55 \cdot 9,1 = 5 \text{ м} < 6 \text{ м}$$

Полученное значение x_g меньше расстояния до рабочей зоны, следовательно струя теплого воздуха под действием силы гравитации всплывет к потолку раньше, чем достигнет рабочей зоны. Один из способов увеличения дальности – это уменьшение типоразмера изделия, и, как следствие, увеличение скорости истечения. Заменяем типоразмер ДКВ 355 ($F_0 = 0,099 \text{ м}^2$) на меньший ДКВ 315 ($F_0 = 0,078 \text{ м}^2$).

Повторяем расчет сначала:

1. Летний период времени – изотермическая струя.

1.1 По формуле (1) определяем максимальную скорость струи на входе в рабочую зону:

$$V_x = \frac{3 \cdot 1000}{6 \cdot \sqrt{0,078 \cdot 3600}} \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,45 \text{ м/с}$$

2. Зимний период времени – неизотермическая струя (воздушное отопление).

2.1 По формуле (7) рассчитываем геометрическую характеристику:

$$H = \frac{\sqrt{291,15 \cdot 6,7 \cdot 3,6 \cdot \sqrt{0,078}}}{\sqrt{5,7 \cdot 7 \cdot 9,81}} = 11 \text{ м}$$

По формуле (17) проверяем условие сохранения вида струи:

$$x_g = 0,58 \cdot 11 = 6,4 \text{ м} > 6 \text{ м}$$

По формуле (Г.2) рассчитываем коэффициент неизотермичности:

$$K_n = \sqrt[3]{1 + 3 \cdot \left(\frac{6}{11}\right)^2} = 0,44$$

2.2 Зная расчетную длину струи (п.1.1), по формулам (1 и 2) рассчитываем максимальные параметры струи на входе в рабочую зону:

$$V_x = \frac{6,7 \cdot 1000}{6 \cdot \sqrt{0,078 \cdot 3600}} \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,44 = 0,44 \text{ м/с}$$

$$\Delta t_x = \frac{5,7 \cdot 7 \cdot \sqrt{0,078}}{6} \cdot \frac{1}{0,9 \cdot 0,44} = 4,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

2.3 Полученные значения для обоих периодов меньше нормируемых – расчет окончен.

Рекомендуемые для схемы Г воздухораспределители и их аэродинамические характеристики

Тип ВР	Положение регулирующего элемента	m	n
АМН, АДН, АЛН, АМН-К, АДН-К, АЛН-К	$\alpha_{1,2}=0^\circ$	6,0	5,1
АМН, АДН, АМН-К, АДН-К	$\alpha_1=45^\circ$ веерно, $\alpha_2=0^\circ$	3,6	3,1
Примечание. Жалюзи однорядных решёток АМН, АМН-К расположены параллельно стороне А (горизонтально). В двухрядных решётках АДН, АДН-К жалюзи наружного ряда параллельны стороне А (горизонтально), а внутреннего – перпендикулярны ей.			
РСН, РСН-К	-	6,0	5,1
ПРН, ПРН-К	-	4,0	3,4
ИЛН	-	6,0	5,1
1АРС, 1АЛС, 1АНС	$\alpha=0^\circ$	9,0	7,7
2АРС, 2АЛС, 2АНС	$\alpha=0^\circ$	8,0	6,8
3АРС, 3АЛС, 3АНС	$\alpha=0^\circ$	7,5	6,4
4÷6АРС, 4÷6АЛС, 4÷6АНС	$\alpha=0^\circ$	7,0	6,0
УМН, УДН	-	5,3	4,5
КМН, ПМН	$\alpha_1=0^\circ$	4,5	3,8
КМН, ПМН	$\alpha_1=45^\circ$ веерно	3,0	2,6
КМУ, ПМУ	$\alpha_1=0^\circ$	5,7	4,8

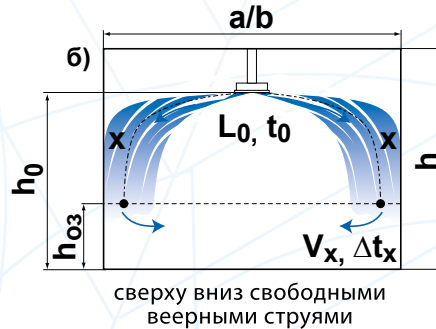
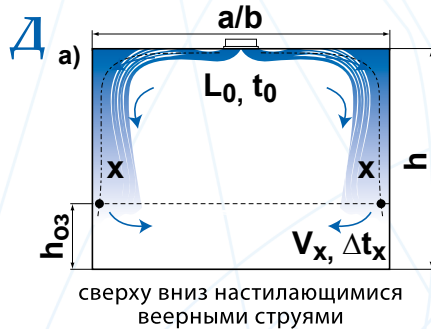
Продолжение таблицы			
Тип ВР	Положение регулирующего элемента	m	n
Примечание. Жалюзи однорядных решёток КМН, КМУ расположены параллельно стороне В (вертикально). Решётки КМН, ПМН, КМУ, ПМУ устанавливаются на воздуховоде в положении II.			
КДН, ПДН, КДУ, ПДУ	$\alpha_1=\alpha_2=0^\circ$	7,0	6,0
КДН, ПДН, КДУ, ПДУ	$\alpha_1=45^\circ$ веерно, $\alpha_{1II}=0^\circ$, $\alpha_2=0^\circ$	2,5	2,1
КДН, ПДН, КДУ, ПДУ	$\alpha_1=45^\circ$ веерно, $\alpha_{1II}=90^\circ$, $\alpha_2=0^\circ$	4,3	3,7
Примечание. В двухрядных решётках КДН, КДУ жалюзи наружного ряда параллельны стороне А (горизонтально), а внутреннего – перпендикулярны ей. Решётки КДН, ПДН, КДУ, ПДУ устанавливаются на воздуховоде в положении II.			
КПВ, ППВ	-	3,9	3,3
КПУ, ППУ	-	4,1	3,5
Примечание. Решётки КПВ, ППВ, КПУ, ППУ устанавливаются на воздуховоде в положении II.			
КРС, ПРС	$\alpha_1=\alpha_2=0^\circ$	9,0	7,7
КРС, ПРС	$\alpha_1=45^\circ$ веерно, $\alpha_2=0^\circ$	3,9	3,3
КРС	$\alpha_1=0^\circ$, $\alpha_2=45^\circ$	8,4	7,1
Примечание: В двухрядных решётках КРС, ПРС жалюзи наружного ряда параллельны стороне В (вертикально), а внутреннего – перпендикулярны ей. Решётки КРС при положении жалюзи $\alpha_1=0^\circ$, $\alpha_2=45^\circ$ устанавливаются на воздуховоде в положении III под углом $\varphi=(30^\circ\pm 45^\circ)$, жалюзи внутреннего ряда повернуты на угол $\alpha_2=45^\circ$ в сторону рабочей зоны.			
КВВ-4	схема 1	6,4	5,4
КВВ-6÷8	схема 1	4,3	3,7
КВВ-4÷8	схема 2	7,6	6,5
ПВВ-4	схема 1	5,9	5,0
ПВВ-6÷8	схема 1	4,8	4,1
ПВВ-4÷8	схема 2	6,7	5,7
КВТ-1, ПВТ-1	схема 1	2,0	1,7
КВТ-2, ПВТ-2	схема 1	4,5	3,8
КВТ-3, ПВТ-3	схема 1	3,8	3,2
КВТ-4, ПВТ-4	схема 1	5,9	5,0
КВТ-1÷4, ПВТ-1÷4	схема 2	1,1	0,9
Примечание: Панели КВВ, ПВВ, КВТ, ПВТ для схем 1, 2 устанавливаются на воздуховоде в положении II.			
ДКУ(-Т) 250, 1ДКФ 250	b=10 мм	2,5	2,1
ДКУ(-Т) 315, ДКУ(-Т) 355, 1ДКФ 315, 1ДКФ 355	b=15 мм	1,8	1,5
ДКУ(-Т) 400, 1ДКФ 400	b=20 мм	3,0	2,6
ДКК 250	b=15 мм	3,5	3,0
ДКК 315	b=25 мм	3,5	3,0
ДКК 355	b=25 мм	4,0	3,4
ДКК 400	b=25 мм	4,8	4,1
1ДПЗ, 1ДКЗ	-	3,0	2,6
ДПУ-М	b=0,2А	1,5	1,3
ДПУ-К	b=0,1А	1,5	1,3
ДПУ-К	b=0,15А	2,0	1,7
ДПУ-С	-	8,5	7,2
ДПУ-В	b=0 мм	3,6	3,1
ДКВ	$\alpha=0^\circ$	6,7	5,7
ДКВ	$\alpha=30^\circ$	3,0	2,6
ДИН	положение 1	8,7	7,4
1СПП 300x300 М	-	5,5	4,7
1СПП 450x450 М	-	4,2	3,6
1СПП 595x595 М	-	2,6	2,2
2СПП 300x300 М	4 щели закрыты	4,4	3,7
2СПП 450x450 М	4 щели закрыты	4,9	4,2
2СПП 595x595 М	4 щели закрыты	4,4	3,7
ВПМ 125 М, ВПМ 160 М	b=0 мм, N=0 об.	4,5	3,8
1ВПТ М при отсутствии поверхности настиления	схема 4	1,3	1,1
1ВПТ М	схема 5	8,2	7,0
1ВПТ М при отсутствии поверхности настиления	схема 6	0,7	0,6

Продолжение таблицы			
Тип ВР	Положение регулирующего элемента	m	n
1ВРТ М при отсутствии поверхности настиления	схема 7	2,0	1,7
1ВПЗ М, 1ВКЗ	-	6,0	5,1
1ВПВ-12, 1ВКВ-12	схема 2	4,8	4,1
1ВПВ-20, 1ВКВ-20	схема 2	5,5	4,7
1ВПВ-32, 1ВКВ-32	схема 2	5,3	4,5
2ВПВ, 2ВКВ	схема 2	5,0	4,3
3ВПВ-12, 3ВКВ-12	схема 2	7,2	6,1
3ВПВ-20, 3ВПВ-30, 3ВКВ-20, 3ВКВ-30	схема 2	5,8	4,9
4ВПВ-12, 4ВПВ-40, 4ВКВ-12, 4ВКВ-40	схема 2	7,5	6,4
4ВПВ-112, 4ВКВ-96	схема 2	4,4	3,7
4ВПВ-12, 4ВПВ-40, 4ВКВ-12, 4ВКВ-40	схема 5	3,6	3,1
4ВПВ-112, 4ВКВ-96	схема 5	2,7	2,3
5ВПВ-16, 5ВПВ-48, 5ВПВ-88, 5ВКВ-16, 5ВКВ-48, 5ВКВ-76	схема 2	6,5	5,5
5ВПВ-16, 5ВПВ-48, 5ВПВ-88, 5ВКВ-16, 5ВКВ-48, 5ВКВ-76	схема 5	2,6	2,2
6ВПВ-24, 6ВКВ-16	схема 2	3,3	2,8
6ВПВ-60, 6ВПВ-112, 6ВКВ-40, 6ВКВ-84	схема 2	4,9	4,2
6ВПВ-24, 6ВПВ-60, 6ВКВ-16, 6ВКВ-40	схема 5	3,7	3,1
6ВПВ-24, 6ВПВ-60, 6ВПВ-112, 6ВКВ-16, 6ВКВ-40, 6ВКВ-84	схема 6	9,1	7,7
7ВПВ-12, 7ВКВ-16	схема 2а	8,6	7,3
7ВПВ-36, 7ВКВ-42	схема 2а	6,1	5,2
7ВПВ-45, 7ВКВ-70	схема 2а	5,2	4,4
7ВПВ-12, 7ВКВ-16	схема 2б	6,7	5,7
7ВПВ-36, 7ВКВ-42	схема 2б	4,2	3,6
7ВПВ-45, 7ВКВ-70	схема 2б	3,1	2,6
1ВПЛ, 2ВПЛ	$\alpha=0^\circ$	5,0	4,3
1ВПЛ, 2ВПЛ	$\alpha=20^\circ$	2,0	1,7
1СДК, 2СДК, 3СДК	угол между осью воздухораспределителя и выходным патрубком 0°	6,5	5,5
SMK	положение 1 (при $\alpha=0^\circ$)	2,5	2,1
SMK	положение 2 (при $\alpha=0^\circ$)	7,5	6,4
1ВПС, 2ВПС, 2ВПС-П, 1ВКС	схема 1	6,0	5,1
1ВПС, 2ВПС, 2ВПС-П, 1ВКС	схема 2	2,4	2,0
1ПСМ	схема 1, $\alpha=0^\circ$	8,0	6,8
2ПСМ	схема 1, $\alpha=0^\circ$	7,0	6,0
3ПСМ	схема 1, $\alpha=0^\circ$	6,5	5,5
4ПСМ	схема 1, $\alpha=0^\circ$	6,0	5,1
2ВДК, 4ВДК	-	6,5	5,5
1ВГК, 1ВГК-К	$\alpha_1=0^\circ$	2,1	1,8
1ВПК 300x300	-	4,2	3,6
1ВПК 450x450	-	3,4	2,9
1ВПК 595x595	-	2,4	2,0
ВБК	схема 5	3,7	3,1
ВБП, ВБП-М	-	2,1	1,8
ВБС, ВБС-М	-	6,0	5,1

Примечание. Значения коэффициентов m и n справедливы также и для ВР с регулятором и с КСД.

Схема Д

Подача воздуха сверху вниз веерными струями



1. Расчётная длина струи x определяется по формуле:

$$x = 0,5 \cdot \sqrt{F_{o.з.}} + h_0 - h_{o.з.} \quad (Д.1)$$

При подаче в помещение охлажденного воздуха проверяется условие сохранения расчетной схемы струи по формуле (16).

2. По заданным L_0 , Δt_0 , выбранному типу ВР, F_0 (приведены в таблицах Каталога) и рассчитанной длине струи x определяются значения скорости V_x и избыточной температуры Δt_x по формулам (1÷4) в месте внедрения струи в обслуживаемую зону.

3. Полученные значения V_x и Δt_x сопоставляются с нормируемыми V_n , Δt_n .

Поправочные коэффициенты принимаются равными $K_g=1$, $K_n=1$, коэффициент стеснения K_c – по таблице ниже.

Значение коэффициента стеснения K_c для схемы Д

$\frac{h-h_{o.з.}}{\sqrt{a \cdot b}}$	0,1	0,4	0,8	1,2	1,5	2,0
K_c	0,9	0,8	0,7	0,65	0,6	0,6

Пример расчета для ДКК

Дано: Площадь помещения $F=8 \times 8 \text{ м}^2$, $L=1600 \text{ м}^3/\text{ч}$, $h=4 \text{ м}$, $h_{o.з.}=2 \text{ м}$, $\Delta t_0=3^\circ\text{C}$ (подача охлажденного воздуха), $T_{o.з.}=295,15 \text{ К}$ (22°C), $V_n=0,5 \text{ м/с}$, $\Delta t_n=1,5^\circ\text{C}$.

Определить: V_x и Δt_x .

Решение: по архитектурно-планировочным решениям и характеристикам, представленным в Каталоге, определяем, что целесообразно установить воздухораспределитель ДКК 355 в центре потолка (схема Д, рис. а) для обеспечения веерной настилающейся струи ($F_{o.з.}=F=8 \times 8 \text{ м}^2$, $F_0=0,099 \text{ м}^2$, $m=1,3$, $n=1,1$).

1. Определяем расчетную длину струи:

$$x = 0,5 \cdot \sqrt{64} + 4 - 2 = 6 \text{ м}$$

По формуле (7) рассчитываем геометрическую характеристику:

$$H = \frac{\sqrt{295,15 \cdot 1,3 \cdot 4,5 \cdot \sqrt{0,099}}}{\sqrt{1,1 \cdot 3 \cdot 9,81}} = 9,8 \text{ м}$$

По формуле (16) проверяем условие сохранения вида струи:

$$x_{отр} = 0,4 \cdot 9,8 = 3,9 \text{ м} \approx 4 \text{ м}$$

5. По формулам (1, 2) рассчитываем V_x и Δt_x , принимая $K_n=1$, $K_g=1$ и $K_c=0,8$:

$$V_x = \frac{1,3 \cdot 1600}{6 \cdot \sqrt{0,099} \cdot 3600} \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,24 \text{ м/с}$$

$$\Delta t_x = \frac{1,1 \cdot 3 \cdot \sqrt{0,099}}{6} \cdot \frac{1}{0,8 \cdot 1} = 0,22^\circ\text{C}$$

6. Полученные значения меньше нормируемых – расчет окончен.

Рекомендуемые для схемы Д воздухораспределители и их аэродинамические характеристики

Тип ВР	Положение регулирующего элемента	а) настиляющиеся веерные струи		б) свободные веерные струи	
		m	n	m	n
2АРС, 4АРС, 6АРС	$\alpha=\max^\circ$ в две стороны	6,7	5,7	-	-
2АНС, 4АНС, 6АНС	$\alpha=\max^\circ$ в две стороны	6,7	5,7	-	-
2АПН 225x225	-	3,4	2,9	2,4	2,0
2АПН 300x300	-	4,0	3,4	2,8	2,4
2АПН 300x450, 375x375	-	4,8	4,1	3,4	2,9
2АПН 300x600	-	5,4	4,6	3,8	3,2
2АПН 450x450	-	5,9	5,0	4,1	3,5
2АПН все остальные типоразмеры	-	6,5	5,6	4,6	3,9
3АПН 225x225	-	3,1	2,6	2,2	1,8
3АПН 300x300	-	3,5	3,0	2,5	2,1
3АПН 300x450, 375x375	-	4,2	3,6	2,9	2,5
3АПН 300x600, 450x450	-	4,7	4,0	3,3	2,8
3АПН все остальные типоразмеры	-	5,8	4,9	4,1	3,4
4АПН 225x225, 300x300	-	3,3	2,8	2,3	2,0
4АПН 300x450, 375x375	-	3,8	3,2	2,7	2,2
4АПН 300x600, 450x450	-	4,5	3,8	3,2	2,7
4АПН все остальные типоразмеры	-	5,0	4,3	3,5	3,0
АГН-1 300x300	-	3,3	2,8	2,3	2,0
АГН-1 450x450	-	5,0	4,3	3,5	3,0
АГН-2 450x450	-	4,7	4,0	3,3	2,8
АГН-1 600x600	-	7,6	6,5	5,3	4,6
АГН-2 600x600	-	6,2	5,3	4,3	3,7
ДКУ (-Т) / 2ДКФ	$b=0\pm 20$ мм / -	1,3	1,1	0,9	0,8
ДКК	$b=0\pm 20$ мм	1,3	1,1	0,9	0,8
2ДПЗ М, 2ДКЗ М	-	2,6	2,2	1,8	1,5
ДПУ-М	$b=0,1A$	0,8	0,7	0,6	0,5
ДПУ-М	$b=0,15A$	0,6	0,5	-	-
ДПУ-К	$b=0,05A$	1,0	0,9	-	-
ДПУ-В	$b=-20$ мм	2,1	1,8	1,5	1,3
ДКВ	$\alpha=50^\circ$	2,7	2,3	1,9	1,6
ДИН	положение 2	4,1	3,5	2,9	2,5
ЗСПП 300x300-100	-	1,1	0,9	-	-
ЗСПП 450x450-160	-	1,6	1,4	-	-
ЗСПП 450x450-200	-	1,0	0,9	-	-
ЗСПП 595x595-200	-	1,4	1,2	-	-
ЗСПП 595x595-250	-	1,4	1,2	-	-
ЗСПП 595x595-315	-	0,9	0,8	-	-
ЗСКП 315-100	-	1,8	1,5	1,2	1,0
ЗСКП 450-160	-	1,2	1,0	0,7	0,6
ЗСКП 450-200	-	0,9	0,8	0,5	0,4
ЗСКП 595-200	-	1,4	1,2	0,9	0,8
ЗСКП 595-250	-	1,1	0,9	0,7	0,6

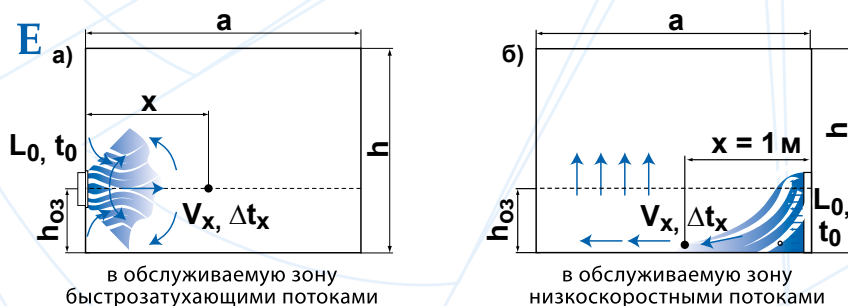
Тип ВР	Положение регулирующего элемента	Продолжение таблицы			
		а) настилающиеся веерные струи		б) свободные веерные струи	
		m	n	m	n
ЗСКП 595-315	-	0,9	0,8	0,5	0,4
1ВПТ М	схема 2	4,3	3,7	-	-
1ВПТ М	схема 3	3,8	3,2	-	-
1ВПТ М	схема 4	2,9	2,5	-	-
1ВПТ М	схема 6	2,8	2,4	-	-
ЗДПЗ М, ЗДКЗ М	-	3,0	2,6	2,1	1,8
1ВПВ-20, 1ВКВ-20	схема 1	1,0	0,9	-	-
1ВПВ-32, 1ВКВ-32	схема 1	1,2	1,0	-	-
1ВПВ, 1ВКВ	схема 4	2,0	1,7	-	-
2ВПВ-40, 2ВКВ-40, 2ВПВ-68, 2ВКВ-64	схема 1	1,7	1,4	-	-
2ВПВ-16, 2ВКВ-16, 2ВПВ-40, 2ВКВ-40, 2ВПВ-68, 2ВКВ-64	схема 4	2,2	1,9	-	-
3ВПВ-20, 3ВКВ-20, 3ВПВ-30, 3ВКВ-30	схема 1	1,7	1,4	-	-
3ВПВ-12, 3ВКВ-12, 3ВПВ-20, 3ВКВ-20, 3ВПВ-30, 3ВКВ-30	схема 4	1,8	1,5	-	-
6ВПВ-112, 6ВКВ-84	схема 1	4,6	3,9	-	-
7ВПВ, 7ВКВ	схема 4	4,3	3,7	-	-
1ВПЛ, 2ВПЛ	$\alpha=45^\circ$	4,8	4,1	3,4	2,9
1ПВК 450x450	-	2,9	2,5	-	-
1ПВК 600x600	-	3,5	3,5	-	-
1ПВК 450x450 90П(Л)	-	4,7	4,0	-	-
1ПВК 600x600 90П(Л)	-	5,0	4,3	-	-
2ВГК	-	2,3	2,0	-	-
ВБР, ВБР-А	схема 4	2,2	1,9	-	-
ВБТ	схема 4	2,9	2,5	-	-

Примечания:

- Отсутствие коэффициентов m и n для свободных условий свидетельствует о том, что без поверхности настилая вид струи не соответствует схеме Д. Для некоторых изделий характеристики в свободных условиях приведены в схеме Г.
- Значения коэффициентов m и n справедливы также и для ВР с регулятором и с КСД.

Схема Е

Подача воздуха в рабочую зону быстрозатухающими и низкоскоростными потоками



Последовательность расчета

1. При размещении воздухораспределителей в пределах обслуживаемой зоны помещения скорость движения и избыточная температура воздуха рассчитываются для расстояния

до ближайшего рабочего места.

2. Поправочные коэффициенты K_c , K_e , K_n к значениям V_x и Δt_x при рассматриваемом способе подачи принимаются равными: $K_c=1$, $K_e=1$, $K_n=1$

Пример расчета для 1ВНУ

Дано: Площадь помещения $F=9 \times 9 \text{ м}^2$, $L_0 = 500 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\Delta t_0 = 3^\circ\text{C}$ (подача охлажденного воздуха), $V_n=0,2 \text{ м/с}$, $\Delta t_n=1,5^\circ\text{C}$, расстояние до ближайшего рабочего места $x=3 \text{ м}$.

Определить: V_x и Δt_x

Решение: по архитектурно-планировочным решениям и характеристикам, представленным в Каталоге, определяем, что целесообразно установить воздухораспределитель 1ВНУ 200 ($F_{o.з.}=F=9 \times 9 \text{ м}^2$; $F_0=0,64 \text{ м}^2$,

$m=2,0$, $n=1,7$) на полу в углу помещения

1. По формулам (1, 2) рассчитываем максимальные параметры струи:

$$V_x = \frac{2 \cdot 500}{3 \cdot \sqrt{0,64 \cdot 3600}} = 0,12 \text{ м/с}$$

$$\Delta t_x = \frac{1,7 \cdot 3 \cdot \sqrt{0,64}}{3} = 1,4^\circ\text{C}$$

2. Полученные значения меньше нормируемых – расчет окончен.

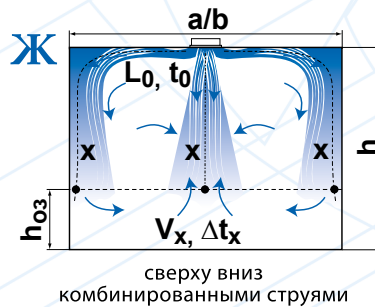
Рекомендуемые для схемы Е воздухораспределители и их аэродинамические характеристики

Тип ВР	Положение регулирующего элемента	m	n
1ВГК, 1ВГК-К	$\alpha_1=0^\circ$	2,1	1,8
1ВНК, 1ВНК Н	-	0,5	0,4
1ВНП, 1ВНП Н	-	1,5	1,3
1ВНУ, 1ВНУ Н	-	2,0	1,7
2ВНТ, 2ВНТ Н	-	1,0	0,9
2ВНЛ, 2ВНЛ Н	-	2,2	1,9
2ВНВ	-	3,2	2,7
3ВНУ	-	1,0	0,9

Примечание. Значения коэффициентов m и n справедливы также и для ВР с регулятором.

Схема Ж

Подача воздуха сверху вниз комбинированными струями



Последовательность расчета

При комбинированной подаче воздуха расчет ведется отдельно для вертикальной части струи согласно схеме Г и настилающейся горизонтальной – согласно схеме Д. При этом скорость V_0 в расчетном сечении воздухораспределителя одинакова для обоих видов струй. Сначала рассчитывается вертикальная часть струи, имеющая меньшую расчетную длину до входа в обслуживаемую зону.

$\Delta t_0 = 6^\circ\text{C}$ (подача охлажденного воздуха), $T_{o.з.} = 295,15 \text{ К}$ (22°C), $V_n=0,5 \text{ м/с}$, $\Delta t_n=1,5^\circ\text{C}$.

Определить: V_x и Δt_x

Решение: по архитектурно-планировочным решениям и характеристикам, представленным в Каталоге, определяем, что целесообразно установить воздухораспределитель ДКП 250 ($F_{o.з.}=F=6 \times 6 \text{ м}^2$, $F_0=0,031 \text{ м}^2$, $m_0=0,6$, $n_0=0,5$, $m_2=1,0$, $n_2=0,9$) на потолке в центре помещения.

Пример расчета для ДКП

Дано: Площадь помещения $F = 6 \times 6 \text{ м}^2$, $L_0 = 600 \text{ м}^3/\text{ч}$, $h = 4 \text{ м}$, $h_{o.з.} = 2 \text{ м}$,

Так как скоростной коэффициент для горизонтальной части струи имеет большее значение, чем для вертикальной части, расчет следует произвести для обоих видов струй.

1. Вертикальная составляющая струи – расчет по схеме Г.

1.1 Определяем расчетную длину струи:

$$x = 4 - 2 = 2 \text{ м.} \quad (\Gamma.1)$$

1.2 По формулам (7, Г.2) рассчитываем геометрическую характеристику и коэффициент неизотермичности:

$$H = \frac{\sqrt{295,15 \cdot 0,6 \cdot 5,4 \cdot \sqrt[4]{0,031}}}{\sqrt{0,5 \cdot 6 \cdot 9,81}} = 4,2 \text{ м}$$

$$K_n = \sqrt[3]{1 + 3 \cdot \left(\frac{2}{4,2}\right)^2} = 1,2$$

По формулам (1, 2) рассчитываем V_x и Δt_x , принимая $K_g=1$ и $K_c=0,9$:

$$V_x = \frac{0,6 \cdot 600}{2 \cdot \sqrt{0,031 \cdot 3600}} \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1,2 = 0,3 \text{ м/с}$$

$$\Delta t_x = \frac{0,5 \cdot 6 \cdot \sqrt{0,031}}{2} \cdot \frac{1}{0,9 \cdot 1,2} = 0,25^\circ \text{C}$$

1.3 Полученные значения меньше нормируемых – расчет окончен.

2. Горизонтальная составляющая струи – расчет по схеме Д.

2.1 Определяем расчетную длину струи (Д.1):

$$x = 0,5 \cdot \sqrt{36} + 4 - 2 = 5 \text{ м}$$

2.2 По формулам (1 и 2) рассчитываем максимальные параметры струи на входе в рабочую зону, принимая $K_n=1$, $K_g=1$ и $K_c=0,8$:

$$V_x = \frac{1 \cdot 600}{5 \cdot \sqrt{0,031 \cdot 3600}} \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,15 \text{ м/с}$$

$$\Delta t_x = \frac{0,9 \cdot 6 \cdot \sqrt{0,031}}{5} \cdot \frac{1}{0,8 \cdot 1} = 0,22^\circ \text{C}$$

2.3 Полученные значения меньше нормируемых – расчет окончен.

Рекомендуемые для схемы Ж воздухораспределители и их аэродинамические характеристики

Тип ВР	Регулирование	Вертикальный поток		Горизонтальный настилающийся поток	
		m_v	n_v	m_r	n_r
4АПН-П 300x300	-	2,3	2,0	2,3	2,0
4АПН-П все остальные типоразмеры	-	3,0	2,6	3,0	2,6
4АПН-С 300x300	-	3,4	2,9	2,0	1,7
4АПН-С все остальные типоразмеры	-	4,5	3,8	3,0	2,6
ДКП	-	0,6	0,5	1,0	0,9
2СПП 300x300 М	4 щели открыты	2,7	2,3	1,8	1,5
2СПП 450x450 М	4 щели открыты	3,0	2,6	1,3	1,1
2СПП 595x595 М	4 щели открыты	1,5	1,3	1,0	0,9
1ВГТ М	схема 7	3,0	2,6	2,3	2,0

Примечание. Значения коэффициентов m и n справедливы также и для ВР с регулятором и с КСД.

Приложение 1

Таблица П.1

Коэффициент взаимодействия K_e при неравномерном расположении ВР в помещении

Число струй	Значение K_e при x/l , равном (см. рис П.1)							
	10	20	30	40	50	60	80	100
2	1	1,15	1,3	1,35	1,35	1,4	1,4	1,4
3	1	1,2	1,4	1,55	1,6	1,7	1,7	1,7
4	1	1,2	1,5	1,65	1,8	1,8	1,9	2,0
5	1	1,2	1,5	1,7	1,9	2,0	2,1	2,1
6	1	1,2	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3
7	1	1,2	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,4
8	1	1,2	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5
9	1	1,2	1,5	1,7	1,9	2,1	2,35	2,6
10	1	1,2	1,5	1,7	1,9	2,1	2,4	2,6
11	1	1,2	1,5	1,7	1,9	2,1	2,4	2,6
12 и более	1	1,2	1,5	1,7	1,9	2,1	2,4	2,7

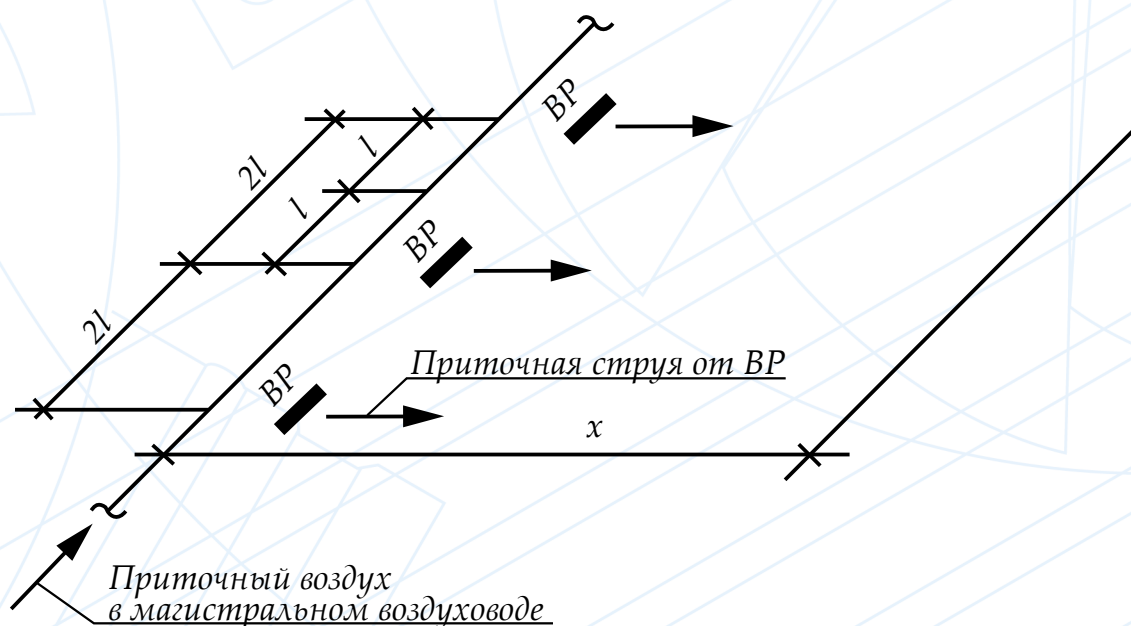
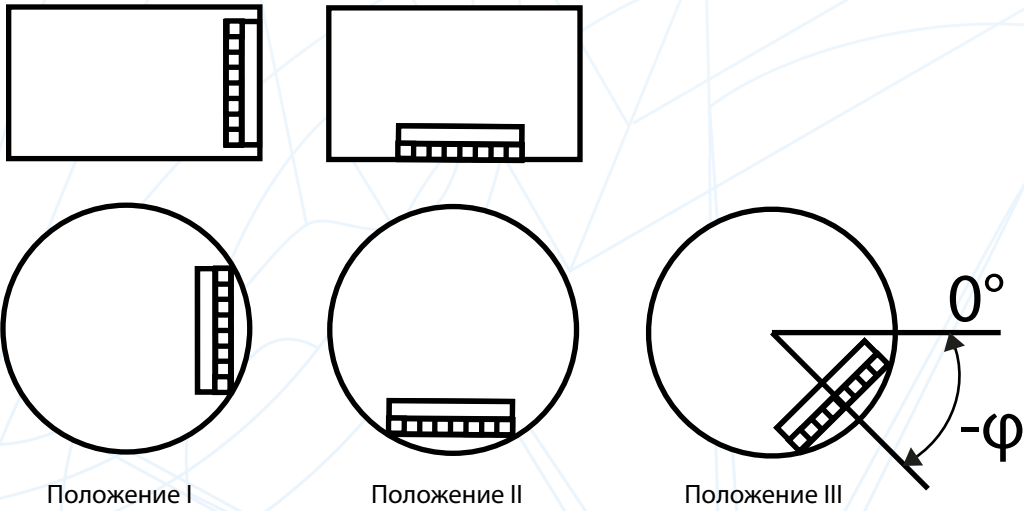


Рис. П.1. Схема установки ВР в ряд

Приложение 2

На рисунке показаны возможные положения решеток на воздуховодах.



Литература

1. Внутренние санитарно-технические устройства: в 3-х ч. Часть 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Книга 1 [Текст] / Под ред. Н.Н.Павлова, Ю.И.Шиллера – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1992. – 319 с.
2. Шепелев, И.А. Аэродинамика воздушных потоков в помещении [Текст] / И.А. Шепелев. – М.: Стройиздат, 1978. – 144 с.
3. Гримитлин, М.И. Распределение воздуха в помещениях [Текст] / М.И. Гримитлин – С-Пб: Издательство «АВОК Северо-Запад», 2004. – 320 с.
4. СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 – М.: Минстрой России, 2017.
5. ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» – М.: Стандартинформ, 2013.
6. СанПин 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997.
7. Шумилов, Р.Н. Проектирование систем вентиляции и отопления [Текст] / Р.Н. Шумилов, Ю.И. Толстова, А.Н. Бояршинова. – С-Пб: Лань, 2014. – 332 с.
8. СП 51.13330.2011 «Защита от шума» актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 – М.: Минрегион России, 2011.
9. Кочарьянц, К.В. Исследование зависимости скорости потока в обратном течении от типа приточного устройства [Электронный ресурс] / К.В.Кочарьянц / Электронный научный журнал «Фундаментальные исследования». – 2017. – №4. – 39-43с.