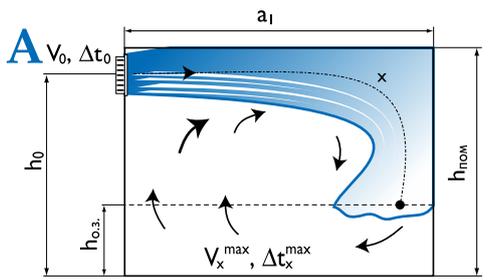


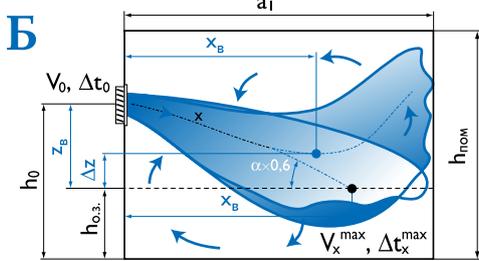
УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЁТУ ВОЗДУХО- РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ



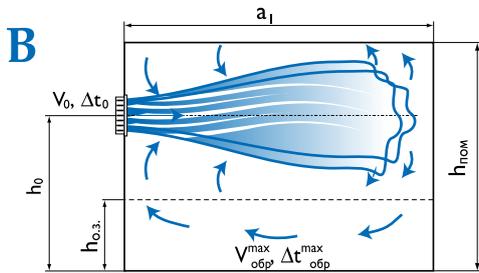
УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ



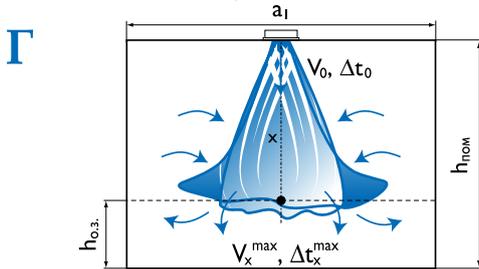
А сверху вниз
настилающимися на потолок струями



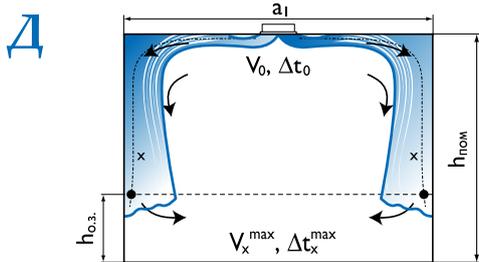
Б сверху вниз наклонными струями



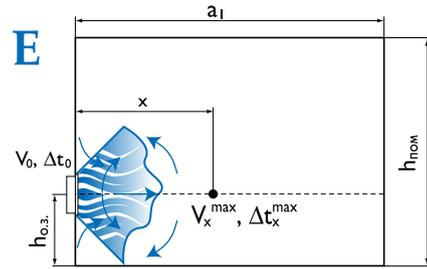
В горизонтальными струями выше рабочей зоны
при формировании обратного потока
в обслуживаемой зоне



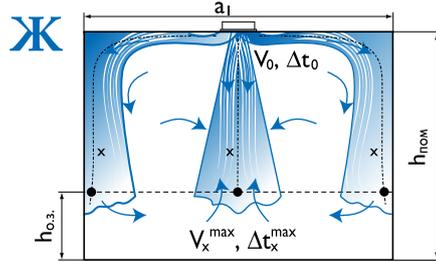
Г сверху вниз коническими и
неполными веерными струями



Д сверху вниз настилающимися на потолок
веерными струями



Е в обслуживаемую зону
быстрозатухающими потоками



Ж сверху вниз
комбинированными струями

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 вентилируемого помещения или его обслуживаемой (рабочей) зоне.

Основные схемы подачи воздуха в помещениях с использованием воздухораспределителей фирмы «Арктос» показаны на рисунках.

Основные сведения о приточных вентиляционных струях

Приточной струей называется поток, образованный принудительным истечением воздуха из отверстия. Струя распространяется в направлении истечения как прямой относительно узкий поток с расширяющимися границами.

Приточная струя называется свободной (схемы Б, Г), если ограждения помещения и соседние струи не влияют на характер ее развития. Струю, распространяющуюся вдоль плоскости, называют настильной или полуограниченной (схемы А, Д, Ж), а струю, которая распространяется в относительно тесном помещении, – тесненной.

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 $\Delta t_x = |t_x - t_0|$ воздуха в струях располагаются на условных поверхностях максимальных параметров (ПМП). Скорости и избыточные температуры воздуха уменьшаются к границам струи и по мере удаления струи от места истечения.

В зависимости от направления скорости истечения 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 струи, конические и комбинированные.

Компактные струи образуются при истечении воздуха из отверстий круглой или близкой к квадратной формы. 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 представляет 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 воздухоораспределителя.

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 $x < 6a_0$, где a_0 – размер большей стороны прямоугольного отверстия; при $x \geq 6a_0$ струя рассчитывается как компактная.

Максимальные параметры воздуха на основном участке находят по формулам для компактных, веерных и конических струй:

$$V_x^{\max} = \frac{m \cdot V_0 \cdot \sqrt{F_0}}{x} \cdot K_c \cdot K_b \cdot K_n, \quad (1)$$

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

для плоских струй при $x < 6a_0$:

$$V_x^{\max} = \frac{m_1 \cdot V_0 \cdot \sqrt{b_0}}{\sqrt{x}} \cdot K_c \cdot K_b \cdot K_n, \quad (3)$$

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

Для плоских струй при $x \geq 6a_0$ значения V_x и Δt_x определяют по формулам (1) и (2), где принимают $m = 2,45 \cdot m_1$; $n = 2,45 \cdot n_1$ и $F_0 = a_0 \cdot b_0$.

Изотермическими следует считать условия, при которых температура струи не отличается от температуры воздуха в помещении, а развитие струи происходит под воздействием инерционных сил ($K_n = 1$).

В неизотермических условиях развитие приточных струй происходит под влиянием инерционных и гравитационных сил, возникающих за счет разности плотностей воздуха в струе и в помещении. Соотношение этих сил влияет на форму траектории и значения максимальных параметров воздуха в струе ($K_n \neq 1$).

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 уменьшается и она достигает рабочую зону с параметрами выше заданных (нормируемых).

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

Предельное значение избыточной температуры приточной струи (как нагретой, так и охлажденной) Δt_0^{\max} , при котором обеспечивается сохранение расчетной схемы подачи, в общем виде определяется по формуле:

$$\Delta t_0^{\max} = K \cdot \frac{(m \cdot V_0)^2 \cdot \sqrt{F_0}}{x^2 \cdot n}, \quad (5)$$

где K – коэффициент, зависящий от типа струи, схемы подачи воздуха (А, Б, Г, Д, Е и Ж) и направления действия инерционных и гравитационных сил. Значения коэффициента K приведены далее в соответствующих

формулах при рассмотрении каждой схемы.

Влияние гравитационных сил на значения максимальных параметров воздуха в струе V_x и Δt_x учитывается при условии свободного развития струи (схемы Б и Г) коэффициентом неизотермичности K_n , зависящим от геометрической характеристики струи H .

Геометрическая характеристика H – комплексный параметр, характеризующий неизотермичность струи, м. Для компактных, конических и веерных струй:

$$H = \frac{5,45 \cdot m \cdot V_0 \cdot \sqrt[4]{F_0}}{\sqrt{n \cdot \Delta t_0}} ; \quad (6)$$

для плоских струй:

$$H = 9,6 \cdot \sqrt[3]{b_0 \cdot \frac{(m \cdot V_0)^4}{(n \cdot \Delta t_0)^2}} . \quad (7)$$

Величина K_n при наклонной подаче (схема Б) определяется по формуле:

$$K_n = \cos(0,6\alpha) \times \sqrt{\cos^2(0,6\alpha) + \left[\sin(0,6\alpha) \pm \left(\frac{x_b}{H \cdot \cos(0,6\alpha)} \right)^2 \right]^2} , \quad (8)$$

где $x_b = x \cdot \cos(0,6\alpha)$.

Величина K_n при вертикальной подаче воздуха сверху вниз может быть рассчитана по следующим формулам:

для компактных и конических струй:

$$K_n = \sqrt[3]{1 \pm 3 \cdot \left(\frac{x}{H} \right)^2} ; \quad (9)$$

для неполных веерных струй:

$$K_n = \sqrt[3]{1 \pm 1,5 \cdot \left(\frac{x}{H} \right)^2} ; \quad (10)$$

для плоских струй:

$$K_n = \sqrt[3]{1 \pm 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{x}{H} \right)^3}} . \quad (11)$$

В формулах (8-11) знак «+» соответствует подаче охлажденного воздуха, знак «-» – подаче теплого воздуха.

При вертикальной подаче теплого воздуха формулы (9-11) справедливы при значении $H^{кон}/\sqrt{F_0} \geq 14,7$. Если $H^{кон}/\sqrt{F_0} < 14,7$, то K_n определяется по графику в зависимости от параметра $H^{кон}/\sqrt{F_0}$ и от относительной дальности вертикальной струи $x/\sqrt{F_0}$.

Относительная дальность вертикальной струи $x/\sqrt{F_0}$ также зависит от параметра $H^{кон}/\sqrt{F_0}$ и определяется по соответствующему графику на странице 305.

Струя считается стесненной, если она испытывает тормозящее влияние индуцированного ею обратного (встречного) потока. Значения скорости воздуха в стесненной струе уменьшаются по сравнению со свободной струей. Избыточная температура падает медленнее, чем в свободной струе.

При подаче воздуха стесненными струями, затухающими в верхней зоне, рабочая зона омывается обратным потоком. Такая подача воздуха называется сосредоточенной (Схема В). Максимальная скорость воздуха в обратном потоке (в рабочей зоне) достигается на расстоянии от истечения, на котором струя имеет максимальную площадь поперечного сечения.

Максимальные значения скорости и избыточной температуры воздуха в обратном потоке следует определять по формулам:

для компактных и неполных веерных струй:

$$V_{обр}^{max} = 0,78 \cdot V_0 \cdot \sqrt{\frac{F_0}{b_1 \cdot h_{ном}}} , \quad (12)$$

График для определения коэффициента неизотермичности $K_n^{хол}$ при $H^{хол}/\sqrt{F_0} < 14,7$

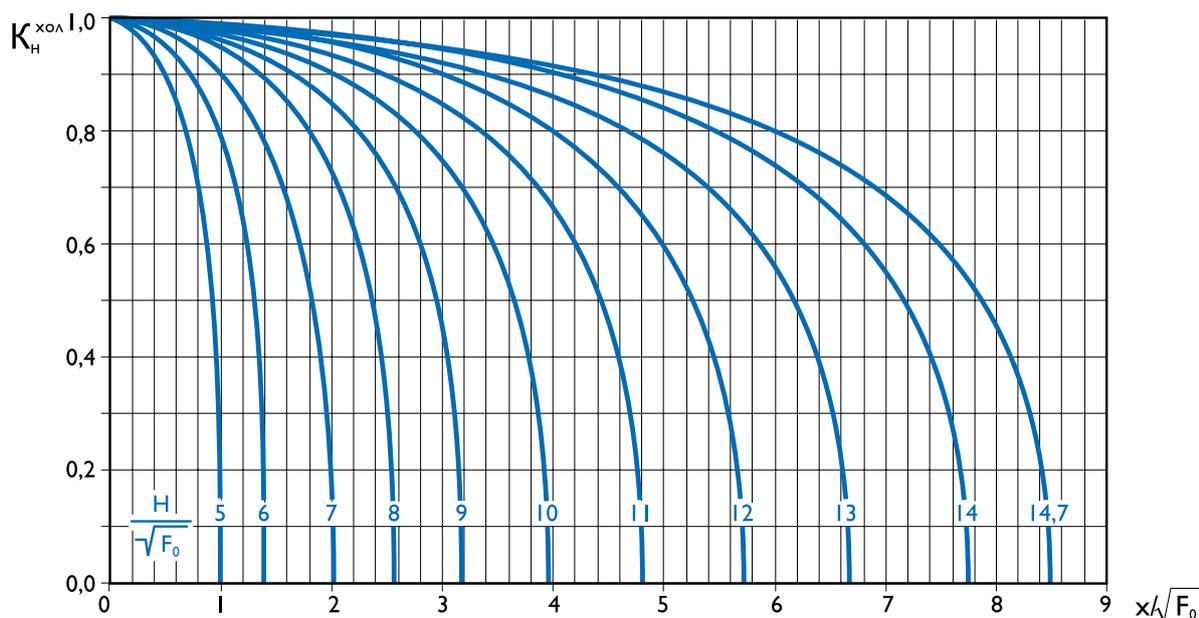
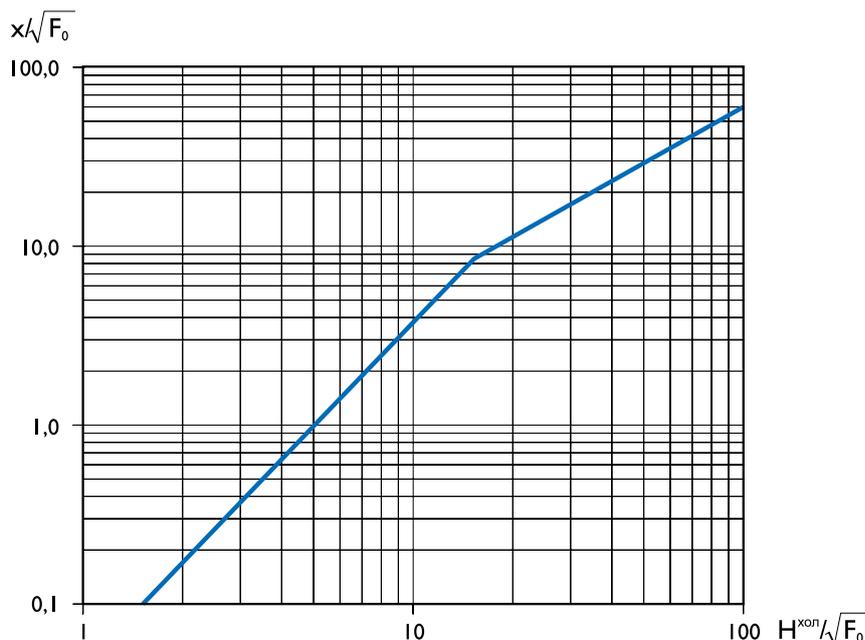


График для определения дальности вертикальной нагретой струи



$$\Delta t_{\text{обр}}^{\text{max}} = 1,4 \cdot \Delta t_0 \cdot \sqrt{\frac{F_0}{b_1 \cdot h_{\text{пом}}}}; \quad (13)$$

для плоских струй:

$$V_{\text{обр}}^{\text{max}} = 0,75 \cdot V_0 \cdot \sqrt{\frac{b_0}{h_{\text{пом}}}}. \quad (14)$$

Расстояние от истечения струи до места с максимальными значениями параметров в обслуживаемой зоне составит:

для компактных и неполных веерных струй:

$$x = 0,31 \cdot m \cdot \sqrt{b_1 \cdot h_{\text{пом}}}; \quad (15)$$

для плоских струй:

$$x = 0,15 \cdot m^2 \cdot h_{\text{пом}}. \quad (16)$$

При подаче воздуха в помещение несколькими струями может происходить их взаимодействие. При взаимодействии параллельных струй увеличиваются значения параметров воздуха по сравнению с параметрами одной струи. Если струи направлены навстречу друг другу, то скорости в суммарном потоке по сравнению с одной струей уменьшаются.

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 . Такой случай имеет место при сосредоточенной подаче воздуха.

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

Значение коэффициента взаимодействия можно определить по Справочнику проектировщика «Внутренние сани-

тарно-технические устройства. Часть 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Книга 2.» М., Стройиздат, 1992 г.

При настилении струи на потолок (схемы А, Д, Ж) ее дальность увеличивается в 1,4 раза, что учтено в значениях m , приведенных в таблицах рекомендуемых воздухораспределителей и их аэродинамических характеристик.

Воздухообмен в помещении следует организовывать таким образом, чтобы обеспечить оптимальные (или допустимые) параметры микроклимата и чистоту воздуха в обслуживаемой (рабочей) зоне помещения.

При выборе схем организации воздухообмена следует учитывать архитектурно-строительные решения здания и отдельных помещений, особенности технологического процесса, требования действующих нормативных документов.

Подачу приточного воздуха в помещения с постоянным пребыванием людей необходимо предусматривать таким образом, чтобы он не поступал через зоны с большим загрязнением в зоны с меньшим загрязнением.

Подача воздуха сверху вниз коническими смыкающимися и несмыкающимися струями (схема Г), веерными настиляющимися на потолок струями (схема Д) и комбинированными (схема Ж) рекомендуется для помещений, как правило, с повышенной кратностью воздухообмена (более 10 1/ч) и особыми требованиями к равномерности распределения параметров воздуха по обслуживаемой зоне.

Для выполнения санитарно-гигиенических требований при входе воздушной струи в обслуживаемую (рабочую) зону или в обратном потоке воздуха, проходящем по обслуживаемой (рабочей) зоне, максимальная скорость движения и максимальная избыточная температура воздуха не должны превышать значений $V_x^{\text{max}} \leq K_p \cdot V_{\text{норм}}$, $\Delta t_x^{\text{max}} \leq \Delta t_{\text{норм}}$.

Нормируемые скорость $V_{\text{норм}}$ и температуру $t_{\text{норм}}$ воздуха в рабочей зоне помещения следует принимать в соответствии с действующими нормативными документами «СНиП 41–01–2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование» - М, Госстрой РФ, 2004.

Значения коэффициента K_n и избыточной температуры $\Delta t_{\text{норм}}$ представлены в приложениях П1 и П2.

Размер «модуля» $a_1 \times b_1$, обслуживаемого одним ВР, для схем подачи А, Б, В, Е должен удовлетворять условиям:

$$0,31 \leq \frac{a_1}{m \cdot \sqrt{b_1 \cdot h_{\text{пом}}}} \leq 0,62; \quad 0,8 \leq \frac{b_1}{h_{\text{пом}}} \leq 3. \quad (17)$$

При подаче воздуха по схемам Г, Д, Ж при выборе площади помещения, приходящейся на один ВР, требуется соблюдать условие:

$$\sqrt{a_1 \cdot b_1} = (1 \div 3,3) \cdot (h_0 - h_{\text{о.з.}}). \quad (18)$$

Шаг установки воздухораспределителей b_1 рекомендуется принимать от 2 до 6 метров.

Для помещений с повышенными требованиями к равномерности параметров воздуха в обслуживаемой зоне рекомендуется соблюдение условия:

$$\sqrt{a_1 \cdot b_1} = (1,25 \div 2,0) \cdot (h_0 - h_{\text{о.з.}}). \quad (19)$$

Исходными данными для выбора и расчета ВР являются:

- тип и назначение помещения;
- архитектурно-планировочные решения;
- удельные тепловые нагрузки;
- нормируемые параметры воздуха в обслуживаемой зоне.

Расчет ВР сводится к подбору их количества и размеров для обеспечения скоростей и перепадов температуры в месте внедрения струи в обслуживаемую зону, не превышающих нормируемые.

На первом этапе осуществляется подбор ВР без учета влияния стеснения, взаимодействия и неизотермичности. В этом случае по заданной воздушной нагрузке L_0 , выбранной схеме подачи и принятой избыточной температуре Δt_0 назначают «модуль» площади помещения

$F_{\text{о.з.}} = a_1 \cdot b_1$, приходящийся на один ВР, и типоразмер F_0 . По номограмме I в зависимости от расчетной длины струи x согласно выбранной схеме и коэффициентов m и p определяются параметры воздуха в обслуживаемой зоне V_x , Δt_x и сопоставляются с нормируемыми. Далее полученные значения корректируются на поправки K_c , K_b , K_n , учитывающие влияние стеснения, взаимодействия и неизотермичности, и сопоставляются с нормируемыми:

$$V_x^{\text{max}} = V_x \cdot K_c \cdot K_b \cdot K_n; \quad (20)$$

$$\Delta t_x^{\text{max}} = \Delta t_x \cdot \frac{K_b}{K_c \cdot K_n}. \quad (21)$$

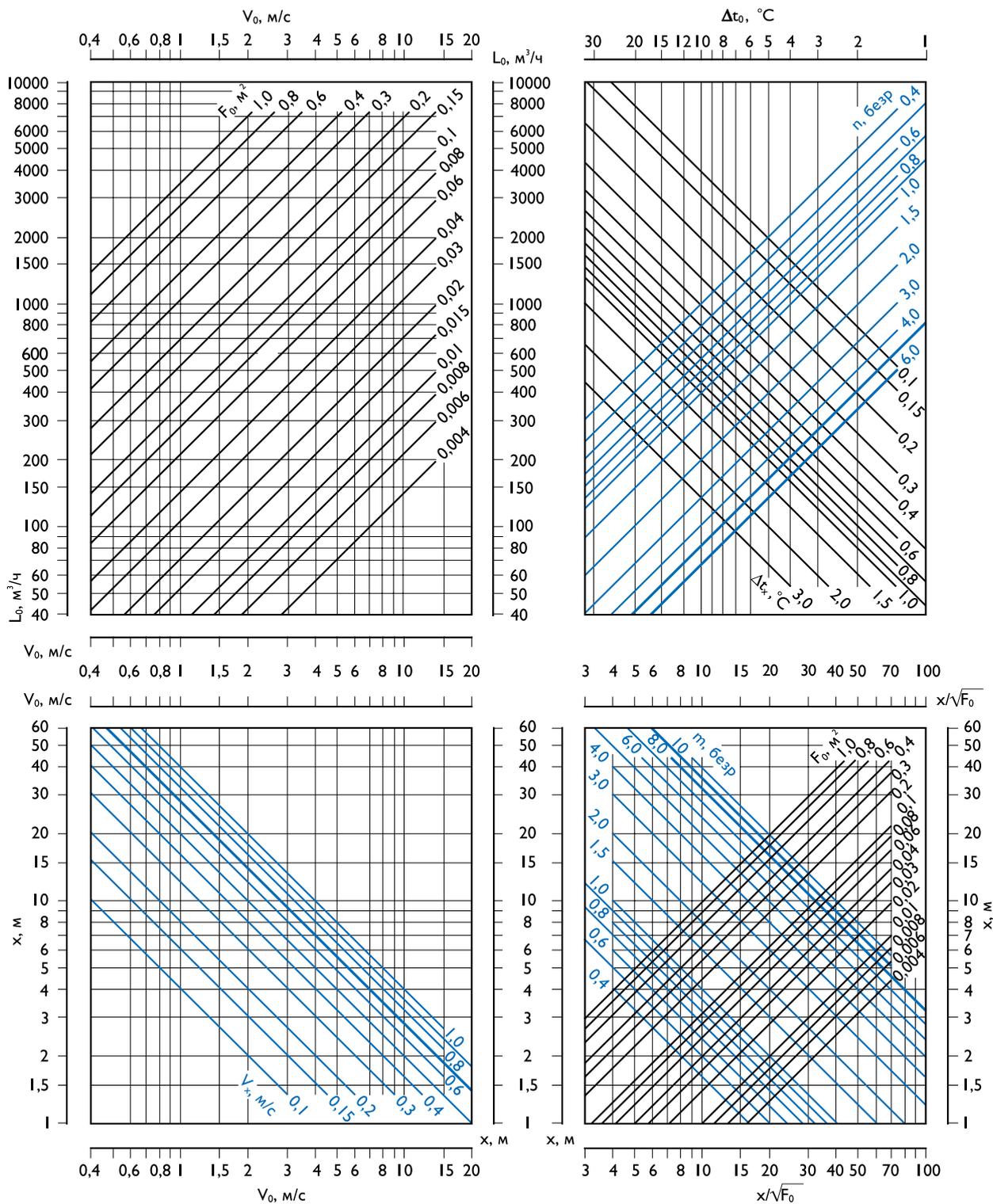
Коэффициент неизотермичности K_n рассчитывается по формулам (8-11) или по номограмме III и графику. Если $V_x^{\text{max}} \leq K_n \cdot V_{\text{норм}}$; $\Delta t_x^{\text{max}} \leq \Delta t_{\text{норм}}$ то расчет завершается. В противном случае следует изменить F_0 , V_0 или число ВР и $F_{\text{о.з.}}$ и повторить расчет.

Проверяется условие сохранения расчетной схемы – определение максимально допустимой избыточной температуры приточного воздуха Δt_0^{max} (для теплого или холодного периода года) и сопоставление ее с заданной Δt_0 по формуле 5 или по номограмме II для соответствующих схем подачи.

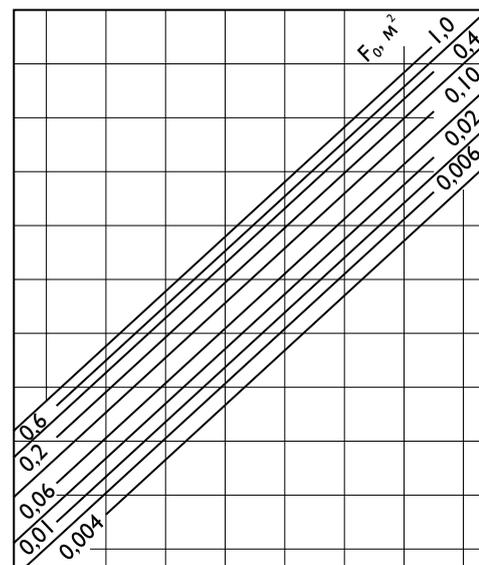
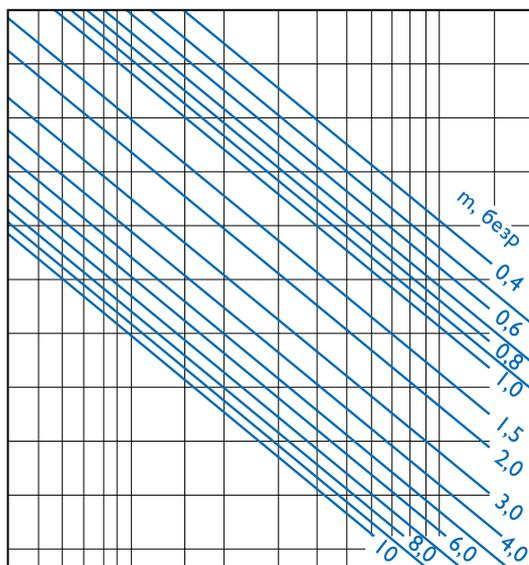
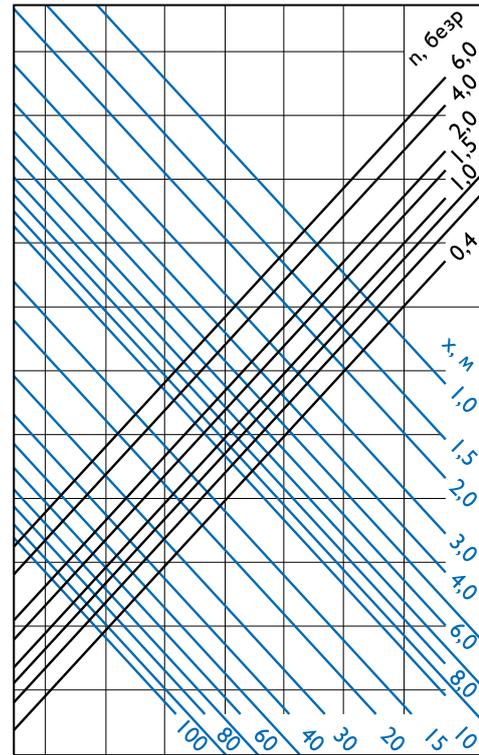
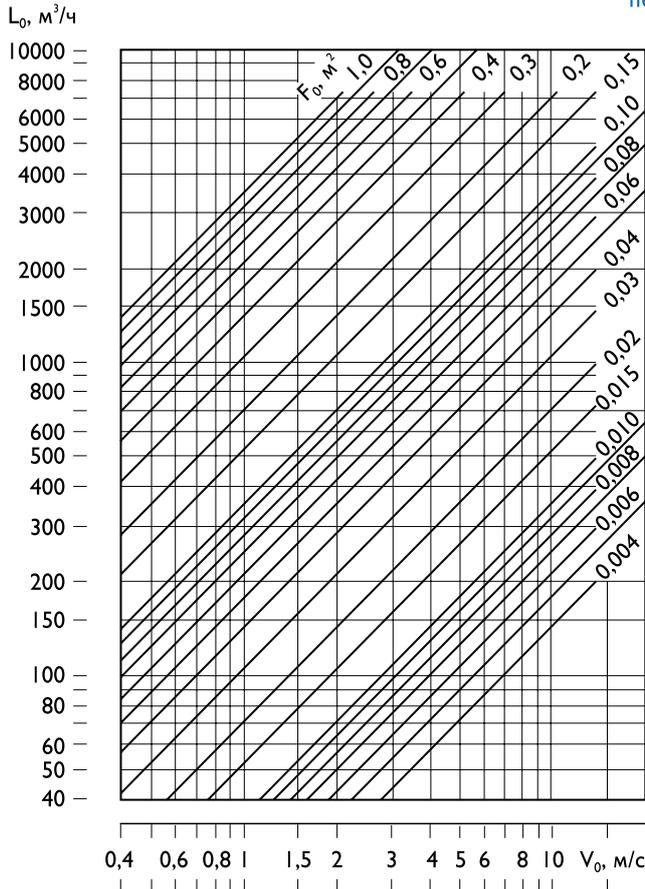
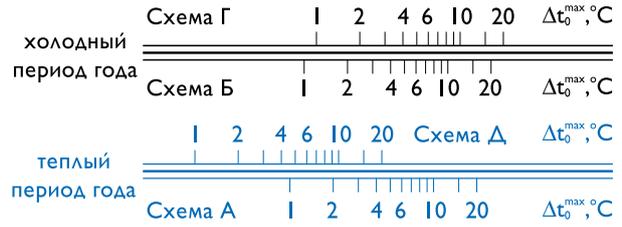
Если полученное значение $\Delta t_0^{\text{max}} \geq \Delta t_0$, то для принятых условий схема подачи сохраняется, и расчет завершается. Если полученное значение $\Delta t_0^{\text{max}} < \Delta t_0$, то для принятых условий схема подачи не обеспечивается и необходимо изменить одно из условий - «модуль» площади помещения $F_{\text{о.з.}} = a_1 \cdot b_1$, тип, размер F_0 воздухораспределителя либо уменьшить значение Δt_0 и пересчитать воздушную нагрузку L_0 .

При работе системы вентиляции (кондиционирования) в режиме воздушного отопления можно принять $\Delta t_0^{\text{max}} = \Delta t_0$, а недостающее тепло компенсировать электрическими или водяными тепловентиляторами компании «Арктос»: ТЭВ, «Крепыш», ТВВ «Гольфстрим».

Номограмма I для расчета максимальной скорости V_x и избыточной температуры Δt_x на оси струи



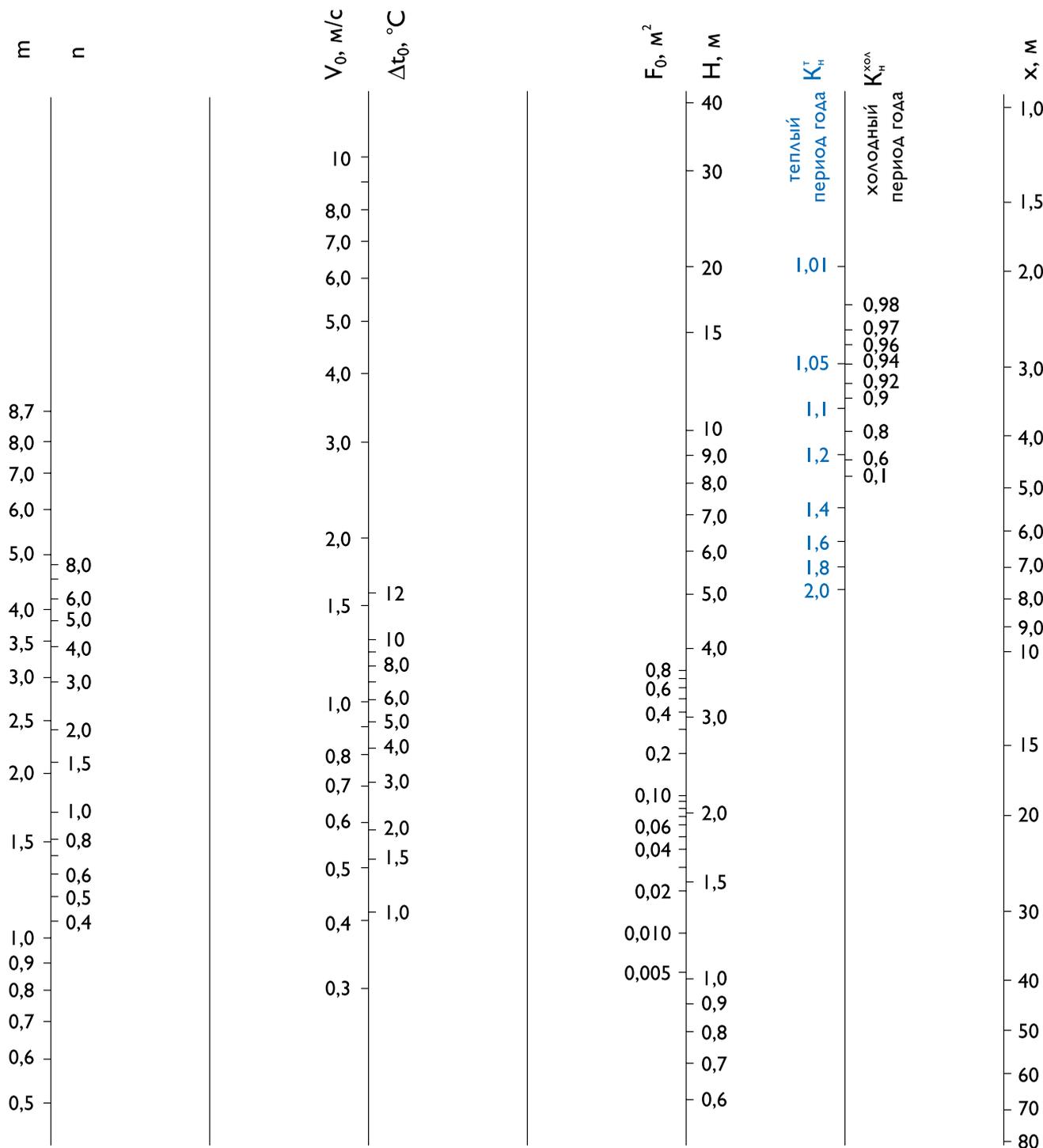
Номограмма II для расчета максимальной избыточной температуры Δt_0^{\max} в теплый и холодный периоды года



ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА



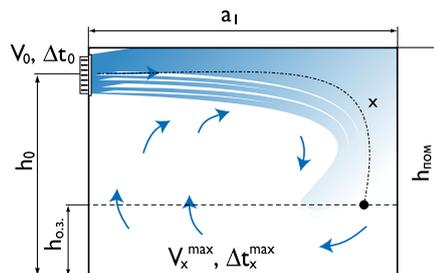
Номограмма III для расчета геометрической характеристики H (для всех схем подачи А-Ж) и коэффициента неизотермичности K_H (только для схем Г и Ж)



ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ И ПРИМЕРЫ ВЫБОРА ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ПОДАЧИ ПРИТОЧНОГО ВОЗДУХА

Схема А Подача воздуха сверху вниз настилающимся на потолок струями



Рекомендуемые воздухораспределители и их аэродинамические характеристики для схемы А

Тип ВР	Положение регулирующего элемента	m*	n	Примечание
АМН, АМР, АМН-К, АМР-К	$\alpha = 0^\circ$	8,4	5,1	Жалюзи расположены вертикально и веерно при $\alpha > 0^\circ$
АМН, АМР, АМН-К, АМР-К	$\alpha = 30^\circ$	6,2	3,7	
АДН, АДР, АДН-К, АДР-К	$\alpha_1 = \alpha_2 = 0^\circ$	8,4	5,1	Жалюзи расположены веерно при $\alpha > 0^\circ$, наружный ряд – вертикальный, внутренний – горизонтальный
АДН, АДР, АДН-К, АДР-К	$\alpha_1 = \alpha_2 = 30^\circ$	5,3	3,2	
АЛН, АЛР, АЛН-К, АЛР-К	–	8,4	5,1	
ВГК, ВГК-К	$\alpha = 0^\circ$	2,9	1,8	
1АРС, 1АЛС	$\alpha = 0^\circ$	1,1	0,6	
2АРС, 2АЛС	$\alpha = 0^\circ$	1,6	0,8	
3АРС, 3АЛС	$\alpha = 0^\circ$	2,0	1,1	
4АРС, 4АЛС	$\alpha = 0^\circ$	2,2	1,2	
5АРС, 5АЛС	$\alpha = 0^\circ$	2,5	1,4	
6АРС, 6АЛС	$\alpha = 0^\circ$	2,8	1,5	
ДПУ-М	$b = 0,2 \text{ А}$	2,1	1,3	
ДПУ-К	$b = 0,15 \text{ А}$	2,8	1,2	
ДПУ-С	–	12,0	7,2	
ДПУ-В	$b = 0$	5,0	3,0	
1АПН, 1АПР	–	6,5	4,0	Установлен на потолке у стены
1ВПТ, 1ВКТ, 2ВКТ	схема 2	1,2	1,0	
1ВПТ, 1ВКТ, 2ВКТ	схема 4	2,0	1,2	
1ВПТ, 1ВКТ, 2ВКТ	схема 5	2,8	1,7	
ВПЗ	–	3,2	1,9	
1ВПС, 2ВПС, 2ВПС-П, 1ВКС	схема 1	8,4	5,1	
	схема 2	3,4	2,0	

* – значения m для условий настилая

Воздухораспределители устанавливаются на стене на расстоянии не более 300 мм от потолка.

При назначении площади помещения $F_{о.з.} = a_1 \cdot b_1$, входящей на один ВР, рекомендуется соблюдать условия:

$$0,31 \leq \frac{a_1}{m \cdot \sqrt{b_1 \cdot h_{пом}}} \leq 0,62; \quad 0,8 \leq \frac{b_1}{h_{пом}} \leq 3$$

Расчетная длина струи x определяется по формуле:

$$x = a_1 + h_0 - h_{о.з.}$$

По номограмме I по заданным L_0 , Δt_0 , выбранному типу ВР, F_0 и рассчитанной длине струи x определяются значения скорости воздуха на истечении V_0 , а также V_x и Δt_x в месте внедрения струи в обслуживаемую зону.

При подаче в помещение охлажденного воздуха прове-

ряется условие сохранения расчетной схемы циркуляции: $x_{отр} = 0,5 \cdot H \geq 0,7 \cdot a_1$, где $x_{отр}$ – длина струи от истечения до места отрыва от настилающей поверхности (потолка), H – геометрическая характеристика, определяемая по формуле 6 или 7. Указанное условие определяет максимальную избыточную температуру охлажденного приточного воздуха (формула 5), при которой струя устойчиво настилаяется и не отрывается от потолка:

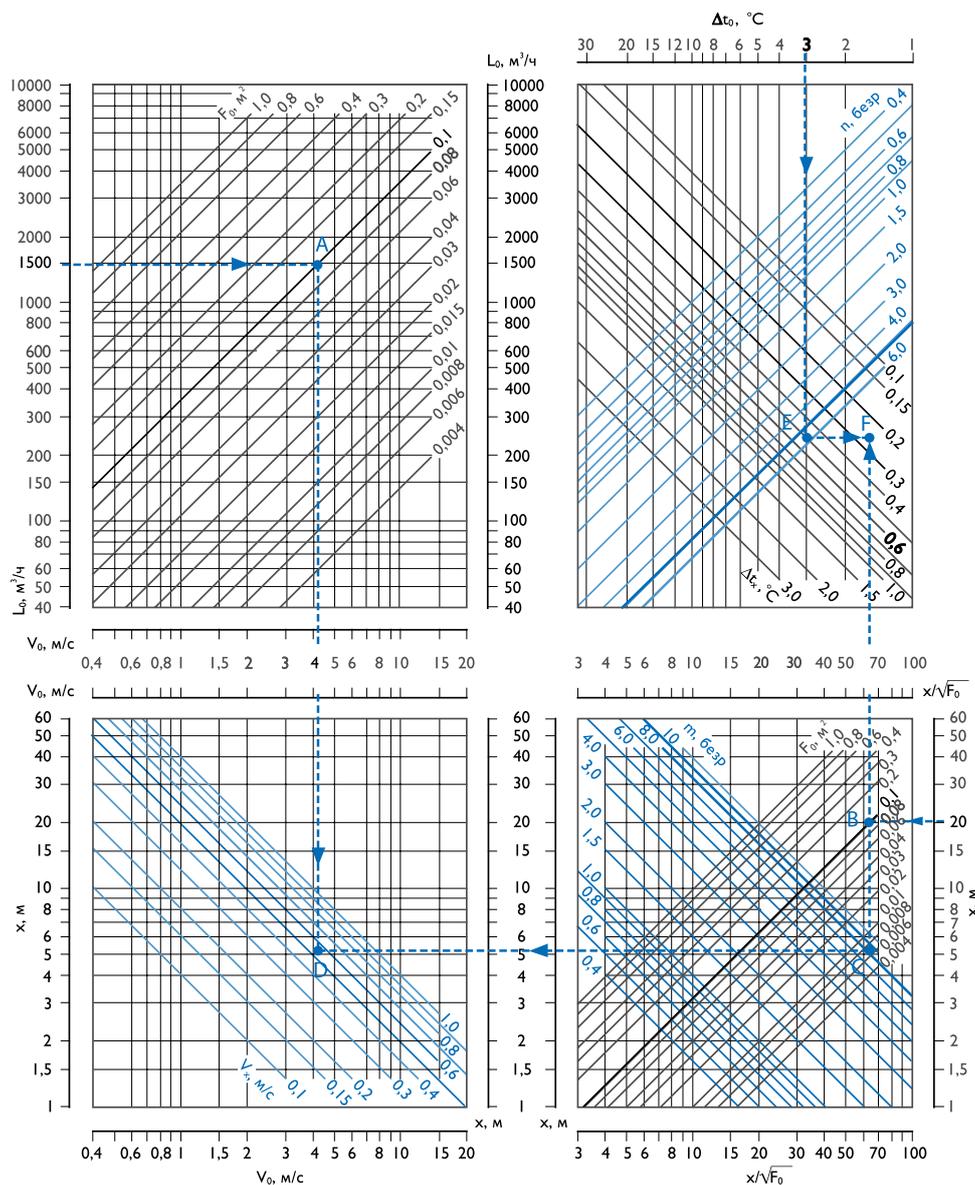
$$\Delta t_0^{\max} = \frac{15,2 \cdot \sqrt{F_0} \cdot (m \cdot V_0)^2}{a_1^2 \cdot n}$$

Величину Δt_0^{\max} можно также определить по номограмме II, при этом принимается $a_1 = x_{отр} = x$ (см. пример расчета). Если полученное значение $\Delta t_0^{\max} \geq \Delta t_0$, то условие сохране-

ния расчетной схемы развития приточной струи выдерживается. Если $\Delta t_0^{\max} < \Delta t_0$, то расчет следует проводить на новые исходные условия, задавая большую скорость V_0 на истечении из ВР или уменьшая длину зоны помещения, обслуживаемой одним ВР, или принимая другие значения m и n для регулируемых воздухораспределителей. Поправочные

коэффициенты K_c, K_b, K_n к значениям V_x и Δt_x при рассматриваемом способе подачи принимаются равными: $K_c = 0,8, K_b = 1, K_n = 1$. Вычисляются V_x^{\max} и Δt_x^{\max} по формулам 20, 21 и сопоставляются с нормируемыми значениями $K_n \cdot V_{\text{норм}}, \Delta t_{\text{норм}}$, (см. Приложения П1, П2). Для плоских струй используются формулами 3, 4.

Пример расчета



Дано: площадь обслуживаемого модуля $F_{0.з.} = 18 \times 6 = 108 \text{ м}^2$, $L_0 = 1500 \text{ м}^3/\text{ч}$, $h_{\text{пом}} = 4 \text{ м}$, $h_{0.з.} = 2 \text{ м}$, $V_{\text{норм}} = 0,5 \text{ м/с}$, $\Delta t_{\text{норм}} = 1 \text{ }^\circ\text{C}$, $\Delta t_0 = 3,0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Определить: $V_x, \Delta t_x$.

Решение: По архитектурно-планировочным решениям целесообразно установить решетку АМР-К при $\alpha_1 = 0^\circ$ по схеме А «подача воздуха сверху вниз настилающимися на потолок струями». По таблице для схемы А находим значения коэффициентов: $m = 8,4, n = 5,1$ для $\alpha_1 = 0^\circ$.

Проверяем установочные ограничения:

$$0,8 \leq \frac{b_1}{h_{\text{пом}}} = \frac{6}{4} = 1,5 \leq 3;$$

$$0,31 \leq \frac{a_1}{m \cdot \sqrt{b_1 \cdot h_{\text{пом}}}} = \frac{18}{8,4 \cdot \sqrt{6 \cdot 4}} = 0,44 \leq 0,62$$

Определяем $x = a_1 + h_0 - h_{0.з.} = 18 + 4 - 2 = 20 \text{ м}$. По таблице «Данные для подбора решеток АМН-К, АМР-К, АДН-К, АДР-К при подаче воздуха в помещение» для $L_0 = 1500 \text{ м}^3/\text{ч}$ выбираем решетку АМР-К 600 x 200 мм, $F_0 = 0,104 \text{ м}^2$. По номограмме I определяем значения V_x и Δt_x :

- 1 По $L_0 = 1500 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $F_0 = 0,104 \text{ м}^2$ определяем (•)А, получаем $V_0 = 4,0 \text{ м/с}$.
- 2 Переходим в другой квадрат номограммы. По $x = 20,0 \text{ м}$ и $F_0 = 0,104 \text{ м}^2$ определяем (•)В, находим $x \sqrt{F_0} = 62$.
- 3 По $m = 8,4$ и $x \sqrt{F_0} = 62$ находим (•)С.
- 4 По $V_0 = 4,0 \text{ м/с}$ [(•)А] и $x \sqrt{F_0} = 62$ [(•)С] находим (•)D и определяем $V_x = 0,54 \text{ м/с}$.
- 5 Переходим в другой квадрат номограммы. По $\Delta t_0 = 3,0 \text{ }^\circ\text{C}$ и $n = 5,1$ находим (•)Е.
- 6 По $x \sqrt{F_0} = 62$ и (•)Е получаем (•)F и определяем $\Delta t_x = 0,25 \text{ }^\circ\text{C}$.

При данной схеме подачи $K_c = 0,8$, $K_n = 1$. Вычисляем:

$$V_x^{\max} = V_x \cdot K_c \cdot K_n = 0,54 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,4 \text{ м/с};$$

$$\Delta t_x^{\max} = \frac{\Delta t_x}{K_c \cdot K_n} = \frac{0,25}{0,8 \cdot 1,0} = 0,3 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Принимаем коэффициент перехода от нормируемой скорости к максимальной в струе $K_n = 1,0$

(см. Приложение П1): $K_n \cdot V_{\text{норм}} = 1,0 \cdot 0,5 = 0,5 \text{ м/с}$.

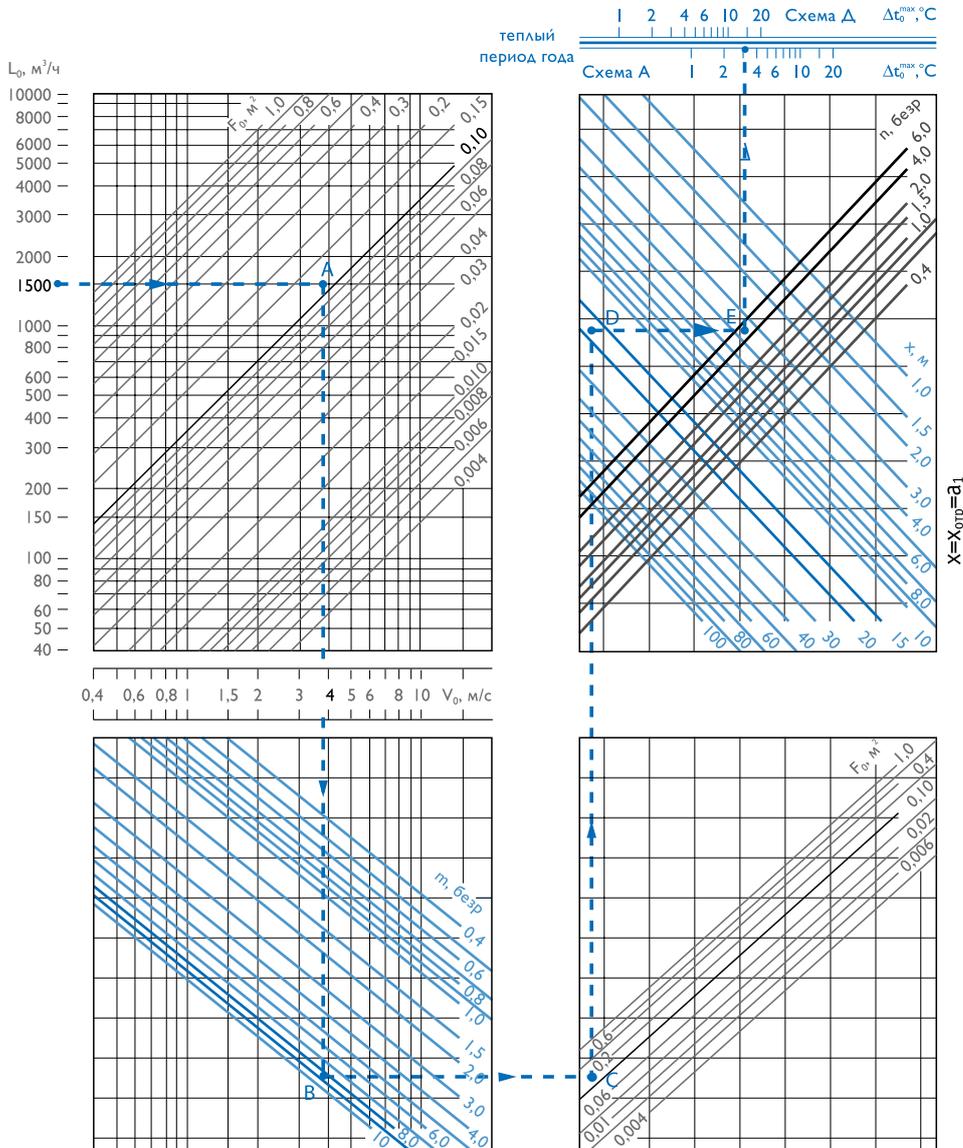
Получаем $V_x^{\max} = 0,4 \text{ м/с} < K_n \cdot V_{\text{норм}} = 0,5 \text{ м/с}$, $\Delta t_x = 0,3 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{норм}} = 1 \text{ }^\circ\text{C}$, что удовлетворяет заданным условиям.

Проверяем условие сохранения расчетной схемы циркуляции - определяем максимальную избыточную температуру Δt_0^{\max} по номограмме II:

- 1 По $L_0 = 1500 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $F_0 = 0,104 \text{ м}^2$ и определяем (•)А, получаем $V_0 = 4,0 \text{ м/с}$.
- 2 По $V_0 = 4,0 \text{ м/с}$ и $m = 8,4$ определяем (•)В.
- 3 По (•)В и $F_0 = 0,104 \text{ м}^2$ определяем (•)С.
- 4 По $x_{\text{отр}} = x = a_1 = 18 \text{ м}$ находим (•)D.
- 5 $\Delta t_0^{\max} = 3,3 \text{ }^\circ\text{C}$.

Сопоставляем с заданным значением

Δt_0 : $\Delta t_0 = 3 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t_0^{\max} = 3,3 \text{ }^\circ\text{C}$, следовательно, расчетная схема сохраняется и расчет заканчивается.



Пример расчета для 1 ВПС

Дано: площадь помещения $F_{\text{пом}} = 36 \times 24 = 864 \text{ м}^2$,
 $h_{\text{пом}} = 8 \text{ м}$, $h_{\text{о.з.}} = 2 \text{ м}$, $V_{\text{норм}} = 0,3 \text{ м/с}$, $\Delta t_{\text{норм}} = 1 \text{ }^\circ\text{C}$, воздухо-
обмен круглогодично $L_0 = 3000 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\Delta t_0 = 3,0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Определить: V_x , Δt_x .

Решение: По архитектурно-планировочным решениям целесообразно установить 3 воздухораспределителя 1ВПС в вертикальной плоскости под перекрытием вдоль короткой стороны помещения и подавать воздух дальнобойными струями по схеме А при положении сопел по схеме 1.

Обслуживаемый модуль на одну панель $a_1 = 36 \text{ м}$,
 $b_1 = 8 \text{ м}$, $F_{\text{о.з.}} = 36 \times 8 = 288 \text{ м}^2$, расход воздуха
 $L_0 = 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

По таблице для ВПС находим значения коэффициентов:
 $m = 8,4$, $n = 5,1$.

Проверяем установочные ограничения:

$$0,8 < \frac{b_1}{h_{\text{пом}}} = \frac{8}{8} = 1 \leq 3 \quad ,$$

Определяем $x = a_1 + h_0 - h_{\text{о.з.}} = 36 + 8 - 2 = 42 \text{ м}$.

По таблице «Данные для подбора 1ВПС при подаче воздуха в помещение» для $L_0 = 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ выбираем типоразмер 1ВПС 595 x 595 мм, $F_0 = 0,022 \text{ м}^2$.

По формуле вычисляем значение скорости:

$$V_0 = \frac{L_0}{3600 \cdot F_0} = 12,6 \text{ м/с}.$$

Рассчитываем значения V_x и Δt_x при входе струи в рабочую зону (в опасной точке) при $K_c = 0,8$, $K_H = 1$, $K_B = 1$, принятых для схемы А, и сопоставляем с нормируемыми:

$$V_x^{\text{max}} = \frac{mV_0 \cdot \sqrt{F_0}}{x} \cdot K_c \cdot K_B \cdot K_H \quad ,$$

$$V_x^{\text{max}} = \frac{8,4 \cdot 12,6 \cdot \sqrt{0,022}}{42} \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,3 \text{ м/с} = V_{\text{норм}} \quad ,$$

$$\Delta t_x^{\text{max}} = \frac{n \cdot \Delta t_0 \cdot \sqrt{F_0}}{x} \cdot \frac{K_B}{K_c \cdot K_H} \quad ,$$

$$\Delta t_x^{\text{max}} = \frac{5,1 \cdot 3 \cdot \sqrt{0,022}}{42} \cdot \frac{1}{0,8 \cdot 1} = 0,07 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{норм}} \quad .$$

Проверяем условие сохранения расчетной схемы циркуляции - определяем максимальную избыточную температуру по формуле:

$$\Delta t_0^{\text{max}} = \frac{15,2 \cdot \sqrt{F_0} \cdot (m \cdot V_0)^2}{a_1^2 \cdot n} \quad ,$$

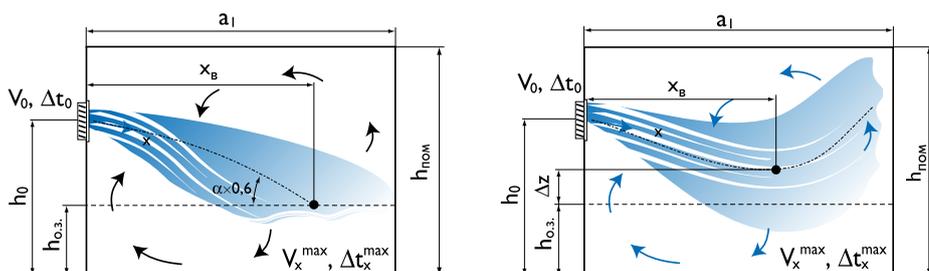
$$\Delta t_0^{\text{max}} = \frac{15,2 \cdot \sqrt{0,022} \cdot (8,4 \cdot 12,6)^2}{36^2 \cdot 5,1} = 3,8 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Сопоставляем с заданным значением избыточной температуры: $\Delta t_0 = 3 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t_0^{\text{max}} = 3,8 \text{ }^\circ\text{C}$.

Следовательно, расчетная схема сохраняется и расчет заканчивается.

Схема Б

Подача воздуха сверху вниз наклонными струями



Рекомендуемые воздухораспределители и их аэродинамические характеристики для схемы Б

Тип ВР	Регулирование	m*	n	Примечание
АМН, АМР, АМН-К, АМР-К	$\alpha_1 = 30^\circ$	4,4	3,7	Жалюзи расположены параллельно под углом α_1 к горизонту
АМН, АМР, АМН-К, АМР-К	$\alpha_1 = 45^\circ$	4,1	3,4	
АМН, АМР, АМН-К, АМР-К	$\alpha_1 = 60^\circ$	3,9	3,3	
АДН, АДР, АДН-К, АДР-К	$\alpha_1 = 0^\circ \quad \alpha_2 = 30^\circ$	6,0	5,1	Жалюзи наружного ряда расположены вертикально и веерно под углом α_1 , жалюзи внутреннего ряда расположены в одну сторону и под углом α_1 к горизонту
АДН, АДР, АДН-К, АДР-К	$\alpha_1 = \alpha_2 = 30^\circ$	3,8	3,2	
АДН, АДР, АДН-К, АДР-К	$\alpha_1 = \alpha_2 = 45^\circ$	3,6	3,0	
АДН, АДР, АДН-К, АДР-К	$\alpha_1 = \alpha_2 = 60^\circ$	3,1	2,5	
ВГК, ВГК-К	$\alpha_1 = 30^\circ - 45^\circ$	2,1	1,8	
АБН, АБР	—	6,0	5,1	
1ВПС, 2ВПС, 2ВПС-П, 1ВКС	схема 1	6,0	5,1	

При назначении площади помещения $F_{o.з.} = a_1 \cdot b_1$, приходящейся на один ВР, рекомендуется соблюдать условия:

$$0,31 \leq \frac{a_1}{m \cdot \sqrt{b_1 \cdot h_{пом}}} \leq 0,62; \quad 0,8 \leq \frac{b_1}{h_{пом}} \leq 3.$$

Расчетная длина струи x определяется по формуле:

$$x = \frac{h_0 - h_{o.з.}}{\sin(0,6\alpha)}$$

Теплый период года

При выборе угла наклона приточной струи рекомендуемое расстояние по горизонтали от истечения до места внедрения струи в обслуживаемую зону должно удовлетворять условию: $x_b = (0,3 \div 0,7) \cdot a_1$.

По номограмме I по заданным L_0 , Δt_0^* , выбранному типу ВР, F_0 и рассчитанной длине струи x определяются значения скорости воздуха на истечении V_0 , а также V_x и Δt_x в месте внедрения струи в обслуживаемую зону.

При подаче охлажденного воздуха рассчитывается коэф-

фициент неизотермичности K_n для корректировки скорости по формуле 8 при $x_b = x \cdot \cos(0,6\alpha)$:

$$K_n = \cos(0,6\alpha) \cdot \sqrt{\cos^2(0,6\alpha) + \left[\sin(0,6\alpha) + \left(\frac{x}{H} \right)^2 \right]^2},$$

для корректировки температуры – по формуле:

$$K_n' = 1/\cos(0,6\alpha).$$

Коэффициент взаимодействия принимается $K_b = 1$, коэффициент стеснения определяется по таблице. Далее вычисляются V_x^{max} и Δt_x^{max} по формулам 20, 21 и сопоставляются с нормируемыми значениями $K_n \cdot V_{норм}$, $\Delta t_{норм}$ (см. Приложения П1, П2).

Значение коэффициента стеснения Кс для схемы Б

$\frac{F_0}{b_1 \cdot h_{\text{пом}}}$	$\frac{x}{m \cdot \sqrt{b_1 \cdot h_{\text{пом}}}}$					
	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	0,8	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

Холодный период года

При подаче в помещение теплого воздуха проверяется условие сохранения расчетной схемы циркуляции – отсутствие всплывания струи: $x_s = 0,63 \cdot H = (0,3 \div 0,7) \cdot a_1$, где H – геометрическая характеристика, определяемая по формуле 6 или 7. Указанное условие определяет максимальную избыточную температуру нагретого приточного воздуха (формула 5):

$$\Delta t_0^{\text{max}} = \frac{11,8 \cdot \sqrt{F_0}}{x^2} \cdot \frac{V_0^2 \cdot m^2}{n}$$

По полученным параметрам для теплого периода года: V_0 , F_0 , h_0 и принятым характеристикам ВР (угол наклона жалюзи α и соответствующие коэффициенты m и n) определяется максимально допустимая избыточная температура подаваемого нагретого воздуха Δt_0^{max} в холодный период по формуле или номограмме II.

Полученное значение Δt_0^{max} сопоставляется с требуемым $\Delta t_0^{\text{хоп}}$ из тепловоздушного баланса для холодного периода.

Если $\Delta t_0^{\text{max}} \geq \Delta t_0^{\text{хоп}}$, то расчет считается законченным.

Если $\Delta t_0^{\text{max}} < \Delta t_0^{\text{хоп}}$, то возможны 3 варианта дальнейшего решения:

1. Увеличивается угол наклона жалюзи α по сравнению с теплым периодом до оптимального. Оптимальный угол наклона нагретой приточной струи, когда она имеет максимальную дальность, составляет 35° к горизонту, при этом жалюзи горизонтального ряда решетки должны быть повернуты параллельно вниз на $\alpha \approx 60^\circ$.

По таблице находятся значения коэффициентов m и n при $\alpha_1 = 60^\circ$: для решеток АМН-К, АМР-К $m = 3,9$ и $n = 3,3$, для решеток АДН-К, АДР-К ($\alpha_1 = \alpha_2 = 60^\circ$) $m = 3,1$ и $n = 2,5$. Пересчитывается расчетная длина струи и значение Δt_0^{max} , которое вновь сопоставляется с требуемым $\Delta t_0^{\text{хоп}}$.

Если полученное значение $\Delta t_0^{\text{max}} \geq \Delta t_0^{\text{хоп}}$, то расчет считается законченным.

2. Принимается значение $\Delta t_0^{\text{max}} = \Delta t_0^{\text{хоп}}$, а недостающее тепло вносится в помещение другим способом (например, установкой тепловентиляторов компании «Арктос»: ТЭВ, «Крепыш», ТВВ «Гольфстрим»).

3. При наличии технической возможности рекомендуется отключить часть решеток, подающих воздух в помещение, увеличив тем самым расход и скорость выхода воздуха через

другие решетки, и пересчитать значение Δt_0^{max} по формуле или номограмме II.

Если полученное значение $\Delta t_0^{\text{max}} \gg \Delta t_0^{\text{хоп}}$, то определяется угол наклона жалюзи решетки из формулы:

$$\alpha = 1,7 \cdot \arcsin\left(0,3 \cdot \frac{(h_0 - h_{0,з}) \cdot \sqrt{\Delta t_0^{\text{хоп}} \cdot n}}{m \cdot V_0 \cdot \sqrt[4]{F_0}}\right)$$

Определяется длина струи x и x_s от истечения до входа ее в обслуживаемую зону при новом значении угла α :

$$x = \frac{h_0 - h_{0,з}}{\sin(0,6\alpha)} \quad \text{и} \quad x_s = x \cdot \cos(0,6\alpha)$$

По таблице находятся значения коэффициентов m и n для нового α и по номограмме I определяются значения V_x и Δt_x .

Рассчитывается геометрическая характеристика H по формуле 6 или 7 или по номограмме III. Определяются коэффициенты неизотермичности K_n : для корректировки скорости V_x по формуле 8 при $x_s = x \cdot \cos(0,6\alpha)$:

$$K_n = \cos(0,6\alpha) \cdot \sqrt{\cos^2(0,6\alpha) + \left[\sin(0,6\alpha) - \left(\frac{x}{H}\right)^2\right]^2}$$

для корректировки избыточной температуры Δt_x : $K_n = 1/\cos(0,6\alpha)$.

В случае изменения угла наклона жалюзи по сравнению с теплым периодом года по таблице определяется новый коэффициент стеснения K_c . Вычисляются параметры воздуха при входе струи в обслуживаемую зону по формулам 20 и 21:

$$V_x^{\text{max}} = V_x \cdot K_c \cdot K_b \cdot K_n \cdot \Delta t_x^{\text{max}} = \Delta t_x \cdot \frac{K_b}{K_c \cdot K_n}$$

Полученные значения сопоставляются с нормируемыми для холодного периода года.

Пример расчета

Дано: Размер помещения $48 \times 12 \text{ м}^2$, высота $h_{\text{пом}} = 6 \text{ м}$, $h_{0,з} = 2 \text{ м}$. Воздухообмен постоянный круглогодично и составляет $L_{\text{общ}} = 8000 \text{ м}^3/\text{ч}$, в теплый период для ассимиляции теплоизбытков $\Delta t_i^t = 3,0 \text{ }^\circ\text{C}$, в холодный период для восполнения недостатка теплоты $\Delta t_0^{\text{хоп}} = 8,0 \text{ }^\circ\text{C}$, $V_{\text{норм}} = 0,5 \text{ м/с}$, $\Delta t_{\text{норм}} = 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Определить: типоразмер решеток и параметры V_x , Δt_x для теплого и холодного периодов года.

Решение: По архитектурно-планировочным решениям целесообразно применить схему Б «подача воздуха сверху вниз наклонными струями» с высоты $h_0 = 5,0 \text{ м}$ и устано-

вить настенные решетки АДН-К 800 x 200 мм в количестве 8 шт., $F_{0.з.} = 12 \times 6 = 72 \text{ м}^2$, $L_0 = 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Теплый период года

По таблице для схемы Б находим значения коэффициентов: $m = 6,0$, $n = 5,1$ при угле наклона жалюзи $\alpha_1 = 0^\circ$ (вертикальный внутренний ряд) и $\alpha_2 = 30^\circ$ (горизонтальный наружный ряд).

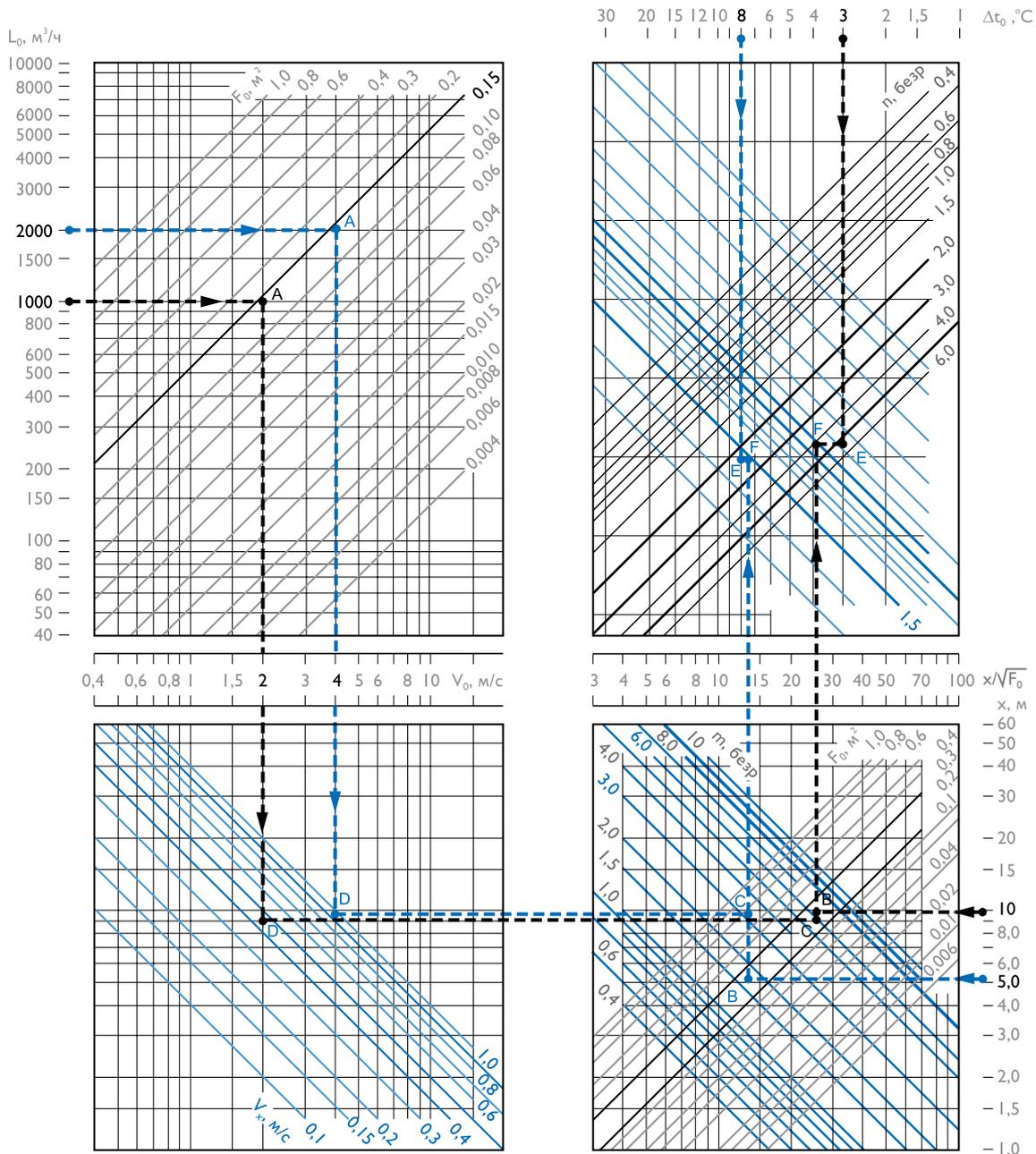
Площадь расчетного сечения решетки АДН-К 800 x 200 мм находим по таблице технических характеристик для АДН-К: $F_0 = 0,140 \text{ м}^2$.

Определяем длину струи от истечения до места входа в обслуживаемую зону

$$x = \frac{5,0 - 2,0}{\sin(30^\circ \cdot 0,6)} = 9,7 \text{ м}$$

По номограмме I определяем значения V_x и Δt_x :

1. По $L_0 = 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $F_0 = 0,14 \text{ м}^2$ определяем (•)А, получаем $V_0 = 2,0 \text{ м/с}$.
2. Переходим в другой квадрат номограммы. По $x = 9,7 \text{ м}$ и $F_0 = 0,14 \text{ м}^2$ определяем (•)В, находим $x \sqrt{F_0} = 26$.
3. По $m=6,0$ и $x \sqrt{F_0} = 26$ находим (•)С.
4. По $V_0 = 2,0 \text{ м/с}$ – (•)А и (•)С получаем (•)D – $V_x = 0,46 \text{ м/с}$.
5. Переходим в другой квадрат номограммы. По $\Delta t_0^t = 3,0^\circ \text{C}$ и $n = 5,1$ находим (•)Е.
6. По $x \sqrt{F_0} = 26$ и (•)Е получаем (•)F – $\Delta t_x = 0,66^\circ \text{C}$.



По номограмме III определяем геометрическую характеристику H^T :

1. По $m = 6,0$ и $V_0 = 2,0$ м/с находим (•) А.
2. По $n = 5,1$ через (•) А находим (•) В.
3. По $F_0 = 0,14$ м² через (•) В находим (•) С.
4. По $\Delta t_0 = 3^\circ$ через (•) С находим (•) D, следовательно, геометрическая характеристика $H^T = 10$ м.

Коэффициент неизотермичности для корректировки скорости K_n^t рассчитываем по формуле 8:

$$K_n^t = \cos(0,6\alpha) \cdot \sqrt{\cos^2(0,6\alpha) + \left[\sin(0,6\alpha) + \left(\frac{x}{H} \right)^2 \right]^2} =$$

$$= \cos(18^\circ) \cdot \sqrt{\cos^2(18^\circ) + \left[\sin(18^\circ) + \left(\frac{9,7}{10} \right)^2 \right]^2} = 1,5.$$

Коэффициент неизотермичности K_n^t для корректировки температуры рассчитываем по формуле: $K_n^t = 1/\cos(18^\circ) = 1,05$.

По таблице определяем коэффициент стеснения по параметрам:

$$\frac{F_0}{b_1 \cdot h_{\text{ном}}} = \frac{0,14}{6 \cdot 6} = 0,004 \quad \frac{x}{m \cdot \sqrt{b_1 \cdot h_{\text{ном}}}} = \frac{9,7}{6 \cdot \sqrt{6 \cdot 6}} = 0,27,$$

получаем $K_c \approx 0,85$.

Вычисляем:

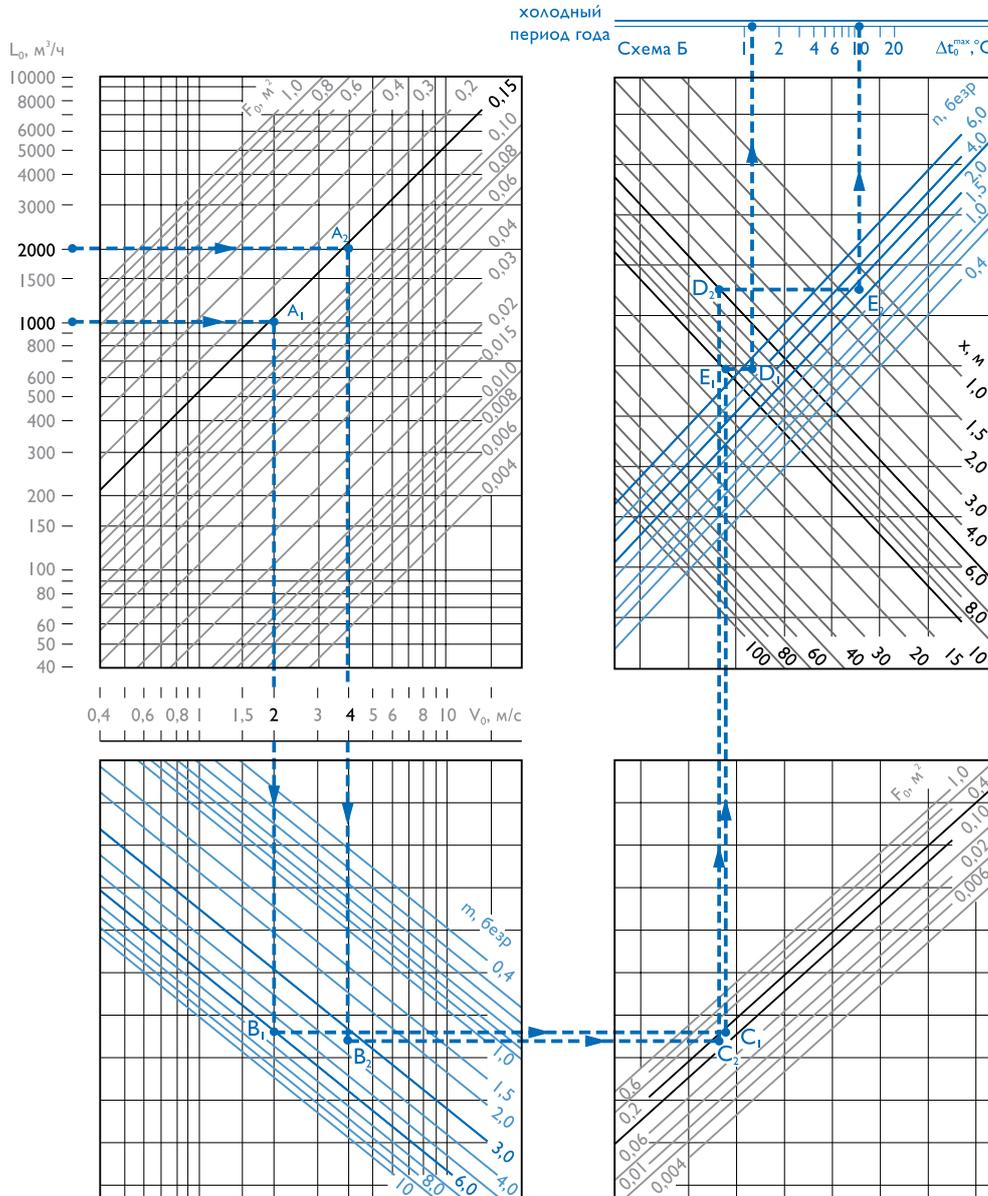
$$V_x^{\text{max}} = V_x \cdot K_c \cdot K_n = 0,46 \cdot 0,85 \cdot 1,5 = 0,6 \text{ м/с},$$

$$\Delta t_x^{\text{max}} = \frac{\Delta t_x}{K_c \cdot K_n} = \frac{0,66}{0,85 \cdot 1,05} = 0,74^\circ \text{C}.$$

Принимаем коэффициент перехода от нормируемой скорости к максимальной в струе $K_n = 1,2$ (см. Приложение П1): $K_n \cdot V_{\text{норм}} = 1,2 \cdot 0,5 = 0,6$ м/с.

Полученные значения V_x^{max} , Δt_x^{max} сопоставляем с нормируемыми: $V_x^{\text{max}} = 0,6$ м/с = $K_n \cdot V_{\text{норм}}$, $\Delta t_x^{\text{max}} = 0,74^\circ \text{C} < \Delta t_{\text{норм}} = 1,5^\circ \text{C}$, что удовлетворяет заданным условиям.

На этом расчет теплого периода завершается.



Холодный период года

По параметрам, определенным для теплого периода, $F_0 = 0,14 \text{ м}^2$, $m=6,0$, $n=5,1$, $V_0 = 2,0 \text{ м/с}$, $\alpha_1 = 0^\circ$, $\alpha_2 = 30^\circ$ вычисляем значение Δt_0^{max} , допустимое для воздушного отопления, по номограмме II или по формуле:

$$\Delta t_0^{\text{max}} = \frac{11,8 \cdot \sqrt{F_0} \cdot (m \cdot V_0)^2}{x^2 \cdot n} = 1,3 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Полученное значение $\Delta t_0^{\text{max}} = 1,3 \text{ }^\circ\text{C} \ll \Delta t_0^{\text{хот}} = 8,0 \text{ }^\circ\text{C}$, что не удовлетворяет заданным условиям.

Дальнейший расчет ведем по варианту 1:

принимая оптимальный угол наклона жалюзи решетки АДН-К ($\alpha_1 = \alpha_2 = 60^\circ$), коэффициенты $m = 3,1$ и $n = 2,5$ и пересчитываем значение x :

$$x = \frac{5 - 2}{\sin(0,6 \cdot 60^\circ)} = 5,2 \text{ м}.$$

По номограмме II по значениям $F_0 = 0,14 \text{ м}^2$, $m = 3,1$, $n = 2,5$, $V_0 = 2,0 \text{ м/с}$, $x = 5,2 \text{ м}$ или по формуле определяем Δt_0^{max} :

$$\Delta t_0^{\text{max}} = \frac{11,8 \cdot \sqrt{0,14} \cdot (3,1 \cdot 2,0)^2}{5,2^2 \cdot 2,5} = 2,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Полученное значение $\Delta t_0^{\text{max}} = 1,3 \text{ }^\circ\text{C} \ll \Delta t_0^{\text{хот}} = 8,0 \text{ }^\circ\text{C}$, что также не удовлетворяет заданным условиям.

Дальнейший расчет ведем по варианту 3.

В холодный период часть решеток (4 шт.) перекрывается, и через каждую из оставшихся решеток АДН-К 800x200мм расход воздуха увеличивается в 2 раза и составляет $L_0 = 2000 \text{ м}^3/\text{ч}$, скорость на истечении также увеличивается в 2 раза: $V_0 = 4,0 \text{ м/с}$.

Вычисляем значение Δt_0^{max} при увеличенной скорости для оптимального угла наклона жалюзи ($\alpha_1 = \alpha_2 = 60^\circ$) при $x = 5,2 \text{ м}$ (по номограмме II или формуле):

$$\Delta t_0^{\text{max}} = \frac{11,8 \cdot \sqrt{0,14} \cdot (3,1 \cdot 4,0)^2}{5,2^2 \cdot 2,5} = 10 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Полученное значение

$\Delta t_0^{\text{max}} = 10 \text{ }^\circ\text{C} > \Delta t_0^{\text{хот}} = 8,0 \text{ }^\circ\text{C}$, что удовлетворяет заданному условию.

По номограмме I определяем значения V_x и Δt_x для холодного периода ($V_0 = 4,0 \text{ м/с}$, $\Delta t_0^{\text{хот}} = 8,0 \text{ }^\circ\text{C}$, $\alpha_1 = \alpha_2 = 60^\circ$, $m = 3,1$ и $n = 2,5$, $x = 5,2 \text{ м}$): $V_x = 0,9 \text{ м/с}$, $\Delta t_x = 1,45 \text{ }^\circ\text{C}$.

По номограмме III или по формуле находим значение геометрической характеристики $H^{\text{хот}}$:

$$H^{\text{хот}} = \frac{5,45 \cdot m \cdot V_0 \cdot \sqrt[4]{F_0}}{\sqrt{n \cdot \Delta t_0}} = \frac{5,45 \cdot 3,1 \cdot 4,0 \cdot \sqrt[4]{0,14}}{\sqrt{2,5 \cdot 8,0}} = 9,2 \text{ м}.$$

Вычисляем коэффициент неизотермичности $K_n^{\text{хот}}$: для корректировки скорости V_x :

$$K_n^{\text{хот}} = \cos(0,6\alpha) \cdot \sqrt{\cos^2(0,6\alpha) + \left[\sin(0,6\alpha) - \left(\frac{x}{H} \right)^2 \right]^2} = \cos(35^\circ) \cdot \sqrt{\cos^2(35^\circ) + \left[\sin(35^\circ) - \left(\frac{5,2}{9,2} \right)^2 \right]^2} = 0,7,$$

для корректировки избыточной температуры Δt_x : $K_n^t = 1/\cos(35^\circ) = 1,22$.

По таблице определяем новое значение коэффициента стеснения K_c по параметрам:

$$\frac{F_0}{b_1 \cdot h_{\text{ном}}} = \frac{0,14}{12 \cdot 6} = 0,002.$$

$$\frac{x}{m \cdot \sqrt{b_1 \cdot h_{\text{ном}}}} = \frac{5,2}{3,1 \cdot \sqrt{12 \cdot 6}} = 0,2, \text{ получаем } K_c = 1,0.$$

Вычисляем:

$$V_x^{\text{max}} = V_x \cdot K_c \cdot K_n = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,63 \text{ м/с},$$

$\Delta t_x^{\text{max}} = 1,2 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{норм}} = 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$, что удовлетворяет заданным условиям.

На этом расчет воздухораспределения для холодного периода года завершается.

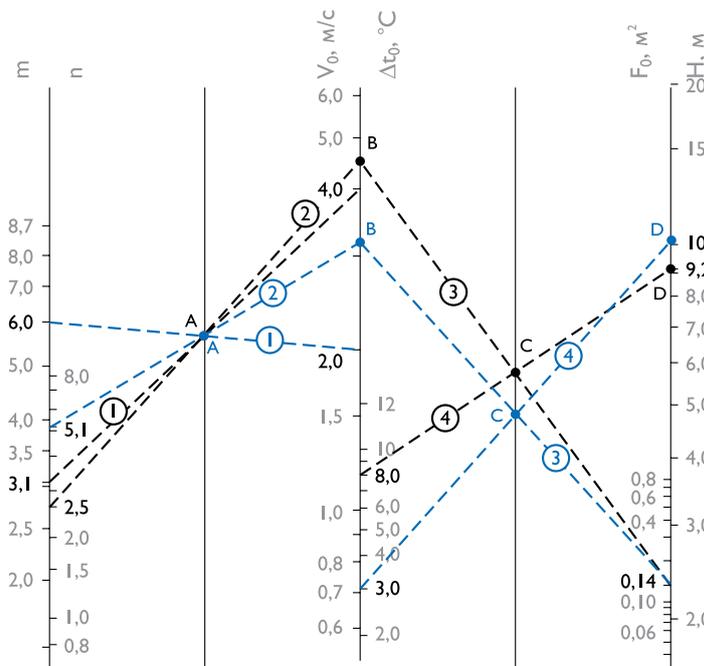
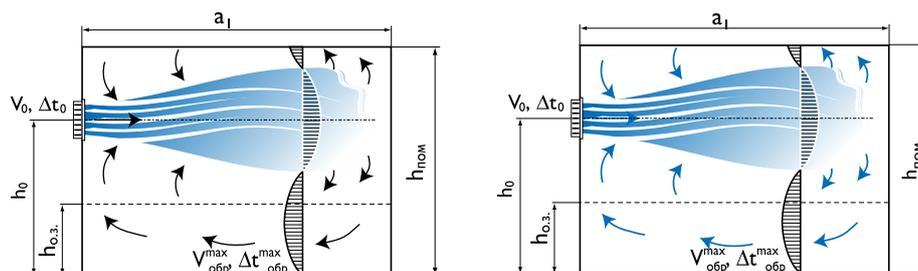


Схема В

Подача воздуха горизонтальными струями выше рабочей зоны



Рекомендуемые воздухораспределители и их аэродинамические характеристики для схемы В

Тип ВР	Регулирование	m*	n	Примечание
АМН, АМР, АМН-К, АМР-К	$\alpha_1 = 0^\circ$	6,0	5,1	Жалюзи расположены веерно под углом α относительно центральной жалюзи
АМН, АМР, АМН-К, АМР-К	$\alpha_1 = 30^\circ$	4,4	3,7	
АМН, АМР, АМН-К, АМР-К	$\alpha_1 = 45^\circ$	4,1	3,4	
АДН, АДР, АДН-К, АДР-К	$\alpha_1 = \alpha_2 = 0^\circ$	6,0	5,1	
АДН, АДР, АДН-К, АДР-К	$\alpha_1 = \alpha_2 = 30^\circ$	3,8	3,2	
АДН, АДР, АДН-К, АДР-К	$\alpha_1 = \alpha_2 = 45^\circ$	3,6	3,0	
АЛН, АЛР, АЛН-К, АЛР-К	–	6,0	5,1	
ВГК, ВГК-К	$\alpha_1 = 0^\circ$	2,1	1,8	
ДПУ-С	–	8,5	7,2	
ДПУ-В	$b = 0$	3,6	3,0	
1ВПТ, 1ВКТ, 2ВКТ	схема 5	2,0	1,7	
1ВПЗ	–	2,3	1,9	
1ВПС, 2ВПС, 2ВПС-П, 1ВКС	схема 1	6,0	5,1	
	схема 2	2,4	2,0	

При подаче приточного воздуха горизонтальными струями через настенные решетки или другие воздухораспределители, расположенные выше рабочей зоны, но вдали от потолка, максимальные параметры воздуха в обслуживаемой зоне формируются обратным потоком. Высота установки воздухораспределителя $h_0 \leq 2/3 \cdot h_{\text{пом}}$. При назначении площади помещения $F_{0.з.} = a_1 \cdot b_1$, приходящейся на один ВР, рекомендуется соблюдать условия:

$$0,31 \leq \frac{a_1}{m \cdot \sqrt{b_1 \cdot h_{\text{пом}}}} \leq 0,62, \quad 0,8 \leq \frac{b_1}{h_{\text{пом}}} \leq 3.$$

Максимальные параметры воздуха в обслуживаемой зоне рассчитываются по формулам 12-14. Расстояние от места истечения до сечения помещения с максимальными значениями V_x^{max} и Δt_x^{max} определяется по формулам 15, 16. Рассчитывается максимальная избыточная температура как для охлажденного, так и для нагретого приточного воздуха из условия обеспечения расчетной схемы циркуляции:

$$\Delta t_0^{\text{max}} = \frac{1300 \cdot V_0^2 \cdot \sqrt{F_0}}{m \cdot n \cdot b_1 \cdot h_{\text{пом}}}.$$

Если полученное $\Delta t_0^{\text{max}} \geq \Delta t_0^{\text{T}}$, заданного для теплого пери-

ода года, то максимальные значения $V_{\text{обр}}^{\text{max}}$ и $\Delta t_{\text{обр}}^{\text{max}}$, сопоставляются с нормируемыми значениями $K_n \cdot V_{\text{норм}}$, $\Delta t_{\text{норм}}$, (см. Приложения П1, П2) и расчет завершается. Если $\Delta t_0^{\text{max}} < \Delta t_0^{\text{T}}$, то следует изменить одно из условий - «модуль» площади помещения $F_{0.з.} = (a_1 \cdot b_1)$, тип, размер F_0 воздухораспределителя либо уменьшить значение Δt_0^{T} и пересчитать воздушную нагрузку L_0 .

Полученное значение Δt_0^{max} сопоставляется с требуемым $\Delta t_0^{\text{хол}}$ из тепловоздушного баланса для холодного периода. Если $\Delta t_0^{\text{max}} \geq \Delta t_0^{\text{хол}}$, то расчет считается законченным. В противном случае принимается $\Delta t_0^{\text{max}} = \Delta t_0^{\text{хол}}$, а недостающее тепло вносится другим способом, (например, установкой тепловентиляторов компании «Арктос»: ТЭВ, «Крепыш», ТВВ «Гольфстрим»).

При установке решеток с поворотными жалюзи (АМН-К, АМР-К, АДН-К, АДР-К) возможно изменить направление приточной струи в сторону рабочей зоны поворотом жалюзи и вести расчет воздухораздачи для холодного периода по схеме Б.

Пример расчета

Дано: Размер помещения $12 \times 12 \text{ м}^2$, высота $h_{\text{пом}} = 4 \text{ м}$, $h_{0.з.} = 2 \text{ м}$. Воздухообмен постоянный круглогодично и составляет $L_{\text{общ}} = 2000 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\Delta t_0^t = 8,0 \text{ }^\circ\text{C}$, $\Delta t_0^{\text{хол}} = 6,0 \text{ }^\circ\text{C}$. $V_{\text{норм}} = 0,3 \text{ м/с}$, $\Delta t_{\text{норм}} = 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Определить: типоразмер решеток и параметры V_x , Δt_x для теплого и холодного периодов года.

Решение: по архитектурно-планировочным решениям целесообразно применить схему В «подача воздуха горизонтальными струями выше рабочей зоны» с высоты $h_0 = 3,0 \text{ м}$ и установить настенные регулируемые решетки АМР-К $500 \times 200 \text{ мм}$ в количестве 2 шт., $F_{0.з.} = 12 \times 6 = 72 \text{ м}^2$, $L_0 = 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Теплый период года

Определяем ориентировочное значение скоростного коэффициента m для решетки АМР-К из условия выполнения установочных ограничений (формула 17) при $h_{\text{пом}} = 4 \text{ м}$, $F_{0.з.} = a_1 \cdot b_1 = 12 \times 6 \text{ м}^2$:

$$\text{Принимаем } \frac{a_1}{m \cdot \sqrt{b_1 \cdot h_{\text{пом}}}} = 0,6,$$

$$m = \frac{12}{0,6 \cdot \sqrt{6 \cdot 4}} = 4,1.$$

По таблице для схемы В находим значения коэффициентов m и n для решетки АМР-К при веерном повороте жалюзи на угол $\alpha_1 = 45^\circ$: $m = 4,1$, $n = 3,4$. По таблице характеристик решеток АМР-К находим значение расчетной площади $F_0 = 0,086 \text{ м}^2$. По номограмме I или по формуле рассчитываем скорость на истечении из решетки:

$$V_0 = L_0 / (3600 \cdot F_0) = 1000 / (3600 \cdot 0,086) = 3,2 \text{ м/с}.$$

Определяем максимальные параметры воздуха в обслуживаемой зоне, соответствующие максимальным в обратном потоке, по формулам 12, 13:

$$V_{\text{обр}}^{\text{max}} = 0,78 \cdot V_0 \cdot \sqrt{\frac{F_0}{b_1 \cdot h_{\text{пом}}}} = 0,78 \cdot 3,2 \cdot \sqrt{\frac{0,086}{6 \cdot 4}} = 0,15 \text{ м/с},$$

$$\Delta t_{\text{обр}}^{\text{max}} = 1,4 \cdot \Delta t_0^t \cdot \sqrt{\frac{F_0}{b_1 \cdot h_{\text{пом}}}} = 1,4 \cdot 8 \cdot \sqrt{\frac{0,086}{6 \cdot 4}} = 0,7 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Полученные значения удовлетворяют нормируемым:

$$V_{\text{обр}}^{\text{max}} = 0,15 \text{ м/с} < V_{\text{норм}} = 0,3 \text{ м/с},$$

$$\Delta t_{\text{обр}}^{\text{max}} = 0,7 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{норм}} = 1,0 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Расстояние от места истечения до сечения помещения с максимальными значениями $V_{\text{обр}}^{\text{max}}$ и $\Delta t_{\text{обр}}^{\text{max}}$ определяем по формуле 15:

$$x = 0,31 \cdot m \cdot \sqrt{b_1 \cdot h_{\text{пом}}} = 0,31 \cdot 4,1 \cdot \sqrt{6 \cdot 4} = 6,2 \text{ м}.$$

Проверяем условие сохранения расчетной схемы подачи, определяем предельно допустимую избыточную температуру приточного воздуха по формуле:

$$\Delta t_0^{\text{max}} = \frac{1300 \cdot \sqrt{F_0} \cdot V_0^2}{m \cdot n \cdot b_1 \cdot h_{\text{пом}}} = \frac{1300 \cdot \sqrt{0,086} \cdot 3,2^2}{4,1 \cdot 3,4 \cdot 6 \cdot 4} = 11,7 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Полученное значение $\Delta t_0^{\text{max}} = 11,7 \text{ }^\circ\text{C} > \Delta t_0^t = 8,0 \text{ }^\circ\text{C}$, следовательно, расчетная схема сохраняется, на этом расчет для теплого периода заканчивается.

Холодный период года

По условиям на истечении для теплого периода сопоставляем величину Δt_0^{max} с заданным значением $\Delta t_0^{\text{хол}} = 6,0 \text{ }^\circ\text{C}$ для холодного периода: $\Delta t_0^{\text{max}} = 11,7 \text{ }^\circ\text{C} > \Delta t_0^{\text{хол}} = 6,0 \text{ }^\circ\text{C}$, следовательно, при подаче теплого воздуха расчетная схема также сохраняется, максимальные параметры в рабочей зоне аналогичны определенным для теплого периода и удовлетворяют нормируемым.

На этом расчет заканчивается.

Пример расчета для ВГК

Дано: Офисное помещение размерами $12 \times 6 \text{ м}^2 = 72 \text{ м}^2$, высота $h_{\text{пом}} = 3,5 \text{ м}$, $h_{\text{о.з.}} = 2 \text{ м}$. Воздухообмен постоянный круглогодично и составляет $L_{\text{общ}} = 800 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\Delta t_0 = 8,0 \text{ }^\circ\text{C}$,

$$V_{\text{норм}} = 0,2 \text{ м/с}, \Delta t_{\text{норм}} = 1,0 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Определить: типоразмер ВГК и параметры $V_x, \Delta t_x$

Решение: По архитектурно-планировочным решениям целесообразно применить схему В «подача воздуха горизонтальными струями выше рабочей зоны» с высоты $h_0 = 2,5 \text{ м}$ и установить воздухораспределители «генератор комфорта» ВГК в количестве 2 шт., $F_{\text{о.з.}} = 6 \times 6 = 36 \text{ м}^2$ на 1 ВГК, $L_0 = 400 \text{ м}^3/\text{ч}$. По таблице «Данные для подбора ВГК, ВГК-К при подаче воздуха в помещение» выбираем типоразмер ВГК 400x150 и $F_0 = 0,038 \text{ м}^2$.

По таблице «Рекомендуемые воздухораспределители и их аэродинамические характеристики для схемы В» находим значения коэффициентов $m = 2,1$ и $n = 1,8$ для ВГК. Проверяем установочные ограничения при $h_{\text{пом}} = 3,5 \text{ м}$, $F_{\text{о.з.}} = a_1 \times b_1 = 6 \times 6 \text{ м}^2$:

$$\frac{a_1}{m \cdot \sqrt{b_1 \cdot h_{\text{пом}}}} = \frac{6}{2,1 \cdot \sqrt{6 \cdot 3,5}} = 0,62,$$

что соответствует рекомендуемому значению. По формуле рассчитываем скорость на истечении из ВГК:

$$V_0 = \frac{L_0}{3600 \cdot F_0} = 2,9 \text{ м/с}.$$

Определяем максимальные параметры воздуха в обслуживаемой зоне, соответствующие максимальным в обратном потоке, по формулам (12, 13):

$$V_{\text{обр}}^{\text{max}} = 0,78 \cdot V_0 \cdot \sqrt{\frac{F_0}{b_1 \cdot h_{\text{пом}}}} = 0,78 \cdot 2,9 \cdot \sqrt{\frac{0,038}{6 \cdot 3,5}} = 0,1 \text{ м/с};$$

$$\Delta t_{\text{обр}}^{\text{max}} = 1,4 \cdot \Delta t_0 \cdot \sqrt{\frac{F_0}{b_1 \cdot h_{\text{пом}}}} = 1,4 \cdot 8,0 \cdot \sqrt{\frac{0,038}{6 \cdot 3,5}} = 0,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Полученные значения удовлетворяют заданным нормируемым:

$$V_{\text{обр}}^{\text{max}} = 0,1 \text{ м/с} < V_{\text{норм}} = 0,2 \text{ м/с};$$

$$\Delta t_{\text{обр}}^{\text{max}} = 0,5 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{норм}} = 1,0 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Расстояние от места истечения до сечения помещения с максимальными значениями $V_x^{\text{max}}, \Delta t_x^{\text{max}}$ и определяем по формуле (15):

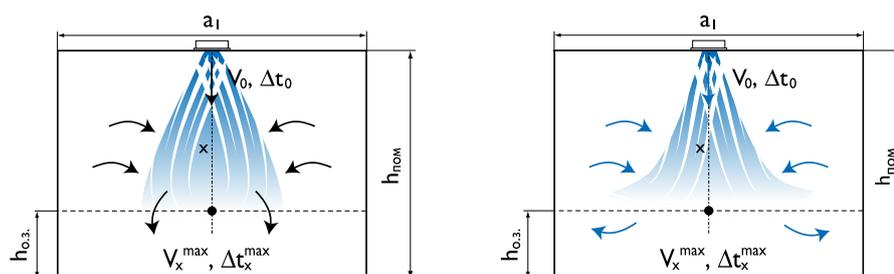
$$x = 0,31 \cdot m \cdot \sqrt{b_1 \cdot h_{\text{пом}}} = 0,31 \cdot 2,1 \cdot \sqrt{6 \cdot 3,5} = 3 \text{ м},$$

Проверяем условие сохранения расчетной схемы подачи, определяем предельно допустимую избыточную температуру приточного воздуха по формуле:

$$\Delta t_0^{\text{max}} = \frac{1300 \cdot \sqrt{F_0} \cdot V_0^2}{b_1 \cdot n \cdot m \cdot h_{\text{пом}}} = \frac{1300 \cdot \sqrt{0,038} \cdot 2,9^2}{6 \cdot 1,8 \cdot 2,1 \cdot 3,5} = 27 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Полученное значение $\Delta t_0^{\text{max}} = 27 \text{ }^\circ\text{C} > \Delta t_0 = 8,0 \text{ }^\circ\text{C}$, следовательно, расчетная схема сохраняется, на этом расчет заканчивается.

Схема Г Подача воздуха сверху вниз коническими и неполными веерными струями



При назначении площади помещения $F_{о.з.} = a_1 \cdot b_1$, приходящейся на один ВР, рекомендуется соблюдать условие: $\sqrt{a_1 \cdot b_1} = (1 \div 3,3) \cdot (h_0 - h_{о.з.})$. Шаг установки воздухораспределителей $b_1 = 2 \div 6$ м при отношении сторон a_1/b_1 от 1 до 1,5. Для помещений с повышенными требованиями к равномерности параметров воздуха в обслуживаемой зоне рекомендуется соотношение: $\sqrt{a_1 \cdot b_1} = (1,25 \div 2,0) \cdot (h_0 - h_{о.з.})$.

Расчетная длина струи x определяется по формуле: $x = h_{пом} - h_{о.з.}$ или $x = h_0 - h_{о.з.}$.

Рекомендуемые воздухораспределители и их аэродинамические характеристики для схемы Г

Тип ВР	Регулирование	m*	n	Примечание
АМН, АМР, АМН-К, АМР-К	$\alpha_1 = 0^\circ$	6,0	5,1	Жалюзи расположены веерно под углом $\alpha_1 > 0^\circ$ относительно центральной жалюзи
АМН, АМР, АМН-К, АМР-К	$\alpha_1 = 30^\circ$	3,9	3,3	
АМН, АМР, АМН-К, АМР-К	$\alpha_1 = 45^\circ$	3,6	3,0	
АМН, АМР, АМН-К, АМР-К	$\alpha_1 = 60^\circ$	3,3	2,8	
АДН, АДР, АДН-К, АДР-К	$\alpha_1 = \alpha_2 = 0^\circ$	6,0	5,1	Жалюзи наружного и внутреннего рядов расположены веерно под углом $\alpha_1 = \alpha_2 > 0^\circ$ относительно центральной жалюзи
АДН, АДР, АДН-К, АДР-К	$\alpha_1 = \alpha_2 = 30^\circ$	3,3	2,8	
АДН, АДР, АДН-К, АДР-К	$\alpha_1 = \alpha_2 = 45^\circ$	3,0	2,6	
АДН, АДР, АДН-К, АДР-К	$\alpha_1 = \alpha_2 = 60^\circ$	2,6	2,0	
ВГК, ВГК-К	$\alpha = 0^\circ$	2,1	1,8	
1АРС, 1АЛС	$\alpha = 0^\circ$	0,8	0,6	
2АРС, 2АЛС	$\alpha = 0^\circ$	1,1	0,8	
3АРС, 3АЛС	$\alpha = 0^\circ$	1,4	1,1	
4АРС, 4АЛС	$\alpha = 0^\circ$	1,6	1,2	
5АРС, 5АЛС	$\alpha = 0^\circ$	1,8	1,4	
6АРС, 6АЛС	$\alpha = 0^\circ$	2,0	1,5	
ДПУ-М	$b = 0,2$ А	1,5	1,3	
ДПУ-К	$b = 0,15$ А	2,0	1,7	
ДПУ-С	—	8,5	7,2	
ДПУ-В	положение 2	3,6	3,0	
1СПП, 1СПП-М, 1СКП	—	2,1	1,7	
ВПМ125	$b = 12$ мм, $N = 12$ об.	1,3	1,1	
ВПМ160	$b = 16$ мм, $N = 13$ об.	1,3	1,1	
1ВПТ, 1ВКТ, 2ВКТ	схема 5	2,0	1,7	
1ВПЗ, 1ВКЗ	—	2,3	1,9	
1ВПС, 2ВПС, 2ВПС-П, 1ВКС	схема 1	6,0	5,1	
	схема 2	2,4	2,0	
ВБ-П	—	2,1	1,7	
ВБ-С	—	6,0	5,1	

Теплый период года

По номограмме I по заданным L_0 , Δt_0 для теплого периода года, выбранному типу ВР, F_0 и рассчитанной длине струи x определяются значения скорости воздуха на истечении V_0 , а также V_x и Δt_x в месте внедрения струи в обслуживаемую зону.

При подаче охлажденного воздуха рассчитывается коэффициент неизотермичности K_n по номограмме III или по формулам 9-10. Значения поправочных коэффициентов: $K_c = 0,9$, $K_b = 1$. Вычисляются V_x^{\max} и Δt_x^{\max} по формулам 20, 21 и сопоставляются с нормируемыми значениями $K_n \cdot V_{\text{норм}}$, $\Delta t_{\text{норм}}$, (см. Приложения П1, П2). Для плоских струй используются формулы 3, 4.

Холодный период года

Для полученных параметров V_0 , F_0 , h_0 и принятых характеристик ВР m и n для теплого периода года определяется максимально допустимая избыточная температура подаваемого теплого воздуха Δt_0^{\max} по номограмме II или формуле 5:

$$\Delta t_0^{\max} = \frac{9,7 \cdot \sqrt{F_0} \cdot V_0^2 \cdot m^2}{x^2 \cdot n}$$

Полученное значение сопоставляется с требуемым $\Delta t_0^{\text{хол}}$ из тепловоздушного баланса для холодного периода. Если $\Delta t_0^{\max} \geq \Delta t_0^{\text{хол}}$, то определяется геометрическая характеристика $H^{\text{хол}}$ по номограмме III или формуле 6. Рассчитывается значение $H^{\text{хол}}/\sqrt{F_0}$. Если $H^{\text{хол}}/\sqrt{F_0} \geq 14,7$, то рассчитывается коэффициент неизотермичности $K_n^{\text{хол}}$ по формуле 9 или по номограмме III и определяются параметры воздуха в струе в холодный период года по формулам 20, 21 при $K_c = 0,9$ и $K_b = 1$. Полученные значения сопоставляются с нормируемыми. Если значение $H^{\text{хол}}/\sqrt{F_0} < 14,7$, то по графику «Дальнобойность вертикальных нагретых струй» определяется относительная дальнобойность нагретой струи $x/\sqrt{F_0}$, вычисляется x и сравнивается с величиной $h_0 - h_{0.3}$, принятой в расчете.

Если $x \geq h_0 - h_{0.3}$, то по графику определяется коэффициент неизотермичности $K_n^{\text{хол}}$, рассчитываются параметры воздуха в струе в холодный период года и сопоставляются с нормируемыми. Если $x < h_0 - h_{0.3}$, то следует уменьшить $\Delta t_0^{\text{хол}}$ и повторить расчет, а недостающее тепло вносить в помещение другим способом, например, электрическими или водяными тепловентиляторами компании «Арктос»: ТЭВ, «Крепыш», ТВВ «Гольфстрим».

При наличии технической возможности рекомендуется перекрыть часть воздухораспределителей, подающих воздух в помещение, увеличив тем самым расход и скорость выхода воздуха через ВР, и пересчитать значение Δt_0^{\max} . Если $\Delta t_0^{\max} \geq \Delta t_0^{\text{хол}}$, то рассчитываются новые значения $H^{\text{хол}}$ и $K_n^{\text{хол}}$ при новых V_0 и $\Delta t_0^{\text{хол}}$ по описанной выше схеме, и параметры воздуха в приточной струе: V_x^{\max} , Δt_x^{\max} и сопоставляются с нормируемыми.

Пример расчета

Дано: размер помещения $12 \times 10 \text{ м}^2$, высота $h_{\text{пом}} = 4 \text{ м}$, $h_{0.3} = 2 \text{ м}$. Воздухообмен постоянный круглогодично и составляет $L_{\text{общ}} = 1200 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\Delta t_0^t = 5,0 \text{ }^\circ\text{C}$, $\Delta t_0^{\text{хол}} = 10,0 \text{ }^\circ\text{C}$.

$V_{\text{норм}} = 0,3 \text{ м/с}$, $\Delta t_{\text{норм}} = 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$ для теплого периода и $\Delta t_{\text{норм}} = 3,0 \text{ }^\circ\text{C}$ для холодного периода (режим воздушного отопления).

Определить: типоразмер диффузоров и параметры V_x , Δt_x для теплого и холодного периодов года.

Решение: по архитектурно-планировочным решениям целесообразно применить схему Г «подача воздуха сверху вниз коническими струями» и установить диффузоры ДПУ-К в количестве 6шт., площадь помещения, приходящаяся на 1 диффузор $F_{0.3} = 5 \times 4 = 20 \text{ м}^2$, $L_0 = 200 \text{ м}^3/\text{ч}$, $h_0 = h_{\text{пом}} = 4 \text{ м}$.

Определяем $x = 4 - 2 = 2 \text{ м}$.

По таблице для схемы Г находим значения коэффициентов: $m = 2,0$, $n = 1,7$. По $L_0 = 200 \text{ м}^3/\text{ч}$ выбираем типоразмер ДПУ-К диаметром 200 мм, по таблице находим $F_0 = 0,029 \text{ м}^2$.

Теплый период года

Расчет V_x , Δt_x ведем по номограмме I.

- По $L_0 = 200 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $F_0 = 0,029 \text{ м}^2$ определяем (•)А, получаем $V_0 = 1,9 \text{ м/с}$.
- Переходим в другой квадрат. По $x = 2,0 \text{ м}$ и $F_0 = 0,029 \text{ м}^2$ определяем (•)В, находим $x/\sqrt{F_0} = 12$.
- По $m = 2,0$ и $x/\sqrt{F_0} = 12$ находим (•)С.
- По $V_0 = 1,9 \text{ м/с}$ – (•)А и $x/\sqrt{F_0} = 12$ – (•)С находим (•)D и определяем $V_x \approx 0,3 \text{ м/с}$.
- Переходим в другой квадрат. По $\Delta t_0 = 5,0 \text{ }^\circ\text{C}$ и $n=1,7$ находим (•)Е.
- По $x/\sqrt{F_0} = 12$ и (•)Е получаем (•)F - $\Delta t_x = 0,7 \text{ }^\circ\text{C}$.

Далее по номограмме III определяем геометрическую характеристику H^t и коэффициент неизотермичности K_n^t :

- По $m = 2,0$ и $V_0 = 1,9 \text{ м/с}$ находим (•)А.
- По $n = 1,7$ через (•)А находим (•)В.
- По $F_0 = 0,029 \text{ м}^2$ через (•)В находим (•)С.
- По $\Delta t_0 = 5^\circ$ через (•)С находим (•)D, следовательно, геометрическая характеристика $H^t = 2,9 \text{ м}$.
- По $x = 2 \text{ м}$ и $H^t = 2,9 \text{ м}$ находим (•)Е, $K_n^t = 1,3$.

Для данного способа подачи принимается коэффициент стеснения $K_c = 0,9$, коэффициент взаимодействия $K_b = 1$.

Вычисляем значения V_x^{\max} и Δt_x^{\max} по формулам 20, 21:

$$V_x^{\max} = V_x \cdot K_c \cdot K_n = 0,3 \cdot 0,9 \cdot 1,3 = 0,35 \text{ м/с}$$

$$\Delta t_x^{\max} = \frac{\Delta t_x}{K_c \cdot K_n} = \frac{0,7}{0,9 \cdot 1,3} = 0,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

Принимаем коэффициент перехода от нормируемой скорости к максимальной в струе $K_n = 1,2$ (см. Приложение П1).

$$K_n \cdot V_{\text{норм}} = 1,2 \cdot 0,3 = 0,36 \text{ м/с}$$

Полученные значения V_x^{\max} , Δt_x^{\max} сопоставляем с нормируемыми: $V_x^{\max} = 0,35 \text{ м/с} < K_n \cdot V_{\text{норм}} = 0,36 \text{ м/с}$,

$$\Delta t_x^{\max} = 0,6 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{норм}} = 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

что удовлетворяет заданным условиям.

На этом расчет воздухораспределения для теплого периода года завершается.

Холодный период года

По параметрам для теплого периода ($m = 2,0$, $n = 1,7$, $F_0 = 0,029 \text{ м}^2$, $V_0 = 1,9 \text{ м/с}$) и $h_{\text{пом}} - h_{\text{о.з.}} = 2 \text{ м}$ определяем значение Δt_0^{max} для режима воздушного отопления по номограмме II или формуле:

$$\Delta t_0^{\text{max}} = \frac{9,7 \cdot \sqrt{F_0}}{(h_0 - h_{\text{о.з.}})^2} \cdot \frac{V_0^2 \cdot \text{м}^2}{n} = \frac{9,7 \cdot \sqrt{0,029}}{2,0^2} \cdot \frac{2,0^2 \cdot 1,9^2}{1,7} = 3,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Полученное значение $\Delta t_0^{\text{max}} = 3,5 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t_0^{\text{хол}} = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$, что не удовлетворяет заданным условиям. Возможны 2 варианта решения и дальнейшего расчета.

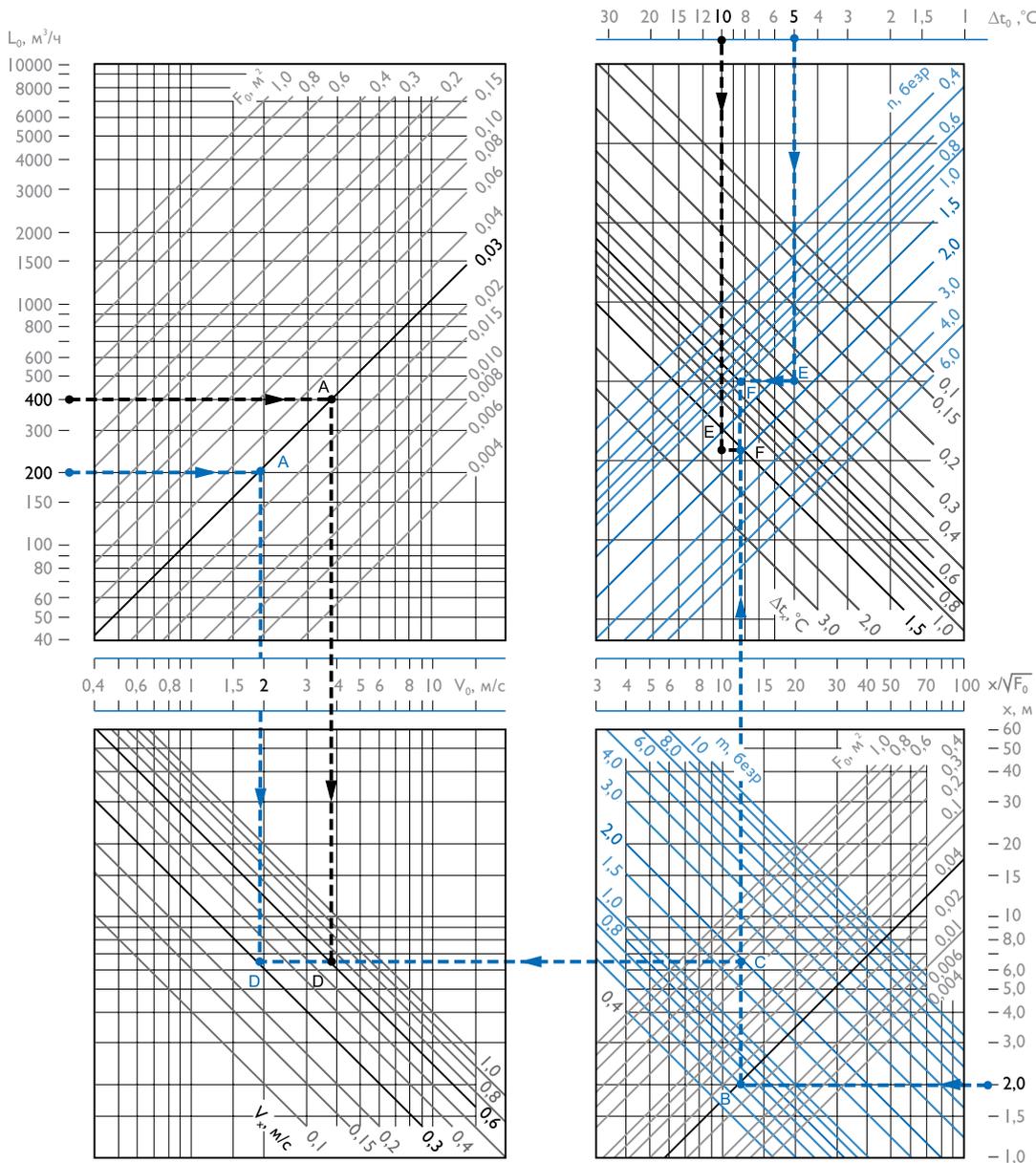
I вариант.

Принимаем, что в холодный период половина диффузоров перекрывается, и через один диффузор расход воздуха и скорость на истечении удваиваются: $L_0 = 400 \text{ м}^3/\text{ч}$, $V_0 = 3,8 \text{ м/с}$. Определяем значение Δt_0^{max} по номограмме II или формуле:

$$\Delta t_0^{\text{max}} = \frac{9,7 \cdot \sqrt{F_0}}{(h_0 - h_{\text{о.з.}})^2} \cdot \frac{V_0^2 \cdot \text{м}^2}{n} = \frac{9,7 \cdot \sqrt{0,029}}{2,0^2} \cdot \frac{3,8^2 \cdot 2,0^2}{1,7} = 14 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Полученное значение $\Delta t_0^{\text{max}} = 14 \text{ } ^\circ\text{C} > \Delta t_0^{\text{хол}} = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$, что удовлетворяет заданному условию.

По номограмме III или по формуле определяем геометрическую характеристику $H^{\text{хол}}$:



ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА



$$H^{\text{хон}} = \frac{5,45 \cdot m \cdot V_0 \cdot \sqrt[4]{F_0}}{\sqrt{n} \cdot \Delta t_0} = \frac{5,45 \cdot 2,0 \cdot 3,8 \cdot \sqrt[4]{0,029}}{\sqrt{1,7} \cdot 10} = 4,1 \text{ м}$$

Определяем коэффициент неизотермичности $K_n^{\text{хон}}$ по номограмме III или по формуле:

$$K_n^{\text{хон}} = \sqrt[3]{1 - 3 \cdot \left(\frac{x}{H}\right)^2} = \sqrt[3]{1 - 3 \cdot \left(\frac{2}{4,1}\right)^2} = 0,66.$$

По номограмме I по $L_0 = 400 \text{ м}^3/\text{ч}$, $V_0 = 3,8 \text{ м/с}$, $\Delta t_0^{\text{хон}} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ определяем: $V_x \approx 0,6 \text{ м/с}$, $\Delta t_x = 1,4 \text{ }^\circ\text{C}$.

Вычисляем параметры воздуха в струе при входе в обслуживаемую зону для холодного периода года по значениям $V_x = 0,6 \text{ м/с}$, $K_c = 0,9$, $K_n^{\text{хон}} = 0,66$:

$$V_x^{\text{max}} = V_x \cdot K_c \cdot K_n = 0,6 \cdot 0,9 \cdot 0,66 = 0,36 \text{ м/с},$$

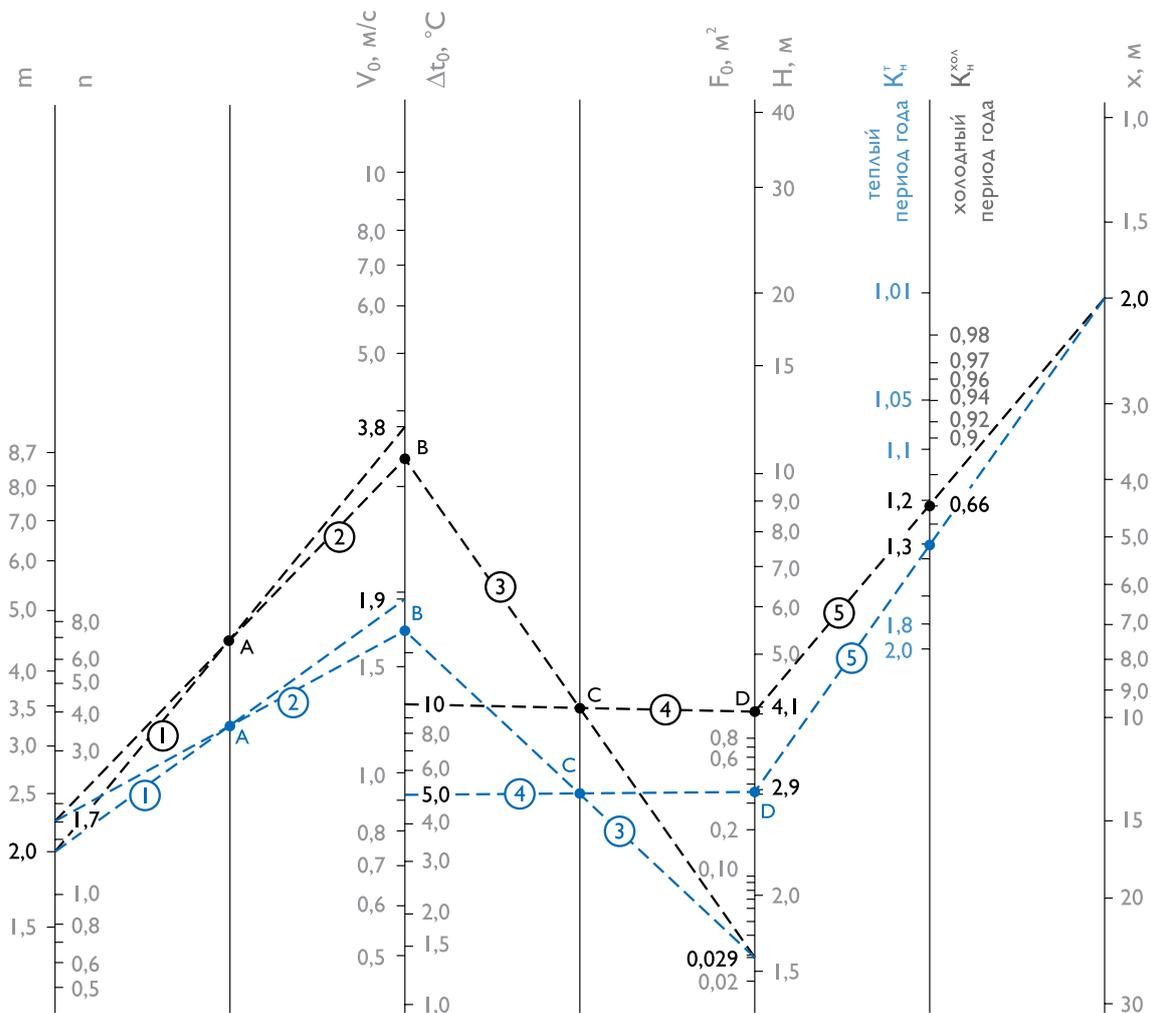
$$\Delta t_x^{\text{max}} = \frac{\Delta t_x}{K_c \cdot K_n} = \frac{1,4}{0,9 \cdot 0,66} = 2,4 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Полученные значения V_x^{max} , Δt_x^{max} сопоставляем с нормируемыми:

$$V_x^{\text{max}} = 0,36 \text{ м/с} = K_n \cdot V_{\text{норм}} = 1,2 \cdot 0,3 = 0,36 \text{ м/с},$$

$\Delta t_x^{\text{max}} = 2,4 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{норм}} = 3,0 \text{ }^\circ\text{C}$, что удовлетворяет заданным условиям.

На этом расчет воздухораспределения для холодного периода года завершается.



II вариант. Принимаем для режима воздушного отопления $\Delta t_0^{\text{хол}} = \Delta t_0^{\text{max}} = 3,5 \text{ }^\circ\text{C}$, а недостающее тепло будем вносить тепловентиляторами ТЭВ или ТВВ «Гольфстрим» компании «Арктос». Расчет ведем по формулам.

По формуле определяем новое значение Δt_x при $\Delta t_0^{\text{max}} = 3,5 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$\Delta t_x = \frac{n \cdot \Delta t_0 \cdot \sqrt{F_0}}{x} = \frac{1,7 \cdot 3,5 \cdot \sqrt{0,029}}{2} = 0,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

По формуле 6 определяем геометрическую характеристику $H^{\text{хол}}$:

$$H^{\text{хол}} = \frac{5,45 \cdot m \cdot V_0 \cdot \sqrt[4]{F_0}}{\sqrt{n \cdot \Delta t_0}} = \frac{5,45 \cdot 2,0 \cdot 1,9 \cdot \sqrt[4]{0,029}}{\sqrt{1,7 \cdot 3,5}} = 3,5 \text{ м}.$$

Определяем значение:

$$H^{\text{хол}} / \sqrt{F_0} = 3,5 / \sqrt{0,029} = 20,5 > 14,7.$$

Определяем коэффициент неизотермичности $K_n^{\text{хол}}$ по формуле:

$$K_n^{\text{хол}} = \sqrt[3]{1 - 3 \cdot \left(\frac{x}{H}\right)^2} = \sqrt[3]{1 - 3 \cdot \left(\frac{2}{3,5}\right)^2} = 0,27.$$

Вычисляем параметры воздуха в струе при входе в обслуживаемую зону для холодного периода года по значениям $V_x = 0,3 \text{ м/с}$, $K_c = 0,9$:

$$V_x^{\text{max}} = V_x \cdot K_c \cdot K_n = 0,3 \cdot 0,9 \cdot 0,27 \approx 0,1 \text{ м/с},$$

$$\Delta t_x^{\text{max}} = \frac{\Delta t_x}{K_c \cdot K_n} = \frac{0,5}{0,9 \cdot 0,27} = 2,1 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Полученные значения сопоставляем с нормируемыми:

$$V_x^{\text{max}} = 0,1 \text{ м/с} < K \cdot V_{\text{норм}} = 0,36 \text{ м/с},$$

$$\Delta t_x^{\text{max}} = 2,1 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{норм}} = 3,0 \text{ }^\circ\text{C}.$$

(для воздушного отопления), что удовлетворяет заданным условиям.

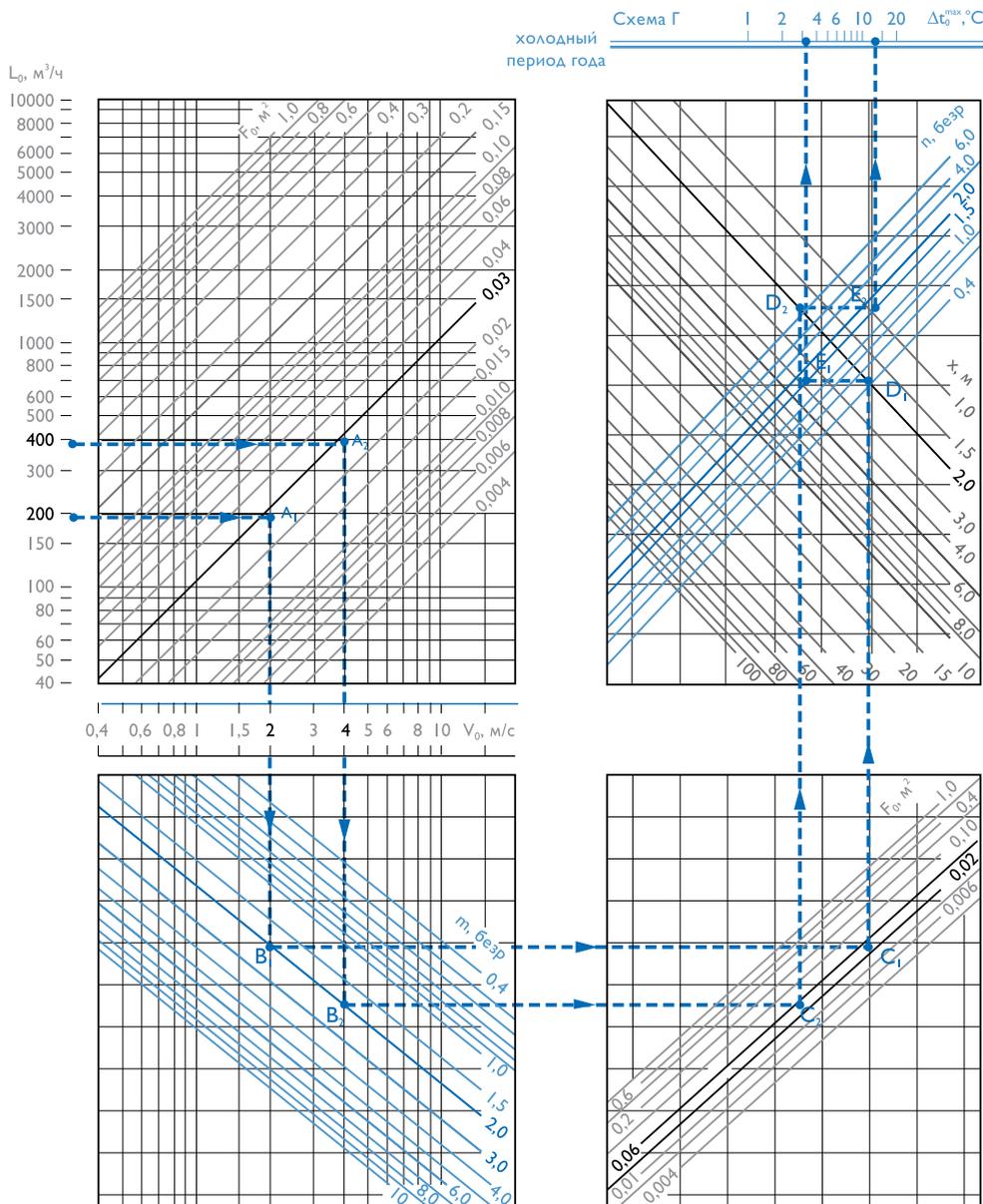
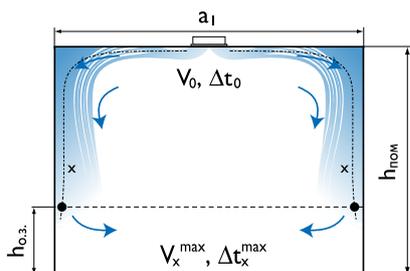


Схема Д

Подача воздуха сверху вниз настилающимися на потолок веерными струями



Рекомендуемые воздухораспределители и их аэродинамические характеристики для схемы Д

Тип ВР	Регулирование	m*	n
2АРС	$\alpha = 45^\circ$ - веерно	1,6	1,2
4АРС	$\alpha = 45^\circ$ - веерно	2,2	1,7
6АРС	$\alpha = 45^\circ$ - веерно	2,8	2,1
ДПУ-М	$b = 0,1A, 0,15A$	0,6	0,5
ДПУ-К	$b = 0,05A$	1,0	0,8
ДПУ-В	положение 1	2,1	1,8
2АПН, 2АПР	-	4,6	2,8
3АПН, 3АПР	-	2,8	1,8
4АПН, 4АПР	-	2,2	1,6
ВПМ125	$b = 6$ мм, $N = 6$ об.	0,5	0,4
ВПМ160	$b = 8$ мм, $N = 6,5$ об.	0,5	0,4
1ВПТ, 1ВКТ, 2ВКТ	схема 1	0,9	0,8
1ВПТ, 1ВКТ, 2ВКТ	схема 2	1,2	1,0
1ВПТ, 1ВКТ, 2ВКТ	схема 3	1,5	1,3
1ВПТ, 1ВКТ, 2ВКТ	схема 6	0,4	0,3
ВБ-Д		2,2	1,6

* - значения m для условий настиления

Значение коэффициента стеснения Кс для схемы Д

$\frac{h_{пом} - h_{о.з.}}{a_1 \cdot b_1}$	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

При назначении площади помещения $F_{о.з.} = a_1 \cdot b_1$, приходящейся на один ВР, рекомендуется соблюдать условия:

$$\sqrt{a_1 \cdot b_1} = (1 \div 3,3) \cdot (h_0 - h_{о.з.})$$

Шаг установки воздухораспределителей $b_1 = 2 \div 6$ м при отношении сторон a_1/b_1 от 1 до 1,5. Для помещений с повышенными требованиями к равномерности параметров воздуха в обслуживаемой зоне рекомендуется соотношение:

$$\sqrt{a_1 \cdot b_1} = (1,25 \div 2,0) \cdot (h_0 - h_{о.з.})$$

Расчетная длина струи x определяется по формуле:

$$x = 0,5 \cdot \sqrt{F_{о.з.}} + h_{пом} - h_{о.з.}$$

По номограмме I по заданным $L_0, \Delta t_0$, выбранному типу ВР, F_0 и рассчитанной длине струи x определяются значения скорости воздуха на истечении V_0 , а также V_x и Δt_x в месте внедрения струи в обслуживаемую зону.

Рассчитывается максимальная избыточная температура приточного воздуха из условия обеспечения расчетной схемы циркуляции, при которой струя устойчиво настиляется и не отрывается от потолка, по номограмме II или по формуле 5:

$$\Delta t_0^{\max} = \frac{67 \cdot \sqrt{F_0}}{a_1 \cdot b_1} \cdot \frac{V_0^2 \cdot m^2}{n}$$

где $a_1 \cdot b_1 = x_{отр}^2 = x^2$.

Полученное значение сопоставляется с принятым Δt_0 . Если $\Delta t_0^{\max} < \Delta t_0$, то расчет повторяется с другими исходными значениями F_0, V_0 . Поправочные коэффициенты принимаются: $K_b = 1, K_n = 1, K_c$ - по таблице. Вычисляются V_x^{\max} и Δt_x^{\max} по формулам 20, 21 и сопоставляются с нормируемыми значениями $K_n \cdot V_{норм}, \Delta t_{норм}$ (см. Приложения П1, П2).

Пример расчета

Дано: $F_{o.z.} = 6 \times 6 = 36 \text{ м}^2$, $L_0 = 1100 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\Delta t_0^t = 10 \text{ }^\circ\text{C}$,
 $h_{ном} = 6 \text{ м}$, $h_{o.z.} = 1,5 \text{ м}$, $V_{норм} = 0,3 \text{ м/с}$, $\Delta t_{норм} = 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Определить: V_x , Δt_x .

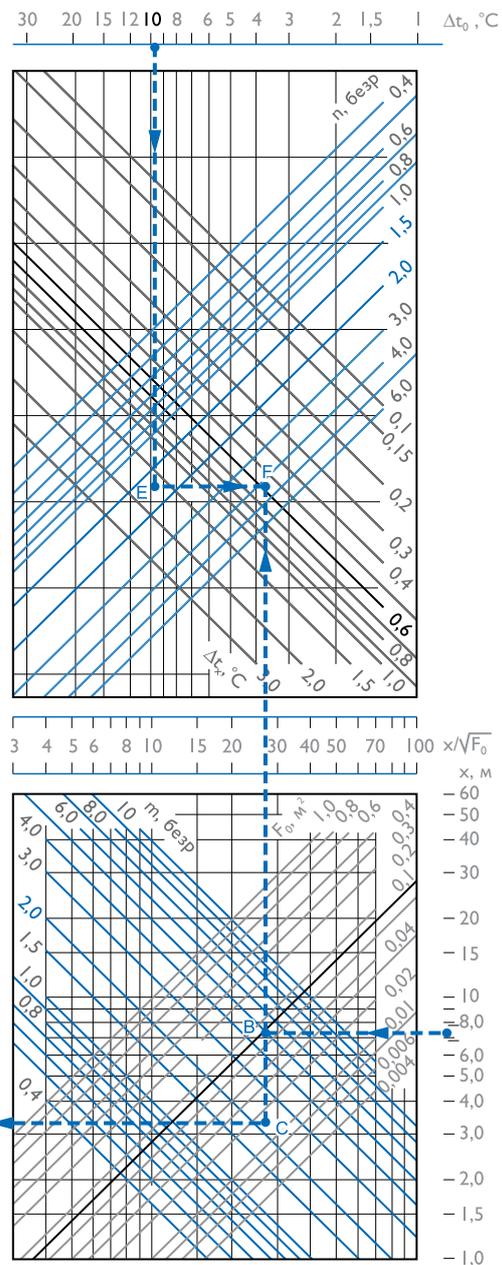
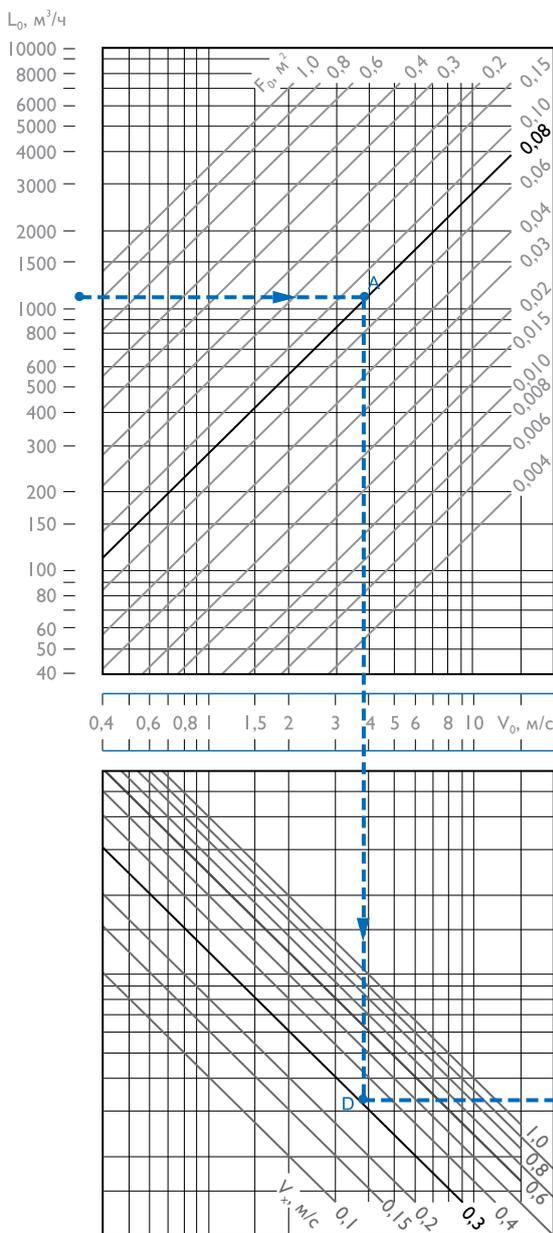
Решение: по архитектурно-планировочным решениям целесообразно установить диффузор 4АПР 450 x 450 мм, $F_0 = 0,083 \text{ м}^2$.

По таблице для схемы Д находим значения коэффициентов: $m = 2,2$, $n = 1,6$.

Определяем $x = 3 + 6 - 1,5 = 7,5 \text{ м}$.

Расчет V_x , Δt_x ведем по номограмме I:

- 1 По $L_0 = 1100 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $F_0 = 0,083 \text{ м}^2$ определяем (•)А, получаем $V_0 = 3,7 \text{ м/с}$.
- 2 Переходим в другой квадрат. По $x = 7,5 \text{ м}$ и $F_0 = 0,083 \text{ м}^2$ определяем (•)В, находим $x \sqrt{F_0} = 26$.
- 3 По $m = 2,2$ и $x \sqrt{F_0} = 26$ находим (•)С.
- 4 По $V_0 = 3,7 \text{ м/с}$ - (•)А и $x \sqrt{F_0} = 26$ - (•)С находим (•)D и определяем $V_x = 0,3 \text{ м/с}$.
- 5 Переходим в другой квадрат. По $\Delta t_0 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ и $n = 1,6$ находим (•)Е.
- 6 По $x \sqrt{F_0} = 26$ и (•)Е получаем (•)F - $\Delta t_x = 0,6 \text{ }^\circ\text{C}$.



Определяем коэффициент стеснения $K_c = 0,7$ при

$$\frac{h_{\text{пом}} - h_{\text{о.з.}}}{\sqrt{a_1 \cdot b_1}} = \frac{4,5}{6} = 0,75.$$

Вычисляем:

$$V_x^{\text{max}} = V_x \cdot K_c \cdot K_n = 0,3 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 0,2 \text{ м/с,}$$

$$\Delta t_x^{\text{max}} = \frac{\Delta t_x}{K_c \cdot K_n} = \frac{0,6}{0,7 \cdot 1,0} = 0,9 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Полученные значения V_x^{max} , Δt_x^{max} сопоставляем с нормируе- мыми: $V_x^{\text{max}} = 0,2 \text{ м/с} < V_{\text{норм}}$, $\Delta t_x^{\text{max}} = 0,9 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{норм}}$.

Проверяем условие сохранения расчетной схемы циркуля- ции по номограмме II или по формуле:

$$\Delta t_0^{\text{max}} = \frac{67 \sqrt{F_0}}{a_1 \cdot b_1} \cdot \frac{V_0^2 \cdot \text{м}^2}{n} = \frac{67 \sqrt{0,083}}{6 \cdot 6} \cdot \frac{3,7^2 \cdot 2,2^2}{1,6} = 22 \text{ }^\circ\text{C,}$$

где $a_1 \cdot b_1 = x_{\text{отр}}^2 = x^2$.

$$\Delta t_0^{\text{max}} > \Delta t_0,$$

следовательно, расчетная схема сохраняется и расчет завершается.

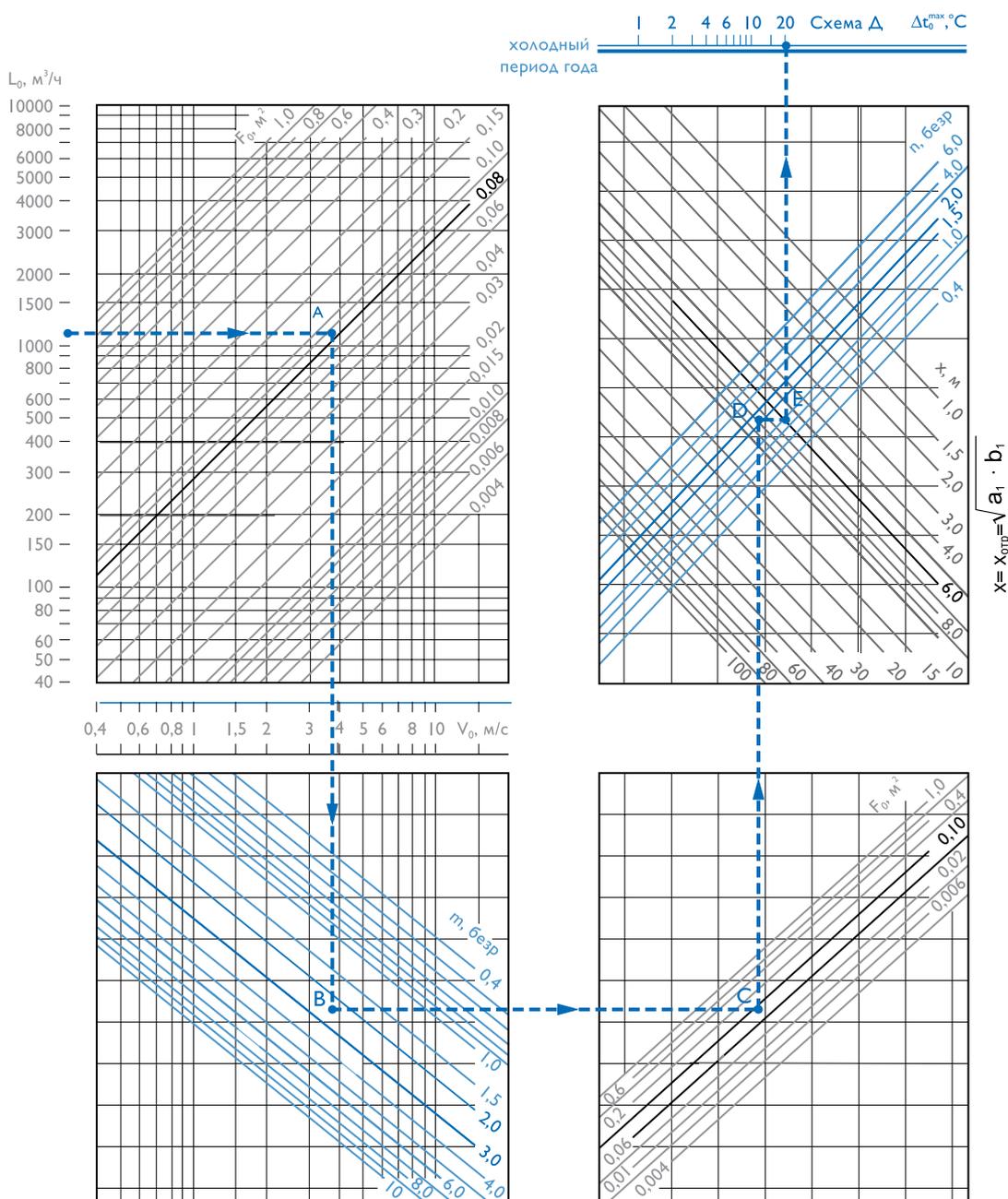
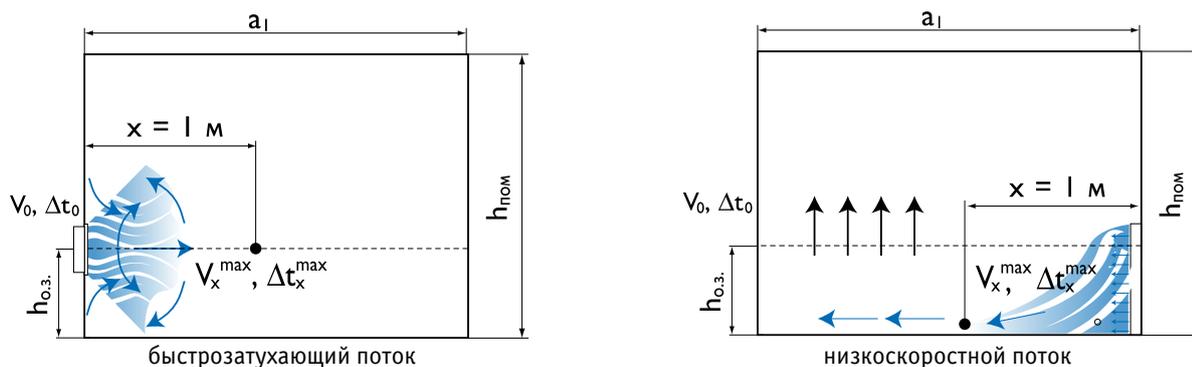


Схема Е

Подача воздуха в рабочую зону быстрозатухающими потоками



При расчете воздухораспределения расчетная длина струи $x = 1$ м.

При размещении воздухораспределителей в пределах обслуживаемой или рабочей зоны помещения скорость движения и температура воздуха не нормируются на расстоянии до 1 м от ВР (п. 5.5 СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование).

По номограмме I по заданным L_0 , Δt_0 , выбранному типу ВР, F_0 определяются значения скорости воздуха на истечении V_0 , а также V_x и Δt_x на расстоянии 1 м от воздухораспределителя и сопоставляются с нормируемыми значениями $K_n \cdot V_{норм}$, $\Delta t_{норм}$ (см. Приложения П1, П2). Поправочные коэффициенты принимаются: $K_n=1$, $K_c=1$.

Рекомендуемые воздухораспределители и их аэродинамические характеристики для схемы Е

Тип ВР	Регулирование	m^*	n
ВПМ125	$b = 6$ мм, $N = 6$ об.	0,5	0,4
ВПМ160	$b = 8$ мм, $N = 6,5$ об.	0,5	0,4
ВПМ125	$b = 12$ мм, $N = 12$ об.	1,3	1,1
ВПМ160	$b = 16$ мм, $N = 13$ об.	1,3	1,1
1ВПТ, 1ВКТ, 2ВКТ	схема 5	2,0	1,7
1ВПТ, 1ВКТ, 2ВКТ	схема 6	0,4	0,3
1ВПТ, 1ВКТ, 2ВКТ	схема 7	0,8	0,7
1ВНК	–	0,5	0,4
1ВНП	–	1,5	1,3
1ВНУ	–	2,0	1,7

Пример расчета

Дано: Размер помещения $12 \times 6 \text{ м}^2$, высота $h_{\text{пом}} = 4 \text{ м}$, $h_{\text{о.з.}} = 2 \text{ м}$. $L_0 = 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\Delta t_0 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$, $V_{\text{норм}} = 0,5 \text{ м/с}$, $\Delta t_{\text{норм}} = 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Определить: V_x , Δt_x на расстоянии 1 м .

Решение: по архитектурно-планировочным решениям целесообразно установить в рабочей зоне панельный воздухораспределитель ВПМ160 размерами $595 \times 595 \text{ мм}$, $F_0 = 0,092 \text{ м}^2$ (таблица характеристик для ВПМ).

По таблице для схемы Е находим значения коэффициентов: $m = 0,5$, $n = 0,4$ при $b = 8 \text{ мм}$.

По номограмме I определяем значения V_x , Δt_x на расстоянии

1 м от воздухораспределителя.

1. По $L_0 = 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $F_0 = 0,092 \text{ м}^2$ определяем (•)А, получаем $V_0 = 3,0 \text{ м/с}$.

2. По $x = 1,0 \text{ м}$ и $F_0 = 0,092 \text{ м}^2$ определяем (•)В, находим $x \sqrt{F_0} = 3,3$.

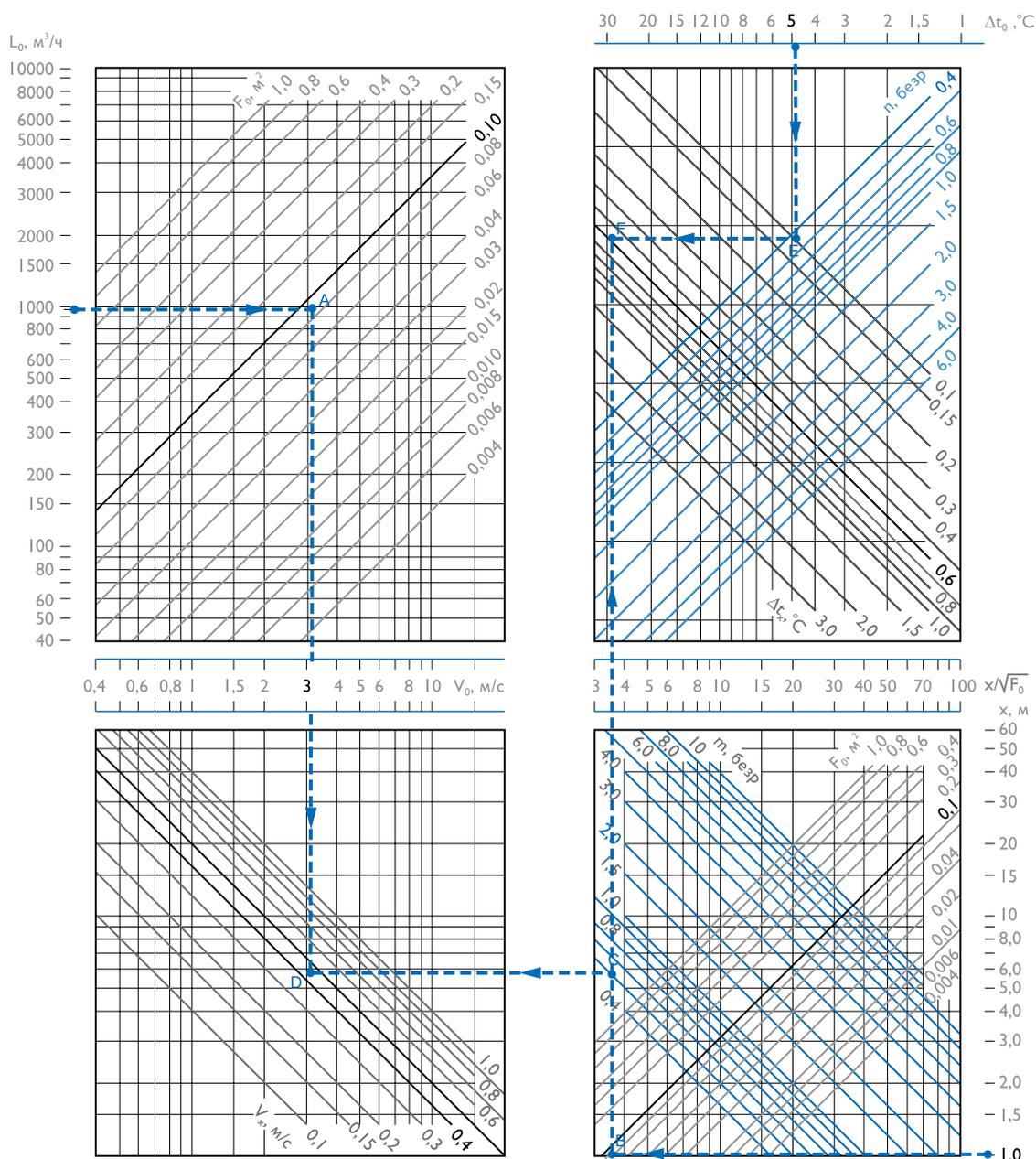
3. По $m = 0,5$ и $x \sqrt{F_0} = 3,3$ находим (•)С.

4. По $V_0 = 3,0 \text{ м/с}$ - (•)А и $x \sqrt{F_0} = 3,3$ - (•)С находим (•)D и определяем $V_x = 0,45 \text{ м/с} < V_{\text{норм}}$.

5. По $\Delta t_0^* = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ и $n = 0,4$ находим (•)Е.

6. По $x \sqrt{F_0} = 3,3$ и (•)Е получаем (•)F - $\Delta t_x = 0,6 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{норм}} = 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Полученные значения V_x , Δt_x соответствуют нормируемым и расчет заканчивается.



Пример расчета для 1 ВНУ

Дано: площадь помещения $18 \times 18 = 324 \text{ м}^2$, высота $h_{\text{пом}} = 4 \text{ м}$, $h_{\text{о.з.}} = 2 \text{ м}$. Воздухообмен круглогодично $L_0 = 2000 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\Delta t_0 = 3^\circ\text{C}$, $V_{\text{норм}} = 0,5 \text{ м/с}$, $\Delta t_{\text{норм}} = 1,5^\circ\text{C}$.

Определить: V_x , Δt_x на расстоянии 1 м

Решение: По архитектурно-планировочным решениям целесообразно установить 4 низкоскоростных воздухораспределителя 1ВНУ в углах помещения, а удаление воздуха организовать из верхней зоны в центре, осуществляя таким образом вентиляцию вытеснением по схеме Е.

Обслуживаемый модуль на 1 воздухораспределитель $a_1 = b_1 = 9 \text{ м}$, $F_{\text{о.з.}} = 9 \times 9 = 81 \text{ м}^2$, расход воздуха $L_0 = 500 \text{ м}^3/\text{ч}$.

По таблице для 1ВНУ находим значение коэффициентов $m = 2,0$, $n = 1,7$.

По таблице «Данные для подбора 1ВНУ при подаче воздуха в помещение» для $L_0 = 500 \text{ м}^3/\text{ч}$ выбираем типоразмер 1ВНУ 200, $F_0 = 0,64 \text{ м}^2$.

По формуле определяем значение расчетной скорости на выходе из воздухораспределителя:

$$V_0 = \frac{L_0}{3600 \cdot F_0} = 0,22 \text{ м/с}$$

Рассчитываем значение на расстоянии 1 м от 1ВНУ 200 при $K_c = K_n = K_b = 1$, принятых для схемы Е, и сопоставляем с нормируемым:

$$V_x^{\text{max}} = \frac{m \cdot V_0 \cdot \sqrt{F_0}}{x} \cdot K_c \cdot K_b \cdot K_n$$

$$V_x^{\text{max}} = \frac{2,0 \cdot 0,22 \cdot \sqrt{0,64}}{1} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,35 \text{ м/с} < V_{\text{норм}}$$

Рассчитываем значение на расстоянии 1 м от 1ВНУ 200 при $K_c = K_n = K_b = 1$ с учетом $K_{\text{ж.с.}}$ для перфорированной поверхности низкоскоростных воздухораспределителей:

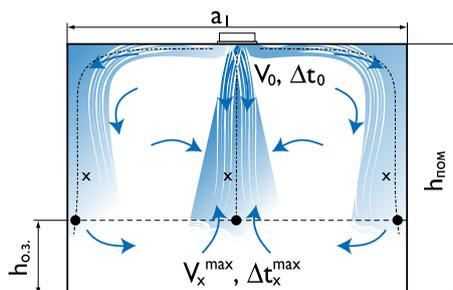
$$\Delta t_x^{\text{max}} = \sqrt{K_{\text{ж.с.}}} \cdot \frac{n \cdot \Delta t_0 \cdot \sqrt{F_0}}{x} \cdot \frac{K_b}{K_c \cdot K_n}$$

$$\Delta t_x^{\text{max}} = 0,35 \cdot \frac{1,7 \cdot 3 \cdot \sqrt{0,64}}{1} \cdot \frac{1}{1 \cdot 1} = 1,4^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{норм}}$$

Полученные значения V_x^{max} и Δt_x^{max} удовлетворяют заданным условиям, на этом расчет заканчивается.

Схема Ж

Подача воздуха сверху вниз комбинированными струями



Рекомендуемые воздухораспределители и их аэродинамические характеристики для схемы Ж

Тип ВР	Регулирование	вертикальный поток		горизонтальный поток	
		m_v	n_v	m_r	n_r
2СПП	4-сторонняя подача	1,2	1,0	1,0	0,8
2СПП	3-сторонняя подача	1,5	1,2	1,2	1,0
2СПП	2-сторонняя подача	1,8	1,5	1,4	1,2
2СПП	1-сторонняя подача	2,0	1,7	1,5	1,3
1ВПТ, 1ВКТ, 2ВКТ	схема 7	0,8	0,7	0,6	0,5
4АПН-П, 4АПН-С	–	3,0	2,6	2,2	1,9

При комбинированной подаче воздуха расчет ведется раздельно для вертикальной части струи согласно схеме Г и настилающей горизонтальной согласно схеме Д. При этом скорость V_0 в расчетном сечении воздухораспределителя постоянна для обоих видов струй. Сначала рассчитывается вертикальная часть струи, имеющая меньшую расчетную длину $x_1 = h_{\text{пом}} - h_{\text{о.з.}}$ до входа в обслуживаемую зону.

По номограмме I по заданным L_0 , Δt_0 , выбранному типу ВР и F_0 определяются значения скорости воздуха на истечении V_0 . По выбранному типу ВР и способу подачи по таблице определяются значения m_v , n_v для вертикальной части струи и по номограмме I находят значения V_x и Δt_x в месте внедрения струи в обслуживаемую зону.

При подаче охлажденного воздуха рассчитывается коэффициент неизотермичности K_n по номограмме III или по формуле 9.

Определяется максимальная избыточная температура приточного воздуха из условия обеспечения расчетной схемы развития настилающей горизонтальной струи по формуле 5 при $x^2 = a_1 \cdot b_1$ или по номограмме II:

$$\Delta t_0^{\max} = \frac{67 \cdot \sqrt{F_0} \cdot V_0^2 \cdot m_r^2}{a_1 \cdot b_1 \cdot n_r}$$

При расчете значения m_r и n_r принимаются по таблице рекомендуемых ВР для горизонтальной части струи. Полученное значение сопоставляется с принятым Δt_0 . Если $\Delta t_0^{\max} \geq \Delta t_0$, то расчетная схема подачи обеспечивается, и расчет заканчивается. Если $\Delta t_0^{\max} < \Delta t_0$, то расчет повторяется с другими исходными значениями F_0 , V_0 .

Коэффициент стеснения K_c определяется по таблице. Коэффициент взаимодействия $K_v = 1$.

Вычисляются V_x^{\max} и Δt_x^{\max} по формулам 20, 21 и сопоставляются с нормируемыми значениями $K_n \cdot V_{\text{норм}}$, $\Delta t_{\text{норм}}$ (см. Приложения П1, П2).

Значение коэффициента стеснения K_c для схемы Ж

$\frac{h_{\text{пом}} - h_{\text{о.з.}}}{a_1 \cdot b_1}$	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

Дано: $F_{0.з.} = 4 \times 4 = 16 \text{ м}^2$, $L_0 = 400 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\Delta t_0 = 5,0 \text{ }^\circ\text{C}$,
 $h_{\text{пом}} = 3,5 \text{ м}$, $h_{0.з.} = 2 \text{ м}$, $V_{\text{норм}} = 0,3 \text{ м/с}$, $\Delta t_{\text{норм}} = 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Определить: V_x , Δt_x .

Решение: по архитектурно-планировочным решениям целесообразно установить один панельный воздухоораспределитель 1ВПТ.

С целью обеспечения большей равномерности параметров воздуха в рабочей зоне принимается подача воздуха комбинированным потоком.

По таблице для схемы Ж находим значения коэффициентов m и n :

- для конического вертикального потока $m_v = 0,8$, $n_v = 0,7$;
- для настилающегося веерного - $m_r = 0,6$, $n_r = 0,5$.

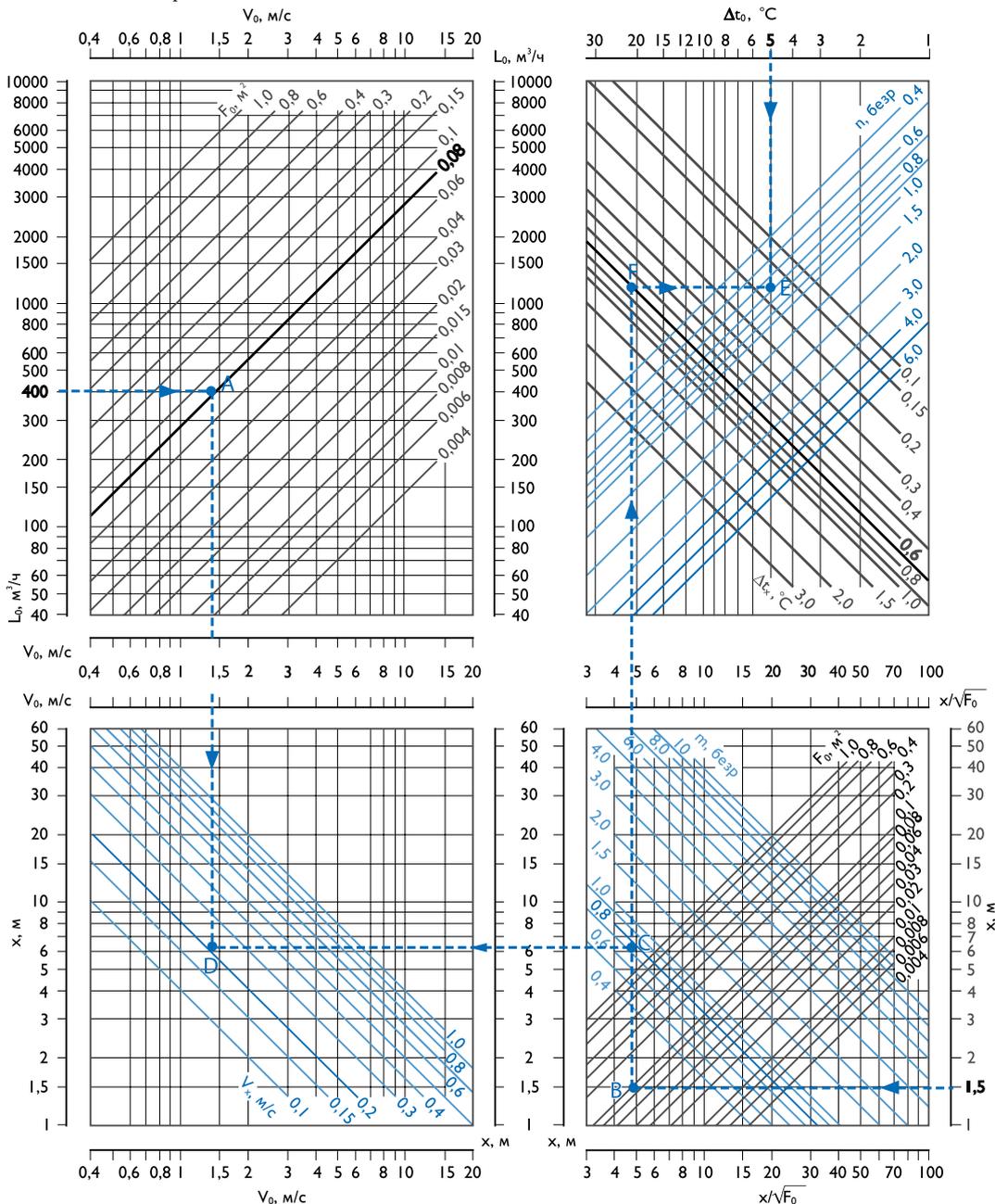
Расчет проводим только для вертикального потока, поскольку $m_v, n_v > m_r, n_r$.

Определяем $x_1 = 3,5 - 2 = 1,5 \text{ м}$.

По $L_0 = 400 \text{ м}^3/\text{ч}$ по таблице «Данные для подбора 1ВПТ» выбираем типоразмер 1ВПТ 450 x 450 мм при $L_A = 35 \text{ дБ(А)}$, по таблице находим значение $F_0 = 0,079 \text{ м}^2$.

Расчет V_x , Δt_x ведем по номограмме I:

- По $L_0 = 400 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $F_0 = 0,079 \text{ м}^2$ определяем (•)А, получаем $V_0 = 1,4 \text{ м/с}$.
- Переходим в другой квадрат. По $x = 1,5 \text{ м}$ и $F_0 = 0,079 \text{ м}^2$ определяем (•)В, находим $x \sqrt{F_0} = 5,5$.
- По $m = 0,8$ и $x \sqrt{F_0} = 5,5$ находим (•)С.
- По $V_0 = 1,4 \text{ м/с}$ – (•)А и $x \sqrt{F_0} = 5,5$ – (•)С находим (•)D и определяем $V_x \approx 0,2 \text{ м/с}$.



5. Переходим в другой квадрат. По $\Delta t_0 = 5,0 \text{ }^\circ\text{C}$ и $n = 0,7$ находим (•)Е.

6. По $x \sqrt{F_0} = 5,5$ и (•)Е получаем (•)F – $\Delta t_x \approx 0,7 \text{ }^\circ\text{C}$.

По номограмме III определяем геометрическую характеристику H и коэффициент неизотермичности K_n :

1. По $m = 0,8$ и $V_0 = 1,4 \text{ м/с}$ находим (•)А;
2. По $n = 0,7$ через (•)А находим (•)В;
3. По $F_0 = 0,079 \text{ м}^2$ через (•)В находим (•)С;
4. По $\Delta t_0 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ через (•)С находим (•)D, следовательно, геометрическая характеристика $H = 1,7 \text{ м}$;
5. По $x = 1,5 \text{ м}$ и $H = 1,7 \text{ м}$ находим (•)Е, $K_n = 1,5$.

$$\Delta t_x^{\max} = \frac{\Delta t_x}{K_c \cdot K_n} = \frac{0,7}{0,9 \cdot 1,5} = 0,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Принимаем коэффициент перехода от нормируемой скорости к максимальной в струе $K_n = 1,0$ (см. Приложение П1).

$$K_n \cdot V_{\text{норм}} = 1,0 \cdot 0,3 = 0,3 \text{ м/с}.$$

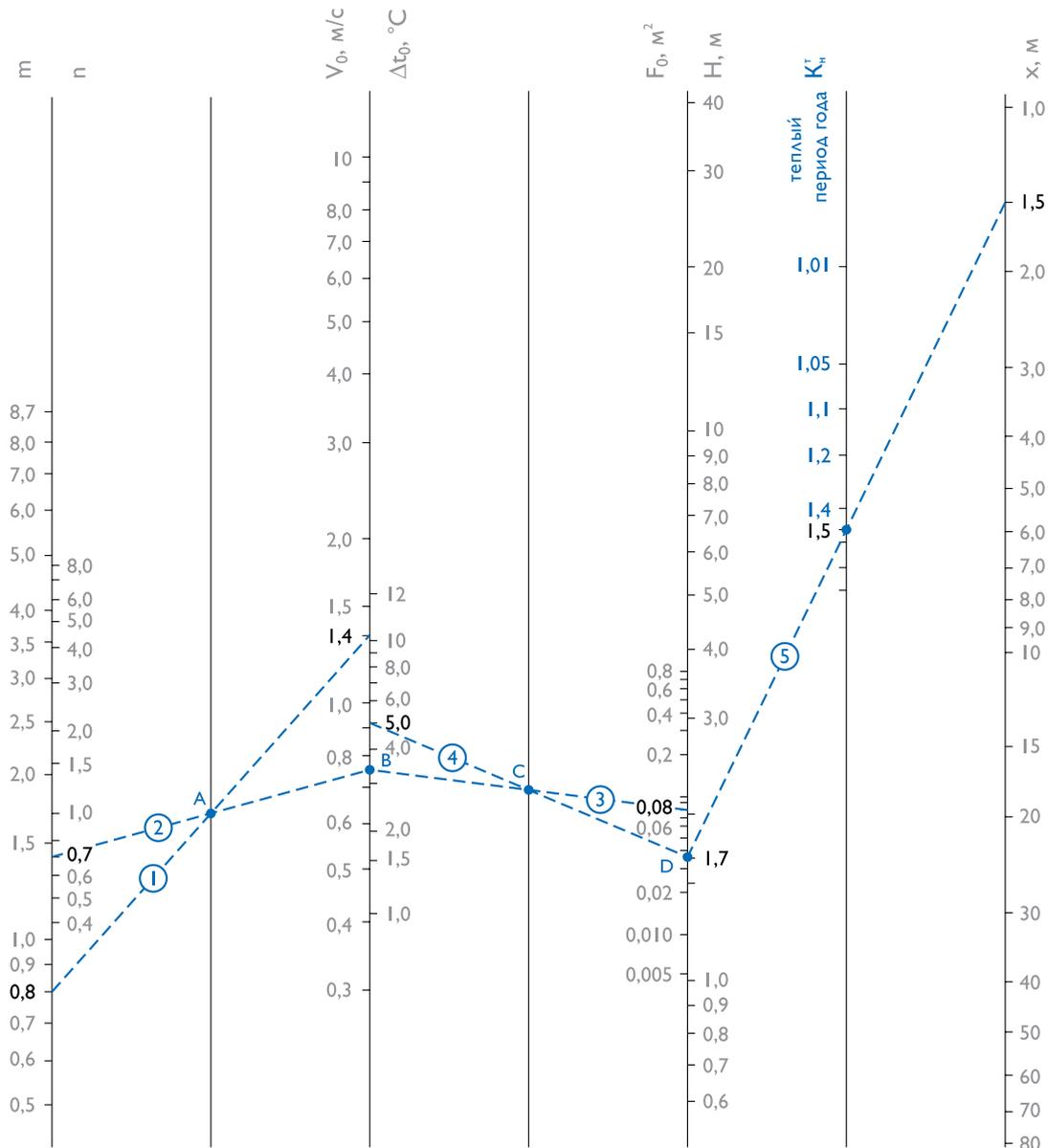
Полученные значения V_x^{\max} , Δt_x^{\max} сопоставляем с нормируемыми:

$$V_x^{\max} = 0,27 \text{ м/с} < K \cdot V_{\text{норм}}, \Delta t_x^{\max} = 0,5 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t_{\text{норм}}$$

На этом расчет воздухораспределения завершается.

Коэффициент стеснения для вертикального конического потока $K_c = 0,9$.

$$\text{Вычисляем: } V_x^{\max} = V_x \cdot K_c \cdot K_n = 0,2 \cdot 0,9 \cdot 1,5 = 0,27 \text{ м/с},$$



Приложение к указаниям по расчету

Приложение П1

Коэффициенты K_n перехода от нормируемой скорости движения воздуха к максимальной скорости воздуха в струе (Приложение Г СНиП 41-01-2003)

Метеорологические условия	Размещение людей	Категории работ	
		лёгкой – I _а , I _б	средней тяжести – II _а , II _б тяжёлой – III
Допустимые	В зоне прямого воздействия приточной струи воздуха в пределах участка:		
	а) начального и при воздушном душировании	1	1
	б) основного	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 $0,5V_x$.

Приложение П2

Допустимые отклонения температуры в приточной струе от нормируемой температуры воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне (Приложение Д СНиП 41-01-2003)

		Допустимые отклонения температуры, °С			
Метеорологические условия	Помещения	при восполнении недостатков теплоты в помещении		при ассимиляции избытков теплоты в помещении	
		Размещение людей			
		в зоне прямого воздействия приточной струи	вне зоны прямого воздействия приточной струи	в зоне прямого воздействия приточной струи	вне зоны прямого воздействия приточной струи
Допустимые	Жилые, общественные и административно-бытовые:				
	Δt_1	3	3,5	–	–
	Δt_2	–	–	1,5	2
	Производственные:				
Δt_1	5	6	–	–	
Δt_2	–	–	2	2,5	
Оптимальные	Любые, за исключением помещений, к которым предъявляются специальные технологические требования:				
	Δt_1	1	1,5	–	–
	Δt_2	–	–	1	1,5