

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ
САНТЕХПРОЕКТ

УТВЕРЖДАЮ:

Главный инженер института
Семин И. Староверов

УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ

воздухораздачи через перфорированные
воздухораспределители

Заместитель
главного инженера

Начальник технического
отдела

Начальник отдела типового
проектирования

Руководитель темы

Исполнитель

Футин Ф. Гулишамбаров

СФ С. Финкельштейн

Тулуп Г. Тулупов

Г. Кацнельсон

Моор Л. Моор

Данный материал согласован с ЛИОТом.

Москва, 1966

Расчет воздухоораздачи через перфорированные воздухоораспределители составлен по данным испытаний, проведенных канд. техн. наук Гримитлиным М.И. / ЛИОТ/.

Воздухоораздачу через перфорированные воздуховоды целесообразно применять в помещениях:

со значительной кратностью воздухообмена при малой подвижности воздуха в рабочей зоне;

с пылевыведениями, где нежелательны сильные токи воздуха, препятствующие оседанию пыли;

с теплоизбытками и незначительными влаговыделениями, где возможно подавать приточный воздух с относительно большой рабочей разностью температур;

с рабочими местами, расположенными между рядами оборудования, выделяющего тепло.

Условные обозначения:

/ см. рисунок /

x - расстояние от воздухоораспределителя до границы рабочей зоны, м;

V_0 - скорость воздуха на выходе из воздухоораспределителя в его живом сечении, м/сек;

V_x - максимальная /осевая/ скорость воздуха на расстоянии X , м/сек;

V_{cp} - средняя скорость воздуха при его поступлении в рабочую зону, м/сек;

V_H - скорость воздуха в начальном сечении воздухоораспределителя, м/сек;

g - ускорение силы тяжести, $9,81 \text{ м/сек}^2$;

t_o - температура воздуха на выходе из воздухораспределителя, °С;

t_x - максимальная /осевая/ температура воздуха на расстоянии X , °С;

t_{cp} - средняя температура воздуха при его поступлении в рабочую зону, °С;

$T_B; t_B$ - температура воздуха в рабочей зоне $T_B = 273 + t_B$;

Δt_p - рабочая разность температур $\Delta t_p = t_o - t_B$;

Δt_x - максимальная разность температур $\Delta t_x = t_x - t_B$;

Δt_{cp} - средняя разность температур $\Delta t_{cp} = t_{cp} - t_B$;

F_o - площадь живого сечения перфорированного участка воздухораспределителя, м²;

F_H - площадь начального сечения воздухораспределителя, м²;

F_K - площадь конечного сечения воздухораспределителя, м²;

$K_{ж.с.}$ - коэффициент живого сечения воздухораспределителя

$$K_{ж.с.} = \frac{F_o}{b_o l_o} ;$$

b_o - ширина перфорированного участка, м;

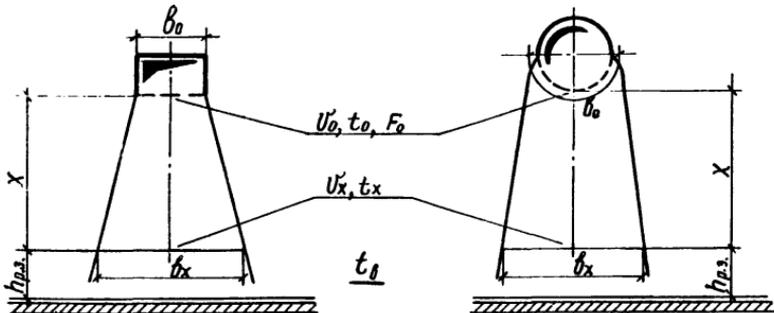
b_x - ширина потока на расстоянии X , м;

l_o - длина перфорированного участка, м;

$m; n$ - экспериментальные постоянные;

ξ_H - коэффициент местного сопротивления, отнесенный к скорости в сечении F_H ;

ΔP - потери давления в воздухораспределителе, кг/м².



Общие указания по расчету

Расчет составлен для вертикальной раздачи воздуха вниз при условии, что:

отношение длины к ширине перфорированного участка 4,7 и более;

расстояние от воздухораспределителя до расчетного сечения не более 10 b_0 ;

критерий Архимеда $Ar = \frac{g \cdot b_0 \Delta t_p}{V_0^2 T_0}$

не должен превышать значений, приведенных в табл. I.

Таблица I

К ж.с.	∴ 0,046	∴ 0,062	∴ 0,092
Ar /прямоугольный воздухораспределитель/	0,0076	0,0088	0,0107
Ar /круглый воздухораспределитель/	0,0038	0,0044	0,0054

Расчетные величины и формулы

I. Максимальная скорость

$$V_x = \frac{m V_0 \sqrt{b_0}}{\sqrt{X}} \quad (1)$$

Ширина перфорированного участка $b_0 = X \left(\frac{V_x}{m V_0} \right)^2$, (1')

где величина m принимается по табл. 2

Таблица 2

К ж.с.	0,046	0,062	0,092
<i>m</i> /прямоугольный воздухо- распределитель/	0,45	0,53	0,65
<i>m</i> /круглый воздухорас- пределитель/	0,21	0,24	0,29

Значение V_0 в случае нормируемого уровня шума принимается равным 5-6 м/сек.

2. Средняя скорость / по площади/

$$V_{cp} = 0,5 V_x. \quad (2)$$

3. Максимальная разность температур

$$\Delta t_x = \frac{n \Delta t_p \sqrt{B_0}}{\sqrt{X}}, \quad (3)$$

где

величина n принимается по табл. 3.

Таблица 3

К ж.с.	0,046	0,062	0,092
<i>n</i> /прямоугольный воздухо- распределитель/	0,40	0,48	0,58
<i>n</i> /круглый воздухораспре- делитель/	0,19	0,22	0,26

4. Средняя разность температур / по площади/

$$\Delta t_{cp} = 0,5 \Delta t_x \quad (4)$$

5. Ширина потока b_x на расстоянии X принимается по

Таблица 4

табл. 4

x/b_0	: 1	: 2	: 3	: 4	: 5	: 6	: 7	: 8	: 9	: 10
b_x/b_0 /прямоуголь- ный возду- хораспреде- литель/	1,4	1,7	2,1	2,4	2,8	3,1	3,5	3,8	4,2	4,5
b_x/b_0 /круглый воздухорас- предели- тель /	2,4	4,0	5,2	6,1	6,6	7,1	7,5	8,0	-	-

6. Коэффициент местного сопротивления $\zeta_{л}$, отнесенный к скорости воздуха в сечении F_H , принимается по табл. 5.

Таблица 5

F_k/F_H	F_0/F_H								
:	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	:
0,2	15	7,0	5,0	3,3	2,5	2,3	2,0	1,9	
0,4	13,8	6,2	4,0	3,0	2,3	1,9	1,8	1,7	
0,6	13	6,0	3,6	2,7	2,1	1,8	1,7	1,6	
0,8	12,5	5,9	3,5	2,5	2,0	1,7	1,6	1,5	
1,0	12	5,8	3,4	2,4	2,0	1,7	1,6	1,5	

7. Потери давления в воздухораспределителе

$$\Delta P = \zeta_H \frac{V_H^2 \gamma}{2g} . \quad (5)$$

II Расчет воздухоораспределителей по схемам приложений I и 2

В приложении I даны схема и основные размеры 12 номеров прямоугольных воздухоораспределителей с шириной перфорированного участка $\ell_0 = 0,6$ м.

Расчет ведется по следующим формулам:

8. Максимальная скорость

$$V_x = \frac{m V_0}{\sqrt{X}}, \quad (6)$$

где

величина m принимается по табл. 6.

Таблица 6

К ж.с.	: 0,046	: 0,062	: 0,092
m	: 0,35	: 0,41	: 0,50

9. Максимальная разность температур

$$\Delta t_x = \frac{n \cdot \Delta t_p}{\sqrt{X}}. \quad (7)$$

Здесь

величина n принимается по табл. 7.

Таблица 7

К ж.с.	: 0,046	: 0,062	: 0,092
n	: 0,32	: 0,37	: 0,45

10. Ширина потока b_x на расстоянии X принимается по табл. 8.

Таблица 8

$x, \text{ м}$: 1,0	: 1,5	: 2,0	: 2,5	: 3,0	: 3,5	: 4,0	: 4,5	: 5,0	: 6,0
$b_x, \text{ м}$: 0,9	: 1,1	: 1,3	: 1,5	: 1,7	: 1,9	: 2,0	: 2,2	: 2,4	: 2,7

II. Коэффициент местного сопротивления ξ_H , отнесенный к скорости воздуха в сечении F_H , принимается по табл. 9.

Таблица 9

К ж.с.	№ воздухоораспределителя											
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,046	3,5	2,4	2,2	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
0,062	3,0	2,2	2,0	2,0	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	-	-	-
0,092	2,4	2,0	2,0	2,0	1,8	1,8	-	-	-	-	-	-

В приложении 2 даны схема и основные размеры 12 номеров круглых воздухоораспределителей; в этом случае расчет ведется по формуле (6) и (7).

12. Величина M принимается по табл. 10.

Таблица 10

К ж.с.	№ воздухоораспределителя											
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,046	0,15	0,15	0,16	0,17	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19
0,062	0,17	0,18	0,19	0,19	0,20	0,21	0,21	0,21	0,22	-	-	-
0,092	0,21	0,23	0,24	0,25	0,25	0,26	-	-	-	-	-	-

13. Величина N принимается по табл. 11

Таблица 11

К ж.с.	№ воздухоораспределителя											
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,046	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17
0,062	0,15	0,16	0,17	0,17	0,18	0,19	0,19	0,19	0,20	-	-	-
0,092	0,19	0,21	0,22	0,22	0,23	0,23	-	-	-	-	-	-

14. Средняя ширина потока V_x на расстоянии X принимается по табл. 12.

Таблица 12

$x, \text{ м}$	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0
$V_x, \text{ м}$	2,1	2,8	3,3	3,8	4,2	4,5	4,7	4,9	5,1	5,5

15. Коэффициент местного сопротивления ζ_K принимается по табл. 13

Таблица 13

К ж.с.	№ воздухоораспределителя											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,046	5,1	2,4	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
0,062	3,8	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	-	-	-
0,092	2,3	1,9	1,7	1,6	1,6	1,6	-	-	-	-	-	-

Пример I

Раздать через прямоугольные воздухоораспределители / см. приложение I / $L = 10.000 \text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха.

Дано:

$$X = 4,0 \text{ м};$$

$$\Delta t_p = 5^{\circ};$$

$V_0 = 5,0 \text{ м/сек}$ /не более/ - из условия допустимого уровня шума в помещении;

$$V_{cp} = 0,5 \text{ м/сек}$$
 / не более /;

$$\Delta t_{cp} = 0,5^{\circ}$$
 / не более/;

$$t_B = 20^{\circ}.$$

Определить:

коэффициент живого сечения воздухоораспределителя;

№ воздухоораспределителя;

потери давления в воздухоораспределителе ΔP .

ширину воздушного потока при поступлении его в рабочую зону B_x .

Решение:

а/ Определяем из формулы (2) допускаемую максимальную скорость

$$V_x = \frac{V_{cp}}{q_s} = \frac{0,5}{0,5} = 1,0 \text{ м/сек.}$$

б/ Из формулы (6) предварительное значение коэффициента m

$$m = \frac{V_x \sqrt{X}}{V_0} = \frac{1,0 \sqrt{4,0}}{5,0} = 0,4.$$

По табл. 6 принимаем ближайшее меньшее значение $m = 0,35$ и соответствующий ему $K_{жс} = 0,046$.

в/ Максимальная разность температур Δt_x по формуле (7) при $K_{жс} = 0,046$ и $\pi = 0,32$ / см. табл. 7 /

$$\Delta t_x = \frac{\pi \cdot \Delta t_p}{\sqrt{X}} = \frac{0,32 \cdot 5,0}{\sqrt{4,0}} = 0,8^\circ,$$

что соответствует Δt_{cp} / см. формулу 4 /

$$\Delta t_{cp} = 0,5 \Delta t_x = 0,5 \times 0,8 = 0,4^\circ; \text{ полученное значение меньше заданного.}$$

г/ Значение критерия Архимеда согласно Табл. I

$$Az = \frac{g \cdot b_0 \Delta t_p}{V_0^2 T_B} = \frac{981 \cdot 0,6 \cdot 5}{5^2 (273 + 20)} = 0,004; \text{ полученное значение } Az \text{ меньше допускаемого } Az = 0,0076.$$

д/ Определяем суммарную площадь живого сечения перфорированных воздухораспределителей при заданном воздухообмене

$$F_o = \frac{L}{3600 V_o} = \frac{10.000}{3600 \times 5,0} = 0,55 \text{ м}^2,$$

При этих условиях могут быть использованы следующие воздухораспределители / см. приложение I /:

$$\text{один № 8 / } F_o = 0,61 \text{ м}^2 /,$$

$$\text{два № 4 / } F_o = 2 \times 0,30 \text{ м}^2 /,$$

$$\text{три № 3 / } F_o = 3 \times 0,23 \text{ м}^2 /,$$

$$\text{четыре № 2 / } F_o = 4 \times 0,15 \text{ м}^2 /,$$

$$\text{семь № 1 / } F_o = 7 \times 0,08 \text{ м}^2 /.$$

Выбор количества воздухораспределителей определяется местными условиями.

е/ Потери давления в воздухораспределителе ΔP определяются согласно данным п. 7 и II.

Если по местным условиям требуется установить два воздухораспределителя № 4 при $K_{жс} = 0,046$, коэффициент местного сопротивления ζ_n принимается по табл. 9 равным 2,0.

Площадь начального сечения воздухораспределителя принимается по приложению I равной 0,20 м².

Количество воздуха на один воздухораспределитель

$$L_n = \frac{10.000}{2} = 5000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Скорость в корне воздухораспределителя

$$V_n = \frac{L_n}{3600 F_n} = \frac{5000}{3600 \times 0,20} = 6,9 \text{ м/сек}.$$

Динамическое давление при $V_n = 6,9 \text{ м/сек}$

$$\frac{V_n^2}{2g} = 2,91 \text{ кг/м}^2.$$

Потери давления в воздухоораспределителе определяются по формуле (5)

$$\Delta P = \gamma_n \frac{V_n^2 Y}{2g} = 2,0 \times 2,91 = 5,82 \text{ кг/м}^2.$$

ж/ Ширина воздушного потока δ_x на границе рабочей зоны при $X = 4,0$ м принимается по табл. 8 равной $2,0$ м.

Пример 2.

Раздать через один прямоугольный воздухоораспределитель длиной не более $l_0 = 9,0$ м $L_n = 5000$ м³/ч воздуха.

Дано:

$$\begin{aligned} X &= 4,0 \text{ м,} \\ \Delta t_p &= 5,0^\circ, \\ t_B &= 20^\circ, \\ V_0 &= 5,0 \text{ м/сек / не более/,} \\ V_X &= 1,0 \text{ м/сек /не более/,} \\ \Delta t_X &= 1,0^\circ \text{ / не более/.} \end{aligned}$$

Определить:

ширину перфорированного участка b_0 ,
размеры воздухоораспределителя h_n и t_n ,
потери давления в воздухоораспределителе ΔP .

Решение:

а/ Определяем требуемую ширину перфорированного участка по формуле

$$b_0^{тр} = \frac{L_n}{3600 \cdot V_0 \cdot l_0 \text{ км.с.}}$$

Полученное значение $b_0^{тр}$ должно быть меньше или равно максимально возможной ширине, определяемой из формулы (1'),

где m принимается по табл. 2.

$$\text{При } K_{\text{жс}} = 0,046 \quad b_o^{\text{нр}} = \frac{5000}{3600 \times 5,0 \times 9,0 \times 0,046} = 0,67 \text{ м}$$

согласно Табл. I

$$A\alpha = \frac{9,81 \times 0,67 \times 5}{5^2 / 273 + 20} = 0,0045 < 0,0076 ,$$

$$b_o = 4,0 \left(\frac{1,0}{0,45 \times 5,0} \right)^2 = 0,79 > 0,67 .$$

$$\text{При } K_{\text{жс}} = 0,062 \quad b_o^{\text{нр}} = \frac{5000}{3600 \times 5,0 \times 9,0 \times 0,062} = 0,49 \text{ м}$$

согласно Табл. I

$$A\alpha = \frac{9,81 \times 0,49 \times 5}{5^2 / 273 + 20} = 0,0083 < 0,0088 ,$$

$$b_o = 4,0 / \frac{1,0}{0,53 \times 5,0} / ^2 = 0,57 > 0,49 .$$

$$\text{При } K_{\text{жс}} = 0,092 \quad b_o^{\text{нр}} = \frac{5000}{3600 \times 5,0 \times 9,0 \times 0,092} = 0,34 \text{ м}$$

согласно Табл. I

$$A\alpha = \frac{9,81 \times 0,34 \times 5}{5^2 / 273 + 20} = 0,0023 < 0,0107 ,$$

$$b_o = 4,0 / \frac{1,0}{0,65 \times 5,0} / ^2 = 0,38 > 0,34 .$$

Выбор ширины перфорированного участка предопределяется местными условиями.

б/ Определяем максимальную разность температур Δt_x по формуле (3)

$$\Delta t_x = \frac{n \cdot \Delta t_p \cdot \sqrt{b_o}}{\sqrt{X}} ,$$

где η принимается по табл. 3.

$$\text{При } K_{ж.с.} = 0,046 \quad \Delta t_x = \frac{0,40 \cdot 5,0 \sqrt{0,67}}{\sqrt{4,0}} = 0,8^\circ;$$

$$K_{ж.с.} = 0,062 \quad \Delta t_x = \frac{0,48 \cdot 5,0 \sqrt{0,49}}{\sqrt{4,0}} = 0,8^\circ;$$

$$K_{ж.с.} = 0,092 \quad \Delta t_x = \frac{0,58 \cdot 5,0 \sqrt{0,34}}{\sqrt{4,0}} = 0,8^\circ;$$

полученная величина меньше заданной.

г/ Определяем размеры h_n и h_k воздухораспределителя.

Если по местным условиям требуется установить воздухораспределитель с шириной перфорированного участка $b_0 = 0,49$ м при $K_{жс} = 0,062$, размеры воздухораспределителя определяются по формулам, приведенным в приложении I:

$$h_k = 0,165 b_0 = 0,165 \times 0,49 = 0,08 \text{ м,}$$

$$h_n = h_k + 0,0285 b_0 = 0,08 + 0,0285 \times 0,49 = 0,34 \text{ м.}$$

д/ Потери давления в воздухораспределителе ΔP определяются согласно данным п. 6 и 7.

Площадь живого сечения перфорированного участка F_0 определяется по формуле

$$F_0 = b_0 \ell_0 K_{ж.с.} = 0,49 \times 9,0 \times 0,062 = 0,27 \text{ м}^2;$$

площадь начального сечения воздухораспределителя

$$F_n = b_0 h_n = 0,49 \times 0,34 = 0,17 \text{ м}^2;$$

площадь конечного сечения воздухораспределителя

$$F_k = b_0 h_k = 0,49 \times 0,08 = 0,04 \text{ м}^2.$$

Коэффициент местного сопротивления ζ_H
при $\frac{F_0}{F_H} = \frac{0,27}{0,17} = 1,6$ и $\frac{F_K}{F_H} = \frac{0,04}{0,17} = 0,24$ прини-

мается по табл. 5 равным 1,96.

Скорость в корне воздухораспределителя

$$V_H = \frac{L_H}{3600 F_H} = \frac{5000}{3600 \times 0,17} = 8,2 \text{ м/сек.}$$

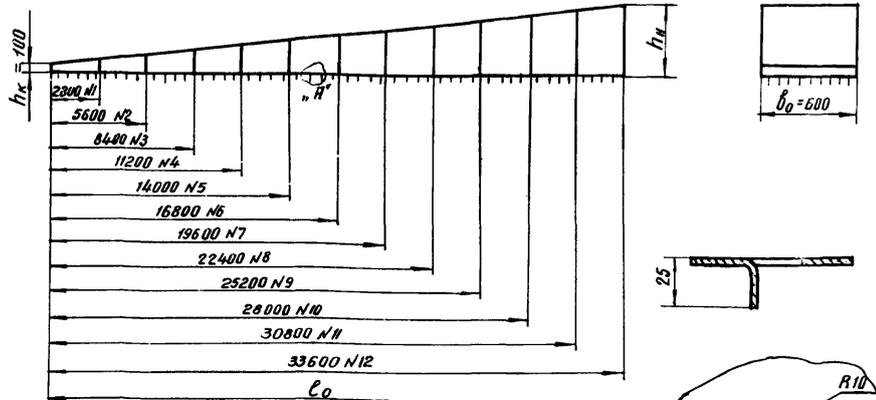
Динамическое давление при $V_H = 8,2$ м/сек

$$\frac{V_H^2 \gamma}{2g} = 4,11 \text{ кг/м}^2.$$

Потери давления в воздухораспределителе ΔP определяются по формуле (5)

$$\Delta P = \zeta_H \frac{V_H^2 \gamma}{2g} = 1,96 \times 4,11 = 8,1 \text{ кг/м}^2.$$

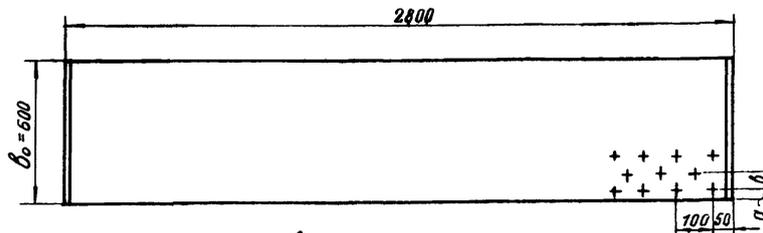
Прямоугольные перфорированные воздухораспределители.



Узел „А“

Параметры воздухо- распре- дителя	№ воздухораспределителя												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
h, мм	Кж.с. 0,046	160	220	280	340	400	460	520	580	640	700	760	820
	Кж.с. 0,062	180	260	340	420	500	580	660	740	820	—	—	—
	Кж.с. 0,092	220	340	460	580	700	820	—	—	—	—	—	—
F_0, м²	Кж.с. 0,046	0,08	0,15	0,23	0,30	0,38	0,46	0,54	0,61	0,70	0,77	0,86	0,92
	Кж.с. 0,062	0,10	0,20	0,30	0,41	0,52	0,61	0,72	0,81	0,92	—	—	—
	Кж.с. 0,092	0,15	0,30	0,41	0,61	0,77	0,92	—	—	—	—	—	—
F_n, м²	Кж.с. 0,046	0,10	0,13	0,17	0,20	0,24	0,27	0,31	0,35	0,38	0,42	0,46	0,49
	Кж.с. 0,062	0,11	0,16	0,20	0,25	0,30	0,35	0,39	0,44	0,49	—	—	—
	Кж.с. 0,092	0,13	0,20	0,27	0,35	0,42	0,49	—	—	—	—	—	—

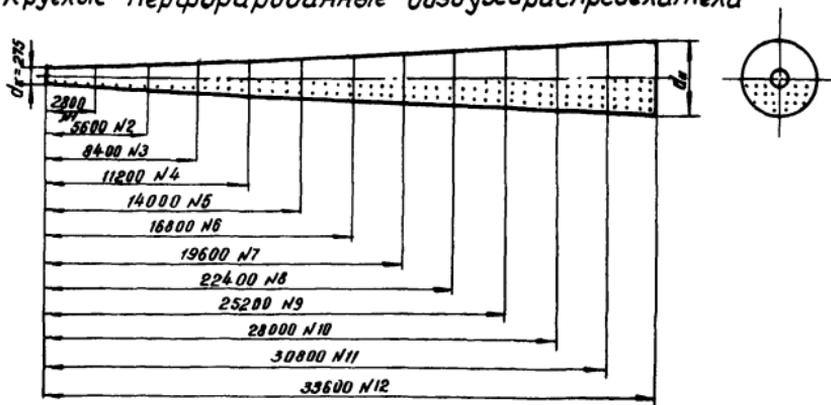
$h_k = 0,165 \phi_0,$
 $h_n = h_k + 0,0215 L_0$ при Кж.с. = 0,046,
 $h_n = h_k + 0,0285 L_0$ при Кж.с. = 0,062,
 $h_n = h_k + 0,043 L_0$ при Кж.с. = 0,092.



Секция воздухораспределителя
(вид снизу)

Число рядов отверстий	Кж.с.	d мм	b мм
6	0,046	50	100
8	0,062	35	70
12	0,092	25	50

Крупные перфорированные воздухо-распределители



Параметры воздухо-распределителя		№ воздухо-распределителя											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$D_n, \text{мм}$	Кж.с. 0,046	350	410	465	510	555	595	630	670	700	735	760	785
	Кж.с. 0,062	370	445	510	565	620	665	710	755	785	—	—	—
	Кж.с. 0,092	410	510	595	670	735	785	—	—	—	—	—	—
$F_0, \text{м}^2$	Кж.с. 0,046	0,06	0,14	0,23	0,32	0,42	0,53	0,64	0,77	0,89	1,02	1,15	1,29
	Кж.с. 0,062	0,09	0,19	0,32	0,46	0,61	0,77	0,94	1,13	1,29	—	—	—
	Кж.с. 0,092	0,14	0,32	0,53	0,77	1,02	1,29	—	—	—	—	—	—
	Кж.с. 0,146	0,10	0,13	0,17	0,20	0,24	0,28	0,31	0,35	0,39	0,42	0,45	0,50
$F_n, \text{м}^2$	Кж.с. 0,062	0,11	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	—	—	—
	Кж.с. 0,092	0,13	0,20	0,28	0,35	0,42	0,50	—	—	—	—	—	—
	Кж.с. 0,146	0,10	0,13	0,17	0,20	0,24	0,28	0,31	0,35	0,39	0,42	0,45	0,50

т-08070 от 27/У-1966г. Заказ 463 Тираж 4000

Печатно-множительная лаборатория института Гипротис
Москва В-465, Новые Черемушки, квартал 28, корпус 3