МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
ГЛАВСЕЛЬСТРОЙПРОЕКТ
ГИПРОНИСЕЛЬХОЗ

РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВЫБОРУ И РАСЧЕТУ СИСТЕМ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ЗДАНИЙ

УТВЕРЖДЕНЫ
ГЛАВСЕЛЬСТРОЙПРОЕКТОМ МСХ СССР
26 августа 1982 г.

gost.e-ecolog.ru

МОСКВА 1983

Рекомендации разработаны институтами: Гипронисельпром (Кузенков Б.А., Антонов П.П.), ВНИИОТ (Гримитлин М.И., Позин Г.М.), ГПИ Проектпромвентиляция (Баландина Л.Л., Кример Л.С.), ЦНИИЭП инженерного оборудования (Тарнополький М.Д.), ГПИ Сантехпроект (Моор Л.Ф.), НИПТИМЭСХ НЗ(Скуратов В.Б., Максимов Н.В.)

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

ВР	– воздухораспределительное устройство.
Р.З.	– рабочая зона.
G,L	– расчетный воздухообмен, кг/ч, м³/ч.
G_o, L	– количество приточного воздуха, подаваемого одним ВР, кг/ч, м³/ч.
$G^{уд}_{р.з.}$	– количество удаляемого воздуха из рабочей зоны, кг/ч.
$\bar{G}^{уд}_{р.з.}$	– доля удаляемого воздуха из рабочей зоны по отношению к расчетному воздухообмену, %.
W	– избыточное влаговыделение в помещении, г/ч [7,8].
$\Delta d = d_{р.з.} - d_o$	– избыточное влагосодержание воздуха помещения, г/кг.
K	– поправочный множитель в формуле для определения расчетного воздухообмена.
$i_{р.з.}$	– энтальпия воздуха рабочей зоны, ккал/кг.
i_o	– энтальпия приточного воздуха, ккал/кг.
$i_н$	– энтальпия наружного воздуха, ккал/кг.
$Q_{изб}$	– избыточное тепло помещения группы I, ккал/ч.
$Q_н$	– недостаток тепла помещения группы II, ккал/ч.
K_d	– коэффициент воздухообмена по влаге.
θ	– доля приточного воздуха, поступающего в рабочую зону.
t_o	– температура приточного воздуха на выходе из ВР, °С.
$t_{р.з}$	– нормируемая температура воздуха в рабочей зоне помещения, °С.
t_x	– максимальная (при подаче нагретого) или минимальная (при подаче холодного) температура воздуха на оси струи в месте ее пересечения с верхней границей рабочей зоны, °С.
$t_{max\ обр.}$	– максимальная (при подаче нагретого) или минимальная (при подаче холодного) температура воздуха в обратном потоке, °С.
$\Delta t_o = t_o - t_{р.з.}$	– избыточная температура приточного воздуха, °С.
$\Delta t_x = t_x - t_{р.з}$	– избыточная температура воздуха в расчетном сечении приточной струи (на расстоянии X от ВР), °С.

$\Delta t_{норм}$ – нормируемое отклонение максимальной (при подаче нагретого) или минимальной (при подаче холодного) температуры воздуха в рабочей зоне помещения от нормируемой температуры воздуха в рабочей зоне, ^{0}C.

V_0 – начальная скорость движения воздуха, отнесенная к расчетной площади подводящего патрубка ВР, м/с.

$V_{доп}$ – допустимое значение скорости воздуха в рабочей зоне.

$V_{отв}$ – средняя скорость воздуха в отверстиях воздуховода типа ВПК, м/с.

V_x – максимальная скорость движения воздуха на оси струи в месте ее пересечения с верхней границей рабочей зоны, ^{0}C.

$V_{обр}^{max}$ – максимальная скорость движения воздуха в обратном потоке, м/с.

$V_{норм}$ – нормируемая скорость движения воздуха в рабочей зоне помещения, м/с.

H – геометрическая характеристика струи, м.

$X_в$ – расстояние по горизонтали от ВР до высшей или низшей точки оси неизотермической компактной струи, истекающей вверх (холодной) или вниз (нагретой): принимается равной для холодной струи h_z, нагретой – $h_н$, м.

x – расстояние по горизонтали от ВР до места пересечения оси компактной струи с верхней границей рабочей зоны; для веерной конической и плоской струи – расстояние по оси струи от ВР до места ее пересечения с верхней границей рабочей зоны, м.

m – скоростной коэффициент ВР.

n – температурный коэффициент ВР.

$K_н$ – коэффициент неизотермичности.

K_c – коэффициент стеснения.

α – угол выпуска из ВР приточной струи, отсчитываемся от горизонтали и принимается со знаком плюс (или угол наклона воздухонаправляющих плоскостей ВР), ^{0}.

β – угол входа струи в рабочую зону, ^{0}.

d_0 – диаметр воздухоподводящего патрубка ВР, м.

F_0 – площадь воздухоподводящего патрубка ВР, $м^2$.

b – расстояние между отклоняющим экраном ВР типа ВЭР до выпускного отверстия воздухораспределяющего патрубка, м.

$d_{ср}$ – средний диаметр воздуховода типа ВПК.

$b_{стр}$ – ширина плоской струи (ВР типа ВПК) в месте ее входа в рабочую зону, м.

ζ – коэффициент местного сопротивления ВР, отнесенный к V_0.

$h_{вр}$ – высота расположения ВР над уровнем пола (условное значение $h_{вр}$ соответствует ординате вершины оси осесимметричной струи), м.

h_1 – расстояние от ВР до верхней границы рабочей зоны, м.

h_2 – ордината вершины оси осесимметричной струи, м.

$h_{р.з.}$ – высота рабочей зоны.

$H_{пом}$ – высота помещения в средней части ската перекрытия, м.

$F_{пом}$ – размер площади поперечного сечения помещения, приходящейся на один ВР в вертикальной плоскости, м^2.

$F_{стр}$ – площадь струи в месте внедрения в рабочей зоне, м^2.

$F_{р.з.}$ – размер площади рабочей зоны, приходящейся на один ВР, м^2.

l_0 – расстояние между ВР, установленными в ряд, м.

l – длина помещения, обслуживаемая одной струей (ВР типа РР) рабочей зоны (половина ширины помещения), м.

N – количество воздухораспределителей, шт.

I. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

I. Настоящие рекомендации предназначены для выбора воздухораспределительных устройств (ВР), мест забора вытяжного воздуха и расчета воздухообмена при проектировании систем вентиляции, воздушного отопления и кондиционирования воздуха в животноводческих помещениях основного производственного назначения. Рекомендации, при необходимости, могут быть частично или полностью использованы для других помещений (птицеводческих, звероводческих) с учетом их специфики.

Методика выбора и расчета ВР основана на определении максимальных параметров воздуха в приточных струях в месте пересечения оси струи с верхней границей рабочей зоны[I].

I.2. Рекомендации не распространяются на вспомогательные, административные и бытовые помещения. При проектировании и расчете систем воздухораспределения в этих помещениях следует руководствоваться действующими нормами [I-4].

I.3. Рекомендации разработаны в дополнение и развитие действующих рекомендаций [2, 4-6].

2. ВЫБОР СХЕМ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ И РАСЧЕТ ВОЗДУХООБМЕНА

2.I. Выбор и расчет схемы воздухообмена сводится к выбору мест расположения и типоразмера ВР и вытяжных отверстий. Расчет воздухообмена осуществляется с учетом принятых решений по подаче и удалению воздуха.

2.2. По величине тепловых нагрузок животноводческие помещения разделяют на две группы.

К группе I следует относить помещения, в которых в холодный период года имеет место избыток тепла. Подача приточного воздуха для ассимиляции осуществляется с температурой, меньшей температуры воздуха в рабочей зоне ($t_o < t_р$). К группе I относятся помещения для содержания взрослого поголовья животных.

[I] Методика расчета систем естественной вентиляции приведена в рекомендациях [7].

К группе II следует относить помещения, в которых в холодный период года имеет место недостаток тепла и подача приточного воздуха с целью воздушного отопления осуществляются с температурой большей температуры воздуха рабочей зоны ($t_o > t_{р.з.}$). К группе II относятся помещения для содержания молодняка животных[1].

2.3. С целью обеспечения нормируемых параметров в рабочей зоне помещения при минимальном расходе тепла и воздуха подача приточного воздуха должна осуществляться

в холодный период года:

в помещениях группы I: в верхнюю зону (рис.Iб,в,е); в направлении рабочей зоны (рис.Iд);

в помещениях группы II: в направлении рабочей зоны (рис. Iа,г);

в переходный период года: в зависимости от соотношения $t_{пр}$ и $t_{р.з.}$ подача приточного воздуха осуществляется так, как указано выше для помещений I и II групп;

в теплый период года: в помещениях группы I и II - в направлении рабочей зоны (рис.Iг).

Рекомендуемые воздухораспределители представлены в табл.I.

2.4. Место расположения вытяжных отверстий систем вытяжной вентиляции следует выбирать исходя из конструктивных особенностей. Вытяжные вентиляционные отверстия наиболее целесообразно размещать в области подпитки струйных течений и в забойных зонах (вне области распространения струй).

2.5. Экономичность принятой приточно-вытяжной системы вентиляции следует обосновывать сопоставлением вариантов проектных решений по приведенным затратам [I2].

2.6. За расчетную вредность для определения воздухообмена в помещениях группы I и II следует принимать влагу.

2.7. Количество приточного воздуха, необходимого для удаления избытков влаги W [7,8], зависит от коэффициента возду-

---

[1] Для тех случаев, когда в конце холодного периода или в результате увеличения теплопоступления от животных в процессе их роста соотношение $t_{пр} > t_{р.з.}$ меняется на обратное (т.е. помещение из группы II переходит в группу I), следует проводить проверочный расчет угла выпуска приточного воздуха.

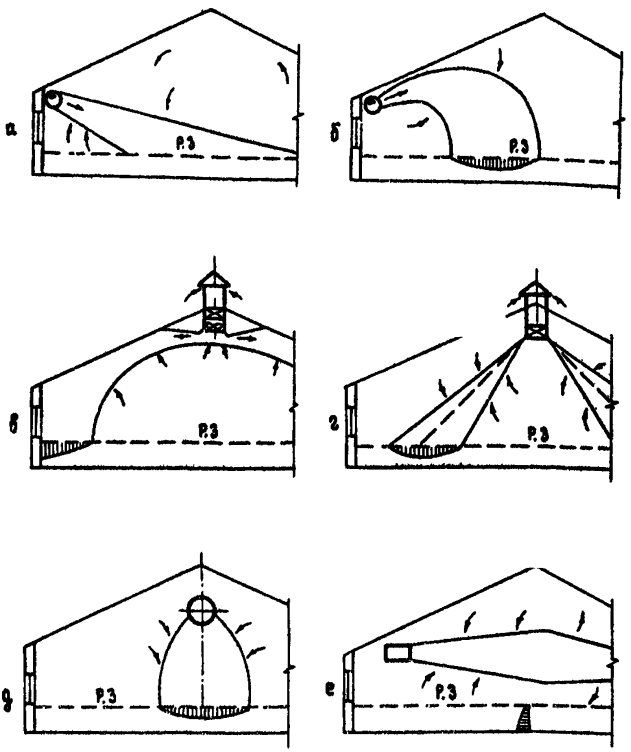


Рис.I. Основные схемы организации воздухообмена в животноводческих помещениях приточными вентиляционными струями:
а- наклонными вниз осесимметричными струями (рожотки РР);
б- тоже, наклонными вверх;
в- настилающимися на ограждения веерными струями(ВДУМ, ВЭР);
г-коническими струями (ВДУМ; ВЗР; ВК; ПВУ);
д- плоскими струями, направленными вертикально вниз (полиэтиленовые или металлические перфорированные воздуховоды);
е- сосредоточенно ненастилающимися осесимметричными струями вдоль или поперек помещения (рожотки РР, патрубки ПП)

хообмена по влаге K_d [1] и доли удаляемого воздуха из рабочей зоны $G_{рз}^{\%}$ и определяется по формуле [13]:

$$G \cdot K \frac{W}{\Delta d}, \qquad (1)$$

где

$$K = \frac{1}{K_d (1 - G_{рз}^{\%}) + G_{рз}^{\%}}. \qquad (2)$$

Значение К приведено в табл.5.

2.8. Расчет воздухообмена следует проводить во взаимосвязи с расчетом воздухораспределения и теплофизическим расчетом ограждающих конструкций [8,9,12].

2.9. Расход тепла, необходимый для подогрева наружного воздуха до расчетной температуры приточного воздуха, следует определять для помещений группы I по формуле:

$$Q_1 = \frac{(t_в - t_н)G - Q_{изб}}{K_d}; \qquad (3)$$

помещений группы II по формуле:

$$Q_2 = \frac{(t_в - t_н)G + Q_н}{K_d}. \qquad (4)$$

3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

3.1. Нормативные параметры воздуха следует обеспечивать в рабочей зоне (зоне размещения животных): в пространстве над уровнем пола или площадки до верхней границы рабочей зоны $h_{рз}$ [5,6].

Величина $h_{рз}$ равна для помещений:

крупного рогатого скота

- взрослых животных – $h_{рз} = 1{,}5$ м,
- молодняка – $h_{рз} = 0{,}5$ м;

свиней

- взрослых животных – $h_{рз} = 1$ м,
- молодняка – $h_{рз} = 0{,}3$ м.

---

[1] Значение K_d приведено в настоящих "Рекомендациях" (см. рис.8).

Таблица I

Рекомендуемые воздухораспределители и тип прямоточных струй[I]

Группа помещения	Рекомендуемые ВР	Аналогичные воздухораспределители по характеристике и расчету
	Холодный период	
I	Решетки РР - осесимметричные струи (рис.I6)	-
	ВЭР - настилающиеся на ограждения веерные струи (рис.Iв)	ВДУМ
	ВПК, полиэтиленовые воздуховоды - плоские струи (рис.Iд)	-
	Решетки РР - сосредоточенные осесимметричные струи (рис.Iа)	-
II	Решетки РР - осесимметричные струи (рис.Iа)	-
	ВЭР, НК - конические струи (рис.Iг)	ВДУМ, ПБУ
	Теплый период	
I, II	ВЭР - конические струи (рис.Iг)	ВДУМ
	Установки "Климат" - осесимметричные струи	

[I] Наиболее высокие технико-экономические показатели имеют децентрализованные приточные установки с ВР типа ВЭР, используемые при наличии электроэнергии, расходуемой на нужды вентиляции - подогрев воздуха круглогодично, остальные централизованные системы вентиляции предполагают наличие дополнительной системы вентиляции, используемой только в теплый период года. Эти системы имеют идентичные технико-экономические показатели.

Все ВР (кроме решеток типа ВР) изготавливаются до организации серийного производства собственными силами заказчика по указанным в приложении П чертежам. Решетки типа РР изготавливаются трестом "Сантехдеталь" по чертежам типовой серии № I.494-8.

3.2. Расчетные параметры воздушной среды в животноводческих помещениях следует принимать по [5,6]. Отклонение от расчетных температур (то есть избыточная температура Δt_x в расчетном сечении струи) допускается в помещениях для содержания:

свиней $\Delta t_{норм} \leq \mp 2°C$,

крупного рогатого скота $\Delta t_{норм} \leq \mp 3°C$.

Нормируемые скорости движения V норм в помещениях для содержания крупного рогатого скота и свиней приведены в табл.2 [5,6].

Таблица 2

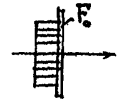
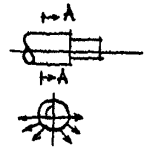
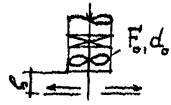
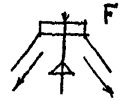
№ п/п	Наименование помещений	V норм, м/с	
		расчетная в холодный и переходный периоды года	допустимая в теплый период года
I.	Коровники для беспривязного и привязного содержания животных; здания для молодняка и здания для скота на откорме	0,5	I
2.	Родильное отделение с профилакторием, телятник, доильное отделение, манеж, пункт искусственного осеменения	0,I5	0,5
3.	Свинарники-помещения для холостых и супоросных маток (кроме указанных в п.6 табл.2) и хряков	0,3	I
4.	То же, для ремонтного молодняка и поросят-отъемышей	0,2	0,6
5.	Свинарник-откормочник - помещение для содержания свиней	0,3	I
6.	Свинарник-маточник - помещение для тяжелосупоросных (за 7-I0 дней до опороса) маток и подсосных маток с приплодом	0,I5	0,4

3.3. Характеристики рекомендуемых воздухораспределителей приведены в табл.3.

Таблица 3

Технические характеристики

рекомендуемых воздухораспределителей

№ п/п	Наименование НР	Эскиз	Обозначение	Размер, мм	V_0 м/с
I	2	3	4	5	6
	I. Подача воздуха компактными струями				
I	Решетка воздухоприточная регулируемая		РР1 РР2 РР3 РР4 РР5	100х200 100х400 200х200 200х400 200х600	2-5
	II. Подача воздуха плоскими струями				
2	Воздухораспределитель перфорированный круглый металлический		ВПК1 ВКП2	620 1100	4-12
	III. Подача воздуха веерными - коническими струями				
3	Воздухораспределитель эжекционный регулируемый		ВЭР	710 (с вентилятором ОВ) 500 (с вентилятором ВОБ)	2-6
4	Воздухораспределитель конический		ВК	250 320 400	5-15

Продолжение табл.3

№ п/п	Наименование ВР	L_0, м³/ч	F_0, м²	$\alpha°$	$\frac{b}{d_0}$	m	n	$\Sigma\zeta$
I	2	7	8	9	I0	II	I2	I3
	I. Подача воздуха компактными струями							
I	Решетка воздухоприточная регулируемая	II5-290 230-580 230-580 400-I050 690-I730	0,0I6 0,032 0,032 0,064 0,096	35	-	4,5	3,2	3,2
	II. Подача воздуха плоскими струями							
2	Воздухораспределитель перфорированный круглый металлический	7200-2I600 22000-66000	0,5 I,53	90	-	0,5	I,0	I,5 I,8
	III. Подача воздуха веерными коническими струями							
3	Воздухораспределитель эжекционный регулируемый	2000-6000 2000-6000	0,4 0,2	0 20	0,2 0,5	I,I 0,85	I	См. рис. I4
4	Воздухораспределитель конический	882-2646 I492-4477 2268-6804	0,049 0,0829 0,I26	30	-	I,I2	0,85	I,77

4. ПОРЯДОК РАСЧЕТА ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

4.I. Расчет воздухораспределения следует проводить в следующей последовательности:

I) по результатам расчета тепловоздушного баланса определить группу рассматриваемого животноводческого помещения;

2) в зависимости от группы помещения и периода года задать направление подачи воздуха и тип воздухораспределителя;

3) в соответствии с методикой расчета струи определить значение X;

4) определить по формуле (I) количество приточного воздуха G при $K_d = 1$ $(K = 1)$ и $G_{рз} = 0$;

5) определить V_x и Δt_x и полученные значения сравнить с нормативными значениями $V_{доп}$ и Δt норм:

$$V_x \leq 2V_{норм}; \qquad (5)$$

$$\Delta t_x \leq 2\Delta t_{норм}. \qquad (6)$$

При несоблюдении неравенств (5) и (6) расчет повторить;

6) определить место расположения вытяжных отверстий и значение $G_{рз}$.

7) определить в соответствии с принятой системой приточно-вытяжной вентиляции K_d и K;

8) уточнить с учетом K_d по п.4.7 значения G и Q_I (или Q_{II});

9) повторить расчет по пп. 4.5–4.7.

4.2. При рассмотрении конкретной приточно-вытяжной вентиляции проводят их сопоставление по приведенным затратам [I2].

5. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗДУХА НАКЛОННЫМИ КОМПАКТНЫМИ СТРУЯМИ (РЕШЕТКИ ТИПА РР)

5.I. Максимальные параметры воздуха в расчетном сечении струи на расстоянии X от РР определяются по формулам максимальные скорости:

$$V_x = \frac{m V_0 \sqrt{F_0}}{x} K_c \cdot K_н, \ м/с; \qquad (7)$$

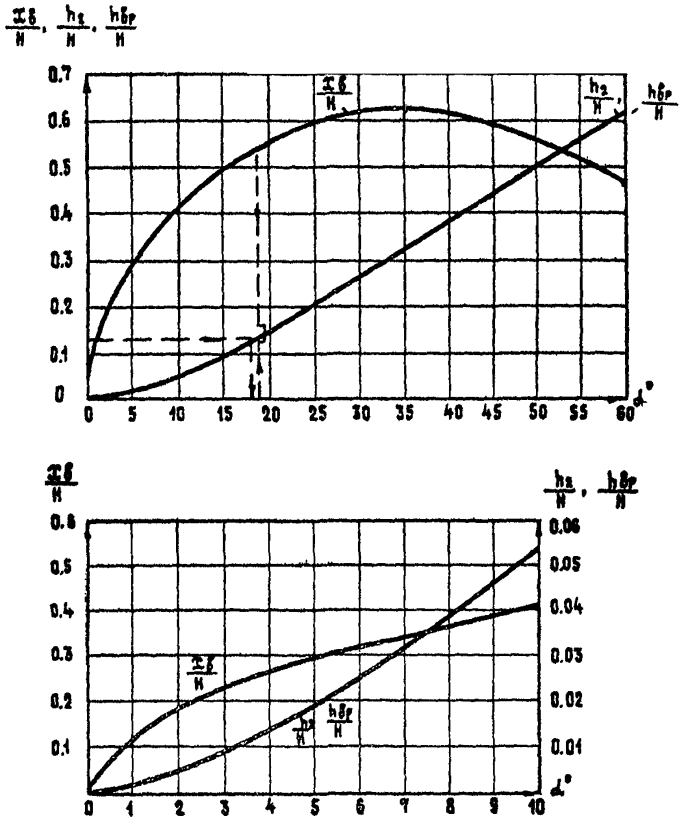


Рис.2. График зависимости относительного расстояния от места выпуска холодной (подогретой) струи вверх (вниз) до высшей (низшей) точки оси компактной струи по горизонтали Хв/Н и по вертикали h_2/H ($h_{вр}/H$) от угла выпуска приточной струи α : а) $\alpha \leq 60^{\circ}$; б) $\alpha \leq 10^{\circ}$

избыточные температуры:

$$\Delta t_x = \frac{n \Delta t_0 \sqrt{F_0}}{x} \cdot \frac{1}{K_a K_u}, \ ^\circ C \qquad (8)$$

5.2. Геометрическая характеристика струи H определяет целиком начальные условия истечения струи:

$$H = 5{,}45 \frac{m V_0 \sqrt{F_0}}{\sqrt{n \Delta t_0}}, \ м \qquad (9)$$

Помещения группы I ($t_0 < t_{р.з.}$)

5.3. По расчетному воздухообмену G для холодного периода года и количества N ВР определяют количество приточного воздуха, подаваемого одним ВР[1]:

$$G = \frac{G_0}{N} \text{ или } L = \frac{L_0}{N}. \qquad (10)$$

По табл.3 выбирается типоразмер ВР значения m, n, V_0.

5.4. По конструктивным соображениям выбирается высота установки ВР ($h_{вр} < 0{,}8 H_{пом.}$).

5.5. По значению $\frac{h_2}{H}$ по графику (рис.2а,б) определяется максимальный угол выпуска приточной струи (при этом $h_2 = H_{пом} - h_{вр}$).

5.6. По значению максимального угла выпуска приточной струи (см.рис.1а,б) определяют значение $\frac{x_b}{H}$ и χ_b

5.7. Определяем по графику рис.3 значение X в зависимости от характеристики уровня расположения ВР $\frac{h_1}{h_2}$.

5.8. Найденное значение X должно отвечать условию

$$\chi \leq 1{,}5 m \sqrt{F_{пом}}.$$

При нарушении этого условия следует принять меньший угол выпуска струи α (или $h_{вр}$) и повторить расчет по п.5.4–5.8 (окончательное значение α, подтвержденное п.5.10, заносится в пояснительную записку проекта)[2].

5.9. Поправочные коэффициенты в формулах (7) и (8) определяются:

---

[1] Количество N решеток типа РР выбирается таким, чтобы между поперечными осями здания по одну сторону продольной оси проходил один ВР.

[2] Окончательному (но не максимальному) значению α соответствует значение $h_2 < H_{пом} - h_{вр}$, определяемое по рис.2а, $\frac{h_2}{H}$. Это новое значение h_2 следует также учитывать при определении значения h_1/h_2 при переходе от рис.3 к рис.4.

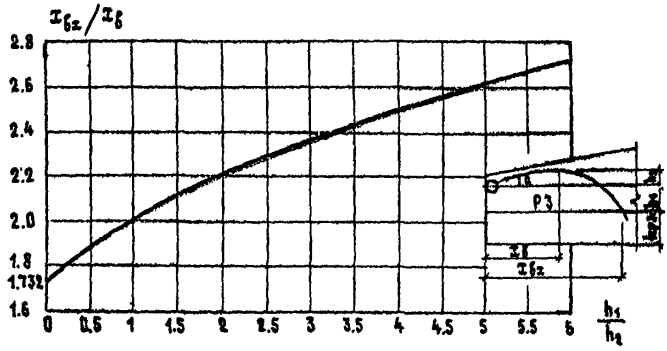


Рис.3. График зависимости относительного расстояния от ВР до места пересечения осью компактной струи верха рабочей зоны $X_{вх}/X_в$ от характеристики уровня расположения ВР h_1/h_2 при выпуске холодной компактной струи под углом α вверх

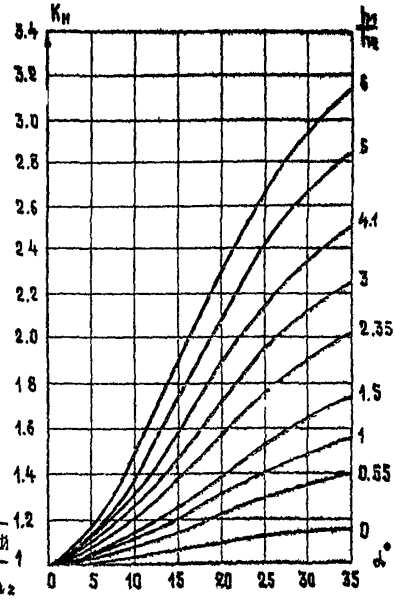


Рис.4. График зависимости коэффициента неизотермичности $K_н$ компактной холодной струи от угла выпуска приточной компактной струи α вверх и характеристики уровня расположения ВР h_1/h_2

коэффициент стеснения K_c следует принимать по табл. 4[1].

Таблица 4

Значение коэффициента стеснения K_c

$\frac{F_o}{F_{пом}}$	$\frac{\chi}{m\sqrt{F_{пом}}}$		
	0,1	0,2	0,3
менее 0,003	коэффициент стеснения		
	I	I	I
0,003	I	I	0,9
0,005	I	0,9	0,8
0,01	I	0,9	0,7

коэффициент неизотермичности $K_н$ определяют по графикам (рис.4) в зависимости от угла выпуска струи α и характеристики уровня расположения ВР $\frac{h_1}{h_2}$. В формулу (8) подставляется значение $K_н$, определенное по рис.5, при $\frac{h_1}{h_2}=0$.

5.10. Для определения максимальных параметров воздуха на оси струи в месте ее внедрения в рабочую зону в холодный период года полученные расчетные данные по предыдущим пунктам подставляют в формулы (7), (8) и сравнивают с допустимыми значениями скоростей и избыточных температур в рабочей зоне по неравенствам (5), (6).

При несоблюдении неравенств расчет повторяется с иными значениями α или $h_{ар}$ или H до тех пор, пока неравенства (5) и (6) не будут соблюдены.

5.11. Поправочный множитель K в формуле (I) для расчета воздухообмена определяется в следующей последовательности:

определяем долю расхода приточного воздуха Θ, поступающего в рабочую зону по номограмме (рис.7), в зависимости от расчетного угла выпуска приточной компактной струи, характеристики уровня расположения ВР $\frac{h_1}{h_2}$ и значения $\frac{a}{h_1}$ [6].

[1] В формуле (8) при $K_o < 0,85$ следует принимать $K_o = 0,85$

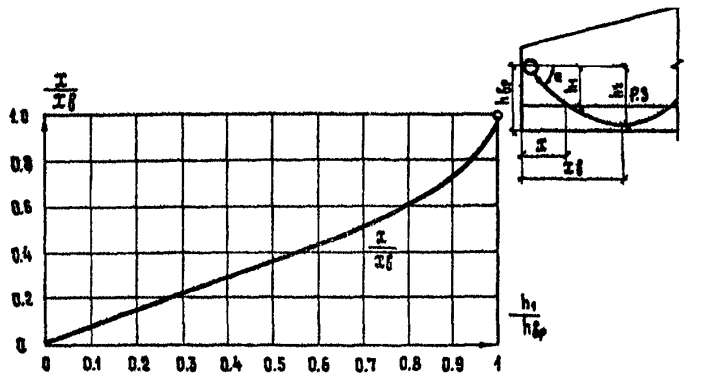


Рис.5. График зависимости относительного расстояния от ВР до места пересечения осью струи верхней границы рабочей зоны при входе в нее X/Xв от уровня расположения ВР $h_н/h_{вр}$ при выпуске подогретой компактной струи под углом α вниз

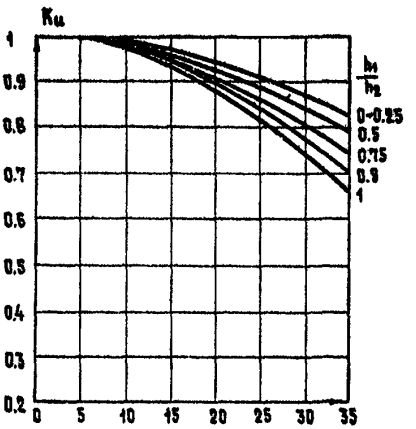


Рис.6. График зависимости коэффициента неизотермичности компактной подогретой струи Кн от угла выпуска приточной компактной струи α вниз и уровня расположения ВР $h_н/h_{вр}$.

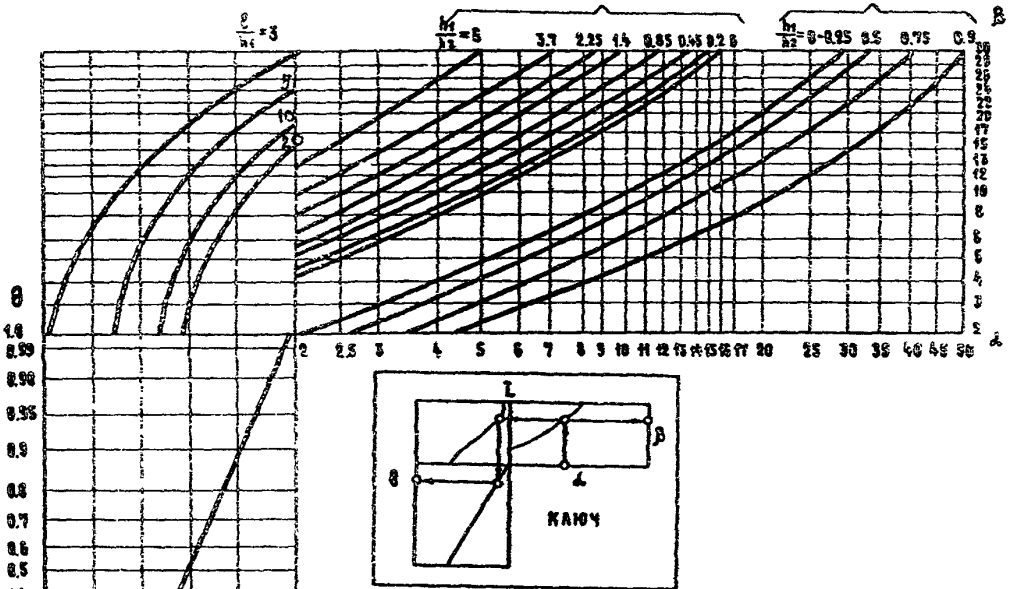


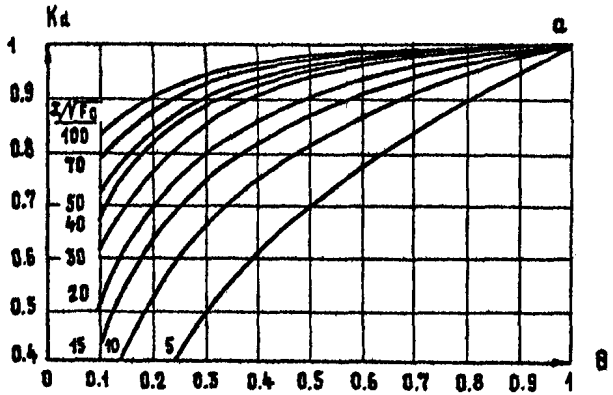
Рис.7. Номограмма для определения доли расхода приточного воздуха, поступающего в рабочую зону θ, в зависимости от угла выпуска приточной холодной или подогретой компактной струи α и угла входа струи в рабочую зону β.
Пример: I: $\alpha_0=8^0$, $h_1/h_2=1{,}4$,
Ответ: $\beta=26^0$, $\theta=1$
Пример: 2: $\alpha_0=25^0$, $h_1/h_2=0{,}5$
Ответ: $\beta=23^0$, $\theta=0.95$

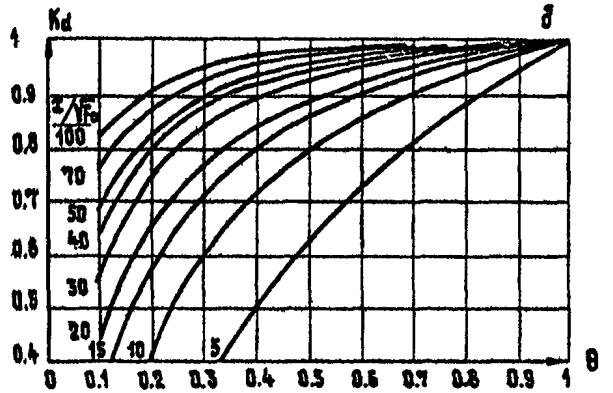
Таблица 5

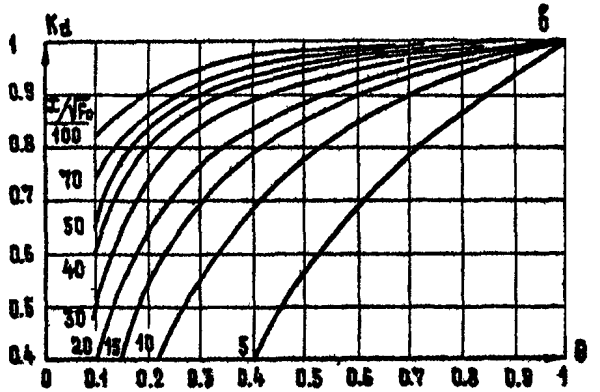
Значения поправочного множителя K в формуле (I) для определения расхода приточного воздуха в зависимости от доли расхода вытяжного воздуха $\bar{G}^{уд}_{р.з.}$, удаляемого из рабочей зоны, и коэффициента воздухообмена по влаге K_d

	Доля расхода вытяжного воздуха из рабочей зоны, $\bar{G}^{уд}_{р.з.}$										
	0	0,I	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	I
K_d	Поправочный множитель K										
0,7	I,43	I,37	I,3I6	I,I92	I,22	I,I76	I,I36	I,I	I,064	I,03I	I
0,75	I,34	I,29	I,25	I,2I2	I,I76	I,I98	I,I4I	I,082	I,053	I,0I8	I
0,8	I,25	I,22	I,I9	I,I63	I,I36	I,III	I,087	I,064	I,042	I,02I	I
0,85	I,I8	I,I56	I,I36	I,II7	I,099	I,08	I,064	I,047	I,03I	I,0I5	I
0,9	I,II	I,I	I,067	I,075	I,064	I,059	I,042	I,03I	I,02	I,0I	I
0,95	I,05	I,047	I,042	I,036	I,03I	I,026	I,02	I,0I5	I,0I	I,005	I
I,0	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

Примечание. Предпочтительные значения K соответствуют $K_d \geq 0,8$, при $K_d \leq 0,8$ расчет следует повторить.


Kd
а
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
Σ/Fo
100
70
50
40
30
20
15
10
5
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
θ


Kd
б
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
Σ/Fo
100
70
50
40
30
20
15
10
5
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
θ


Kd
в
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
Σ/Fo
100
70
50
40
30
20
15
10
5
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
θ

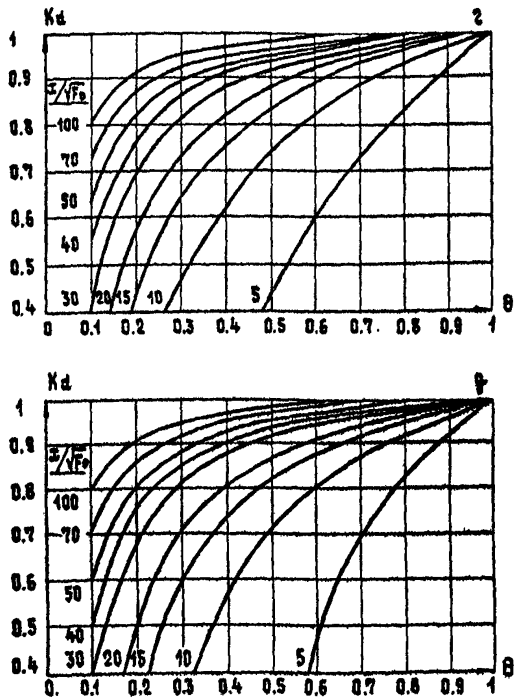


Рис.8. График зависимости коэффициента воздухообмена по влаге K_d от доли расхода приточного воздуха θ, поступающего в рабочую зону, и относительного расположения от ВР до расчетного сечения $x/\sqrt{F}$ (до места пересечения осью компактной нагретой или холодной струи верхнего уровня рабочей зоны) при заданных долях удаленного воздуха из рабочей зоны θ_y.
а) 0; б) 0,3; в) 0,5; г) 0,7; д) I

определяем коэффициент воздухообмена K_d по графикам (рис. 8) в зависимости от доли расхода приточного воздуха θ, поступающего в рабочую зону, доли удаляемого воздуха из рабочей зоны $\bar{G}^{\nu_1}_{\text{р.з.}}$ и значения $\frac{\chi}{\sqrt{F_0}}$ [13].

Принимаемое значение K_d должно быть равно или больше величины 0,8. Для достижения этой величины θ следует устремлять к единице, что становится возможным при $\alpha \geqslant 7^0$, для помещений группы I и $\alpha \geqslant 20^0$ для помещения группы II.

5.12. Уточняют значение количества приточного воздуха по формуле (I) и тепла, расходуемого на подогрев приточного воздуха, по формуле (3).

Помещение группы II ($t_0 > t_{\text{р.з}}$)

5.13. Аналогичен п.5.3.

5.14. Выбирается высота установки ВР $h_{\text{вр}}$ по конструктивным соображениям.

5.15. По значению $\frac{h_1}{h_2}$ по графику (см.рис.2а, б) находится максимальный угол выпуска приточной струи α (при этом $h_2 < h_{\text{вр}}$).

5.16. Аналогичен п.5.6.

5.17. Определяем по графику рис.5 значение X в зависимости от характеристики уровня расположения ВР $\frac{h_1}{h_2}$ [1].

5.18. Аналогичен п.5.8.

5.19. Поправочные коэффициенты в формулах (7) и (8):

коэффициент стеснения K_c определяется по п.5.9;

коэффициент неизотермичности $K_н$ определяют по графикам (рис.6) в зависимости от угла выпуска струи α и характеристики уровня расположения ВР $\frac{h_1}{h_2}$. В формулу (8) подставляют $K_н$, определенное по рис.6 при $\frac{h_1}{h_2} = 0$.

---

[1] Схема роста и графика рис.5 определена для осесимметричной струи, вершина которой расположена в непосредственной близости от пола. Для достижения меньших (по сравнению с принятой схемой расчета) скоростей движения воздуха ось струи должна проходить на некотором расстоянии от пола, вплоть до верхней границы рабочей зоны.

Для обеспечения $\sqrt{}$ норм по табл.2 (п.2,4,6 - холодный период года) $\frac{h_1}{h_2}$ по рис.5 следует устремлять к единице. При значении $\frac{h_1}{h_2}$ =I вершина струи касается верхней границы рабочей зоны. В этом случае вытяжку необходимо осуществлять из рабочей зоны.

5.20. Дальнейшие расчеты проводятся по п.5.10-5.12.

Расчет компактной сосредоточенной незатопленной струи, истекающей из ВР типа РР[8]

5.21. Аналогичен п.5.1-5.12.

5.22. Максимальные параметры воздуха в обратном потоке следует определять по формулам[1]:

$$V_{max\,обр.} = K_1 V_0 \sqrt{\frac{F_0}{F_{пом}}}; \qquad (11)$$

$$t_{max\,обр.} = 1{,}4\,\Delta t_0 \sqrt{\frac{F_0}{F_{пом}}}. \qquad (12)$$

5.23. Величина коэффициента K_1 в формуле (11) равна 1,3 при одной струе в ряду и 1,15 при двух струях в ряду.

6. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗДУХА ПЛОСКИМИ ВЕРТИКАЛЬНЫМИ СТРУЯМИ (ВР ТИПА НПК) [9]

Помещения группы I ($t_0 < t_{р.з.}$)[2]

6.1. Определяем по графикам (рис.9) тип воздуховода в зависимости от расхода воздуха и диаметра воздуховода. Определяем скорость воздуха в начальном сечении воздуховода и среднюю скорость воздуха в отверстиях V отв. При выборе диаметра воздуховода производительностью от 10 до 20 тыс.м^3/ч выбирают воздуховод с меньшим V_0.

6.2. По расчетному воздухообмену G для холодного периода года определяем количество приточного воздуха при К=1 на один воздуховод.

6.3. Принимается высота установки воздуховода h_1 по графику (рис.10) определяются V_x и Δt_x (при $K_0 = 1$, $K_н = 1$)[3].

---

[1] Максимальные значения параметров находятся на расстоянии 1,5 $m\sqrt{F_{пом}}$.

[2] В помещениях группы II следует вместо воздуховодов НПК применять ВР типа ВЗР или конические воздухораспределители ВК.

[3] h_1 должно быть меньше или равно значению $5{,}28\sqrt{d_{cp}\left(\frac{mV_0}{m\Delta t_0}\right)^2}$ (графики рис.10 учитывают значения величин m, n, x, d_{cp}).

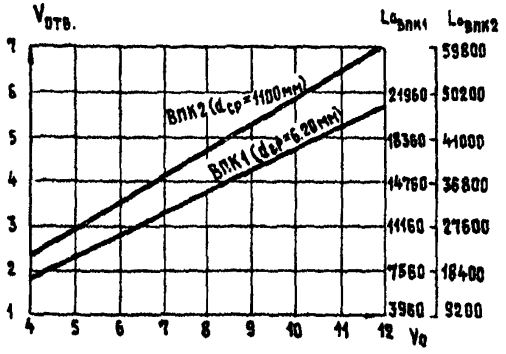


Рис.9. График зависимости средней скорости воздуха $V_{отв}$ в отверстиях ВР воздуховода типа ВПК и подачи этих воздуховодов $L_в$ от скорости воздуха V_0 в на начальном сечении

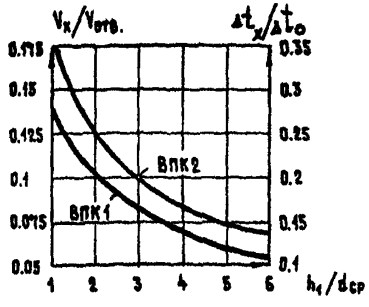


Рис.10. График зависимости относительной максимальной осевой скорости $V_x/V_{отв}$ воздуха и относительной максимальной избыточной температуры $\Delta t_x/\Delta t_0$ в плоской струе, истекающей из воздуховода типа ВПК вниз, от расстояния воздуховода до верхнего уровня рабочей зоны h_1 ($K_c = K_н = 1$)

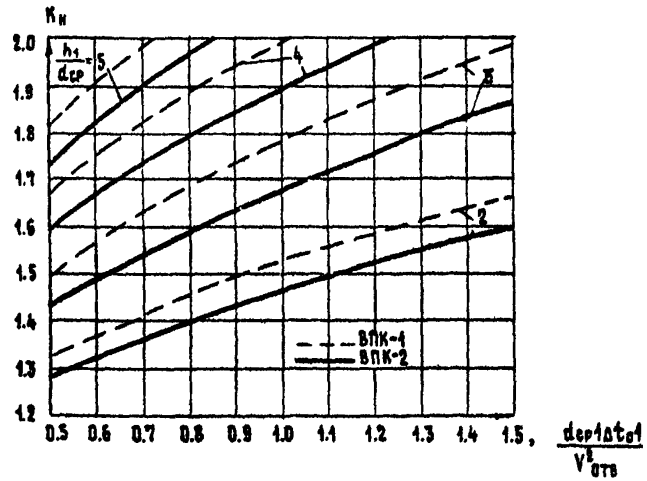


Рис.II. График зависимости коэффициента неизотермичности Кн плоской холодной струи, направленной из ВПК вниз, от параметра $\sqrt{z}_{отв}$ и относительного расстояния от низа воздуховода типа ВПК до верхнего уровня рабочей зоны $h_1/d_{ср}$

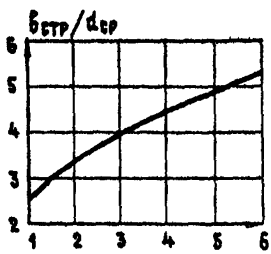


Рис.I2. График зависимости относительной ширины $\delta_{стр}/d_{ср}$ струи, истекающей из ВПК, в месте ее входа в рабочую зону $\delta_{стр}$ от относительного расстояния, от низа воздуховода до верхнего уровня рабочей зоны $h_1/d_{ср}$

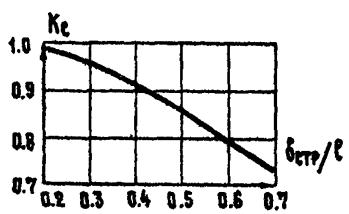


Рис.I3. График зависимости коэффициента стеснения Кс от относительной ширины плоской струи из ВПК в месте ее входа в рабочую зону

6.4. Коэффициент неизотермичности следует принимать по графикам (рис.II) в зависимости от $\frac{h_1}{d_{cp}}$ и параметра $\frac{d_{cp} \cdot \Delta t_0}{v_{отв}^2}$

6.5. Коэффициент отеснения следует принимать по графикам (рис.I3) в зависимости от относительной ширины струи в месте ее входа в рабочую зону $\frac{b_{стр}}{h_1}$, предварительно определив $b_{отр}$ по рис.I2 в зависимости от $\frac{h_1}{d_{cp}}$.

6.6. Искомую максимальную скорость v_x определяют путем умножения ее значения, полученного по п.6.3, на значения коэффициентов K_c и $K_н$, определенным по графикам рис.II и I3.

6.7. Искомую избыточную температуру Δt_x определяют путем деления ее значения, полученного по п.6.3, на значения коэффициентов K_c и $K_н$, определенным по графикам рис.II и I3.

6.8. Аналогичен п.4.5. В случае несоблюдения неравенств (5) и (6) увеличивают значение h_1 и повторяют расчет.

6.9. Поправочный множитель K в формуле (I) и K_d в формуле (2) принимают по табл.6.

Таблица 6

Поправочный множитель, K_d / Коэффициент воздухообмена, K_d	Количество удаляемого воздуха от рабочей зоны, $\frac{v_x}{v_{р.з.}}$			
	0	0,03	0,7	I
K	0,834	0,905	0,973	I
K_d	I,2	I,I5	I,I	I

6.I0. Аналогичен п.5.I2.

7. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗДУХА ВЕЕРНЫМИ И КОНИЧЕСКИМИ СТРУЯМИ

А. Распределение воздуха веерной или конической струей децентрализованной приточной вентиляционной установкой с воздухораспределителем типа ВЗР [10]

7.1. Исходя из максимальной производительности одной установки G_0, L_0 (рис.14) и расчетного воздухообмена G L в теплый период года по формуле (I) определяется проектируемое количество ВР : N .

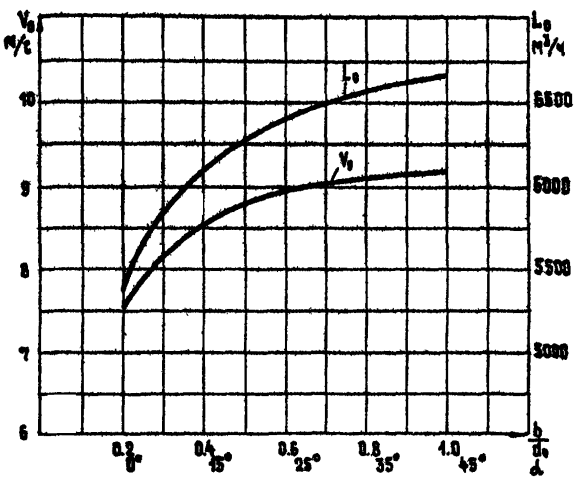


Рис.14. График зависимости скорости вращения осевого вентилятора ВОБ от величин L_0 и b/d_0 при n = 1420 об/мин.

7.2. Принимается высота установки ВЭР - $h_{вр} > 0,8\ H_{пом}$ с целью обеспечения в холодный период года настилания приточной веерной струи на перекрытие.

а) Холодный период года (рис.Iв)

7.3. Подача приточного воздуха осуществляется веерной струей. Относительное расстояние между кольцевым экраном ВЭР и выпускным сечением шахты принимают $\frac{\ell}{d_o} = 0,2$ (угол истечения струи при этом $\alpha = 0$).

7.4. По результатам тепло-воздушного баланса при помощи характеристики осевого вентилятора (см.рис.I4) определяют значения L_o, V_o и N для холодного периода года.

7.5. Определяем относительную длину оси холодной струи $\frac{X}{\sqrt{F_o}}$ по номограмме (рис.I5) в зависимости от значений $V_o\sqrt{F_o}\,|\Delta t_o|\sqrt{F_o}$ и $\frac{h_1}{\sqrt{F_o}}$ [1].

7.6. Определяем V_x и Δt_x по формулам (7) и (8) при $K_o = K_н = I$. Значения m и n принимаются по табл.3 при $\frac{\ell}{d_o} = 0,2$ ($\alpha = 0$).

7.7. Поправочные коэффициенты в формулах (7) и (8) определяем:

коэффициент отклонения K_o по номограмме (рис.I6) в зависимости от величины $\frac{h_1}{\sqrt{F_{р.з.}}}$ и $\frac{\ell}{d_o} = 0,2$;

коэффициент неизотермичности $K_н$ по номограмме (рис.I7) в зависимости от величины X и $V_x, \Delta t_x$, определенных по п.7.6.

7.8. Аналогичен п.5.I0.

7.9. Поправочный множитель в формуле (I) и коэффициент K_d в формуле (2) принимают по табл.7.

Таблица 7

Поправочный множитель, K	Относительное количество удаляемого воздуха из рабочей зоны, $\bar{G}_{р.з.}$, кг/ч			
Коэффициент воздухообмена, K_d	0	0,3	0,7	I
K	I,II	I,08	I,02	I
K_d	0,9	0,9	0,95	I

[1] При $X > \ell + h_{р.з.}$ принимают $X = \ell + h_{р.з.}$

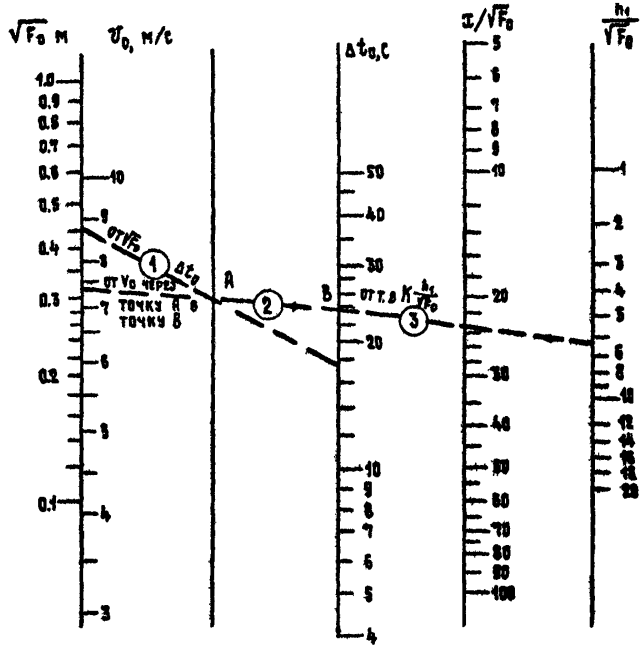


Рис.I5. Номограмма для расчета полной длины веерной холодной струи, истекающей из ВР типа ВЭР

Дано: $\sqrt{F_0} = 0{,}45$; $V_0 = 7{,}4$ м/с; $\Delta t_0 = 18^\circ$; $\frac{h_1}{\sqrt{F_0}} = 5{,}6$

Решение: I. по $\sqrt{F_0}$ и Δt_0 находим точку А на вспомогательной прямой;

2. по V_0 Δt_0 через точку А определяем точку В на шкале;

3. по $\frac{h_1}{\sqrt{F_0}}$ через точку В находим $\frac{x}{\sqrt{F_0}} = 23$

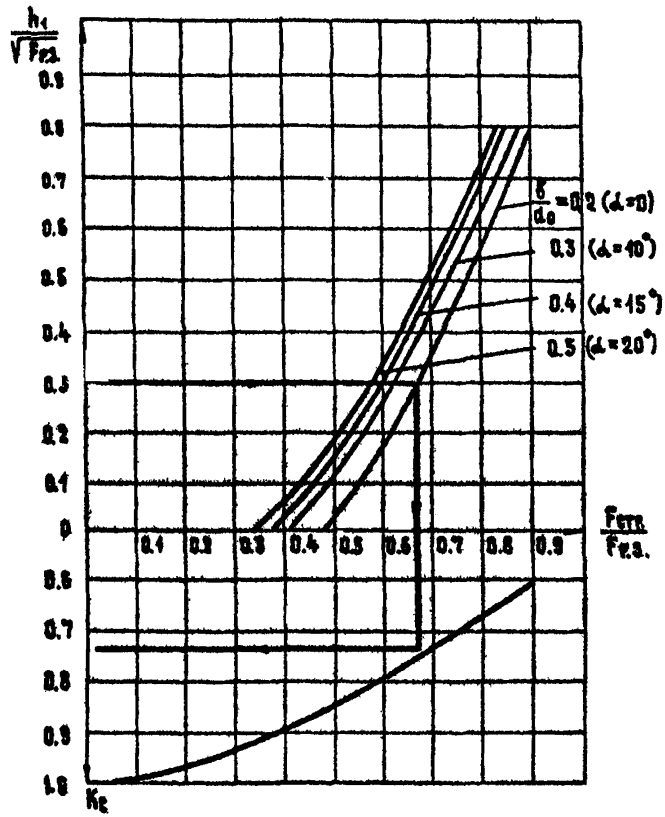


Рис. 16. Номограмма для определения поправочного коэффициента стеснения Кс веерной струи, истекающей из ВР типа ВЭР

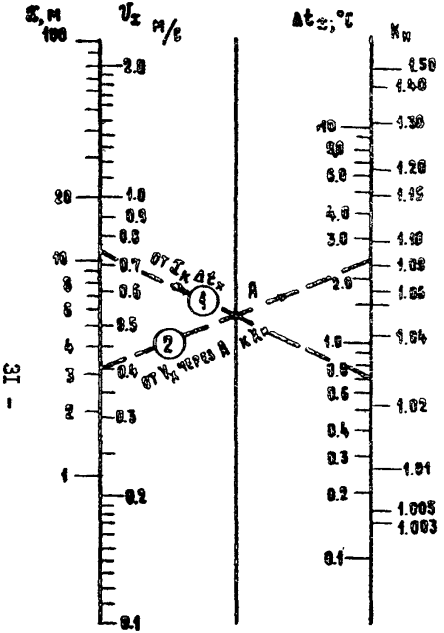


Рис.I7. Номограмма для определения коэффициента неизотермичности веерной струи, истекающей из ВР типа ВЭР

Дано: x=I2 м; $\Delta t_x = 0{,}7^0$; $v_x = 0{,}4$ м/с.

Решение: I) по x и Δt_x находим точку А на вспомогательной прямой;

2) через точку А по v_x определим Кн=I,09

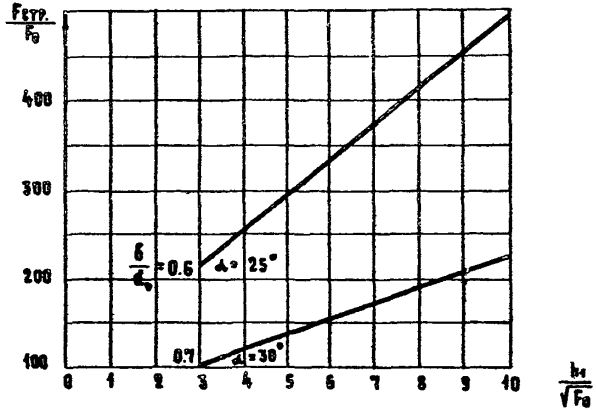


Рис.I8. График зависимости площади поперечного сечения смыкающейся струи от координаты h_1, при различном v/d_0 (или α) для ВР типа ВЭР

б) Теплый период года (см.рис.Iг)

7.I0. Подача приточного воздуха осуществляется конической струей. Величина угла выпуска струи может быть $30^0 \geq \alpha \geq 20^0$.

$$\alpha = 20^0 \left(\frac{\ell}{d_0} = 0{,}5\right).$$

7.II. Расстояние X равно 2,73.

7.I2. Аналогичен п.5.I0.

Значения m и n принимаются по табл.3 при $\frac{\ell}{d_0} = 0{,}5$ ($\alpha = 20^0$).

7.I3. Поправочные коэффициенты в формулах (7) и (8) определяются:

коэффициент отеснения K по номограмме (см.рис.I6) в зависимости от величины $\frac{h_1}{\sqrt{F_{пом}}}$ и $\frac{\ell}{d_0} = 0{,}5$ ($\alpha = 20^0$);

коэффициент неизотермичности $K_н$ принять равным единице.

$$\alpha = 25^0,\ 30^0 \left(\frac{\ell}{d_0} = 0{,}6 \text{ и } \frac{\ell}{d_0} = 0{,}7\right).$$

7.I4. Расстояние X равно h_1.

7.I5. Поправочные коэффициенты в формулах (7) и (8) определяются:

коэффициент отеснения K_0 по номограмме (см.рис.I6), предварительно определив значение $F_{стр}$ по номограмме (рис.I8) в зависимости от величины $\frac{h_1}{\sqrt{F_0}}$ и $\frac{\ell}{d_0}$;

коэффициент неизотермичности $K_н$ принимать равным единице.

7.I6. Аналогичен п.5.I0[I].

Значения m и n принимать по табл.3 при $\frac{\ell}{d_0} = 0{,}6$ ($\alpha = 25^0$) и $\frac{\ell}{d_0} = 0{,}7$ ($\alpha = 30^0$).

7.I7. При несоблюдении неравенств (5) и (6) расчет следует провести при $\alpha = 20^0$ по пп.7.I0-7.I3.

7.I8. Аналогичен п.7.9.

[I] В пояснительную записку вносится запись величин температур наружного воздуха, при которых начинается (заканчивается) теплый (холодный) период года и следует осуществлять перевод конической струи в веерную и наоборот.

Б. Распределение воздуха конической струей воздухораспределителем ВК[1)2)]

7.19. Определяем максимальное количество воздуха, подаваемого одним ВР:

$$L_o = \frac{24000}{V_{o\,макс}} \left(V_{норм}\, h \right)^2, \qquad (13)$$

значения $V_{норм}$ и V_o принимаются по табл.2, 3.

7.20. Минимальное количество воздухораспределителей определяют по формуле (10).

7.21. Расстояние X принимать равным 1,86 h_1.

7.22. Аналогичен п.5.10.

Значения m и n принимать по табл.3.

7.23. Геометрическую характеристику струи следует определять по формуле (9); полученную величину умножить на 1,19.

7.24. Высоту установки ВК определяют по графикам (см.рис. 2) по значению величины $\frac{h_{ср}}{H}$ при $\alpha = 60^0$.

7.25. Аналогичен п.5.17.

7.26. Поправочные коэффициенты в формулах (7) и (8) определяются:

коэффициент неизотермичности по графикам (см.рис.6) в зависимости от $\frac{h}{h_{ср}}$ при $\alpha = 60^0$;

коэффициент стеснения принимать равным единице.

7.27. Значения величин V_x и Δt_x, определенные по формулам (7) и (8), следует умножить на 1,41.

7.28. При несоблюдении неравенств (5) и (6) расчет следует повторить с большим значением $h_{ср}$ или H.

7.29. Аналогичен п.7.9.

[1)] ВК рекомендуется применять в небольших помещениях группы Ц, например, профилакториях.

[2)] Расчеты для холодного и теплого периодов идентичны (10).

ПРИМЕРЫ ВЫБОРА И РАСЧЕТА СИСТЕМ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Пример I. Выбрать систему воздухораспределения для коровника с беспривязным содержанием размерами 2Ix90x5,5 м, при высоте наружной ограждающей стены 2,7 м. Параметры и расход воздуха в холодный период года: $t_н = -6^0C$, $t_{р.з.} = 5^0C$, $L = 40400$ м^3/ч. В холодный период года приточный воздух раздается централизованной системой вентиляции.

Выбор и расчет системы воздухораспределения проводим в соответствии с разделом 4.

п.4.I. Так как $t_{пр} < t_{р.з.}$ помещение относится к группе I.

п.4.2. Подача приточного воздуха осуществляется в холодный период года в направлении перекрытия (п.2.3) осесимметричными струями, истекающими из решеток типа РР (см.табл.I).

Размещаем воздуховоды с решетками РР вдоль продольных наружных стен. Методика расчета струи принята для помещений группы I по пп.5.3-5.I2.

п.5.3. $N = 90:6 \cdot 2 = 30$ шт.

$L_0 = 40400:30 = I345$ м^3/ч, выбираем решетку РР5 размером 200х600 мм, $f_н = 0,096$ м; $m = 4,5$; $n = 3,2$ (см.табл.3)

$V_0 = I345:3600 \cdot 0,096 = 4$ м/с.

п.5.2. $$H = 5,45 \frac{4,5 \cdot 4^4 \sqrt{0,096}}{3,2 \cdot II} = 9,I \text{ м.}$$

п.5.4. Принимаем $h_{ор} = 2,5$ м.

п.5.5. $h_2 = H_{пом} - h_{ор} = (5,5+2,7):2-2,5 = I,6$ (по определению).

По $\frac{h_2}{H} = \frac{I,6}{9,I} = 0,I8$ определяем на рис.2а $\alpha = 23^0$.

п.5.6. По $\alpha = 23^0$ определим $\frac{X_в}{H} = 0,57$ или $X_в = 0,57 \cdot 9,I = 5,2$ м.

п.5.7. $h_{р.з.} = I,5$ м (п.3.I)$>n$; $h_1 = h_{ор} - h_{р.з} = 2,5-I,5 = I,0$ м и $\frac{h_1}{h_2} = \frac{I,0}{I,6} = 0,63$.

По $\frac{h_1}{h_2} = 0,63$ определим на рис.3 $\frac{X}{X_в} = I,9$ или $x = I,90 \cdot 5,2 = 9,88$ м.

п.5.8. $F_{пом} = 6 \cdot 5,5 = 33$ м^2 $1,5 m\sqrt{F_{пом}} = 54$ м или условие п.5.8 не нарушено, т.е. $X < 1,5 m\sqrt{F_{пом}}$.

п.5.9. $\frac{F_o}{F_{пом}} = \frac{0,096}{33} = 0,0028$ и $K_c = I$.

По рис.4 на основании $\alpha = 23^0$ и $\frac{h_1}{h_2} = 2,77$ определяем $K_н = I,70$ (для формулы 8).

По рис.6 на основании $\alpha = 23^0$ и $\frac{h_1}{h_2} = 0$ определяем $K_н = 0,92$ (для формулы 9).

п.5.I.

$$V_x = \frac{4,5 \cdot 4\sqrt{0,096}}{8,7} \cdot I \cdot I,70 = 0,98 \text{ м/с}.$$

$$\Delta t_x = \frac{3,2(-I6)\sqrt{0,096}}{8,7} \cdot \frac{I}{I \cdot 0,92} = -I,94^0C.$$

В соответствии с п.3.2. $V_{норм} = 0,5$ м/с или $2 V_{норм} = I$ м/с

$\Delta t_{норм} \leq \pm 2^0C$ или $2\Delta t_{норм} \leq \pm 4^0C$

п.4.4. Неравенства (5) и (6) соблюдены. Расчет струи закончен. Угол $\alpha = 23^0$ заносим в пояснительную записку.

п.5.II. По рис.7 на основании $\alpha = 23^0$, $\frac{h_1}{h_2} = 2,77$ (помещение группы I) и $\frac{L}{h_1} = \frac{2I:2}{I,5} = 7$ определим $\theta = I$, т.е. весь приточный воздух поступает в рабочую зону.

Из рис.8 видно, что при $\theta = I$ имеем $K_d = I$ вне зависимости от доли расхода вытяжного воздуха $G_{р.з.}$, удаляемого из рабочей зоны.

Поправочный коэффициент $K = I$.

п.5.I2. Расчетный воздухообмен и расход тепла на подогрев наружного воздуха принимаются равными ($K_d = I$), приведенными в условии примера.

Пример 2. Выбрать систему воздухораспределения для свинарника-откормочника размерами I8x96x5,5 м. Параметры и расход воздуха в холодный период года $t_o = 6^0C$; $t_{р.з} = I0^0C$; $L = 28000$ м^3/ч.

В холодный период года приточный воздух раздается централизованной системой вентиляции.

Выбор и расчет системы воздухораспределения проводим в соответствии с разделом 4.

п.4.I. Так как $t_{пр} < t_{раз.}$ помещение относится к группе I.

п.4.2. Нормативная подвижность воздуха в свинарниках значительно ниже, чем в коровниках. В связи с этим подача воздуха осуществляется в холодный период года в направлении рабочей зоны плоской струей, истекающей из воздуховодов типа ВПК (см. табл.I). Размещаем воздуховоды вдоль продольной оси здания. Методика расчета струи принята для помещения группы I по п.6.I-6.I0. Технические данные ВПК приведены в приложении 2.

п.6.I. Выбираем 4 воздуховода типа ВПК I.

$L_o = 28000:4=7000$ м^3/ч, $V_o = 4,0$ м/с; $V_{отв}=I,8$ м/с.

п.6.2.

$$h_1 \leq 5,28\sqrt[3]{0,6I\,\frac{(0,5\cdot4,0)^4}{(I\cdot4)^2}} = 9,3 \text{ м.}$$

Низ воздуховода расположим из конструктивных соображений на отметке $h_{нар} = 3,5$ м; $h_{раз} = I$ м (п.3.I) $h_1 = h_{нар} - h_{раз.} = 3,5-I=2,5$ м.

По рис.I0 на основании $\frac{h_1}{d_{ср}} = \frac{2,5}{0,6I} = 4,I$

определяем $\frac{V_x}{V_{отв}} = 0,07$ и $\frac{\Delta t_x}{\Delta t_o} = 0,I4$

или $V_x = 0,07\cdot I,8 = 0,I4$ м/с и $\Delta t_x = (-4)\cdot0,I4 = -0,56^oC$.

п.6.3. По рис.II на основании $\frac{d_{ср}/\Delta t_o/}{V^2_{отв}} = \frac{0,64\cdot4}{I,8^2} = 0,76$ и

$h_1 / d_{ср} = 4,I$, определяем $K_в = I,86$.

п.6.4. По рис.I2 на основании $h_1 / d_{ср} = 4,I$ определяем $\frac{\ell_{стр.}}{d_{ср}} = 4,4$ или $\ell_{стр} = 4,4\cdot0,6I = 3,I2$ м.

По рис.I3 на основании $\frac{\ell_{стр.}}{\ell} = \frac{3,I2}{2I:2} = 0,33$ определяем $K_c = 0,96$.

п.6.5. $V_x = 0,I4\cdot I,86\cdot0,96 = 0,25$ м/с;

$$\Delta t_x = (-0,56)\,\frac{I}{I,86\cdot0,96} = -0,3^oC.$$

В соответствии с п.3.2

$V_{норм} = 0,3$ м/с или $2V_{норм} = 0,6$ м/с;

$\Delta t_{норм} \leq \pm3^oC$ или $2\Delta t_{норм} \leq \pm6^oC$.

п.4.4. Неравенства (5) и (6) соблюдены. Расчет закончен.

п.6.8. Принимаем долю расхода вытяжного воздуха, удаляемого из рабочей зоны, $\bar{G}^{у/д}_{р.з}$ = I, т.е. предусматриваем вытяжку в размере притока от подпольных каналов. Поправочный коэффициент К=I.

п.6.9. Расчетный воздухообмен и расход тепла на подогрев наружного воздуха ($К_д$ =I) принимается равным приведенному в условии примера. Следует иметь в виду, что отказ от подпольных каналов и вытяжных проемов ниже рабочей зоны (или уменьшение $\bar{G}^{у/д}_{р.з}$) позволяет снизить воздухообмен и расход тепла на нужды вентиляции на I6,6%, так как поправочные множители в формуле (2) К = 0,834 и в формуле (3) К=I,2 при $\bar{G}^{у/д}_{р.з}$ = 0 (см.табл.6).

Пример 3. Выбрать систему воздухораспределения для свинарника-откормочника размерами 2Ix90x4,0 м. Параметры и расход воздуха в холодный период года $t_н$ = -30°С, $t_в$ = -I4,8°С, $t_{р.з.}$ = = I0°С, L = 40400 м³/ч.

Параметры и расход воздуха в теплый период года $t_н$ =29°С, $t_в$ =29°, $t_{р.з.}$ = 30°С, L = 74700 м³/ч.

На комплексе имеется электроэнергия, расходуемая на нужды вентиляции. В связи с этим принято круглогодичное распределение воздуха веерной (холодный период года) и конической струей (теплый период года) децентрализованными приточными вентиляционными установками с воздухораспределителями типа ВЭР.Технические данные установок приведены в приложении 2.

Расчет системы воздухораспределения проводим в соответствии с разделом 4.

п.7.I. Максимальная производительность одной установки при α =30° равна 6500 м³/ч (см.рис.I4) и N =74700:6500=II,6шт. Принимаем количество установок N =I2 шт. и размещаем вдоль продольной наружной стены симметрично по 6 шт. по обе стороны продольной оси помещения.

п.7.2. Принимаем по конструктивным соображениям $h_р$ =3,5м. Методика расчета струи принята по п.7.I-7.I8.

а) Холодный период года

п.7.3. Принимаем угол истечения воздуха α =0 или $\frac{\ell}{d_0}$ =0,2 (см.табл.3).

п.7.4. В соответствии с α =0 по рис.I4 имеем $\frac{\ell}{d_0}$ =5350м³/ч,

V_o = 7,4 м/с и N =40400:5350=7,6 шт. Таким образом, в холодный период года работает 8 из I2 установок. Режим работы может быть таким, что установки работают попеременно.

п.7.5. Для определения X выпишем исходные данные:

из табл.3 F_o = 0,4 м^2 (принята установка d_o=7I0 мм с осевым вентилятором типа B0-7);

из п.3.2. $h_{р.з.}$ = I м и $h_1 = h_{ш} - h_{р.з.}$ = 3,5-I = 2,5 м;

$|\Delta t_o|$ = 24,8^0.

Определим X в следующей последовательности:

I) Соединяем прямой значения F_o = 0,65 и $|\Delta t_o|$ = 24,8^{0}C и находим точку A (см.рис.I5).

2) Из V_o = 7,4 м/с через точку A проводим луч и на пересечении со шкалой Δt_o находим точку B.

3) Из $h_1/\sqrt{F_o}$ = 2,5:0,65 = 3,9 через точку B проводим луч до пересечения со шкалой $x/\sqrt{F_o}$ и получаем $x\sqrt{F_o}$ = I5 или x = I5·0,65 = 9,75 м.

4) Делаем проверку по примечанию:

$\ell + h_{вр}$ = 2I:2+3,5 = I4 м, но так как x=9,75 м $<$ I4 м,то принимаем x=9,75 м.

п.7.6. По табл.3 имеем α = 0, m = I,I и n =I.

Определяем V_x и Δt_x при $K_C = K_H$ = I

$$V_x = \frac{I,I \cdot 7,4 \cdot 0,65}{9,75} \cdot I \cdot I = 0,54 \text{ м/с};$$

$$\Delta t_x = \frac{I(-24,8)\ 0,65}{9,75} \cdot \frac{I}{I \cdot I} = -I,65^0\text{C}.$$

п.7.7. Определяем коэффициент K_C:

так как $F_{р.з.}$ = 90·2I:8 = 236 м и $\sqrt{F_{р.з.}}$ = I5,3 м, то по

$$\frac{h_1}{\sqrt{F_{р.з.}}} = \frac{2,5}{I5,3} = 0,I8 \quad \frac{\ell}{d_o} = 0,2 \ (\alpha = 0^0)$$

находим на рис.I6 $\frac{F_{отр.}}{F_{р.з.}}$ = 0,6 и K_C = 78.

Определяем коэффициент K_H:

I) Соединяем прямой значения x =9,75 м и Δt_x = -I,65^{0}C и на промежуточной шкале находим точку A.

2) Из V_x =0,54 м/с через точку A проводим луч AA, на пе-

ресечении со шкалой $K_н$ находим $K_н$ = I,095.

п.7.8. Расчетные максимальные параметры равны

$V_x = 0{,}54 \cdot I{,}095 \cdot 0{,}78 = 0{,}46$ м/с;

$$\Delta t_x = (-I{,}65)\frac{I}{I{,}095 \cdot 0{,}78} = -I{,}9^{\circ}C.$$

В соответствии с п.3.2 $V_{норм} = 0{,}3$ м/с или $2V_{норм} = 0{,}6$ м/с;
$\Delta t_{норм} \leq \pm 3^{\circ}C$ или $2\Delta t_{норм} \leq \pm 6^{\circ}C$.

п.4.4. Неравенства (5) и (6) соблюдены. Расчет веерной струи закончен.

п.7.9. Принимаем долю расхода вытяжного воздуха, удаляемого из рабочей зоны, $G^{уд}_{р.з.} = I$, т.е. предусматриваем вытяжку в размере притока в холодный период года из подпольных каналов. Поправочный коэффициент K=I. Расчетный воздухообмен и расход тепла на подогрев наружного воздуха принимаются равными, приведенным в условии примера.

Следует иметь в виду, что отказ от подпольных каналов и устройство вытяжных проемов выше рабочей зоны (или уменьшение $G^{уд}_{р.з.}$) приводит к увеличению воздухообмена и расхода тепла на нужды вентиляции на II%, так как поправочные множители в формуле (2) K=I,II и в формуле (3) $K_d = 0{,}9$ при $G^{уд}_{р.з.} = 0$ (см. табл.7).

б) Теплый период года

п.7.I3. Принимаем угол истечения воздуха $\alpha = 30^{\circ}$ или $\frac{b}{d_0} = 0{,}7$ (см.табл.8).

п.7.I4. $x = h_{н.р} - h_1 = 2{,}5$ м.

п.7.I5. Определяем коэффициент стеснения K_c:

I) так как $\sqrt{F_o} = 0{,}65$ и $h_1/\sqrt{F_o} = 2{,}5 : 0{,}65 = 3{,}9$ по рис.I8 определяем для $\alpha = 30^{\circ}$ значение $F_{стр}/F_o = I30$ или $F_{стр} = I30 \cdot 0{,}4 = 52$ м^2;

2) так как $F_{р.з.} = 90 \cdot 2I : I2 = I57{,}5$ м^2 и $F_{стр}/F_{р.з.} = 52 : I57{,}5 = 0{,}32$, по рис.I6 определим $K_c = 0{,}93$.

Коэффициент $K_н = I$.

п.7.I6. Принимаем по табл.3 $m = 0{,}9$ и $n = 0{,}82$ при $\alpha = 30^{\circ}$. Одновременно по рис.I4 определяем $V_c = 9{,}I$ м/с.

Расчетные максимальные параметры равны:

$$V_x = \frac{0,9 \cdot 9,1 \cdot 0,65}{2,5} \cdot 0,93 \cdot I = 1,88 \text{ м/с};$$

$$\Delta t_x = \frac{0,81 \cdot I \cdot 0,65}{2,5} \cdot \frac{I}{0,93 \cdot I} = 2,3^{\circ}C.$$

В соответствии с п.3.2. $V_{норм} = I$ м/с или $2 V_{норм} = 2$ м/с;

$\Delta t_{норм} \leq \pm 3^{\circ}C$ или $\Delta t_{норм} \leq \pm 6^{\circ}C$.

п.4.4. Неравенства (5) и (6) соблюдены. Расчет конической струи закончен. В пояснительную записку вносится запись: "при $5^{\circ}C \geq t_н \geq -30^{\circ}C$ расстояние от ВЗР до выпускного отверстия децентрализованной установки должно быть $\ell = 0,2 d_0$ ($\ell = 140$мм) при $29^{\circ}C \geq t_н \geq 5^{\circ}C$; $\ell = 0,7 d_0$ ($\ell = 500$ мм)".

п.7.9. Принимаем расход вытяжного воздуха в теплый период года из рабочей зоны, равным в холодный период года, т.е. $\bar{G}_{вз}^{т} = \frac{40400}{74700} = 0,54$. При этом поправочные множители равны $K = I,05$ и $K_d = 0,93$ (см.табл.7), т.е. воздухообмен следует увеличить на 5%, и он в теплый период года составит не 74700м³/ч, а 78435 м³/ч.

Приложение I

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ПРИТОЧНЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СТРУЯХ

I. Циркуляция воздуха в помещении и характер распределения параметров воздуха по рабочей зоне в значительной мере определяется приточными вентиляционными струями.

2. Приточной струей называется поток, образованный принудительным истечением воздуха из воздухораспределителя.

3. Форма, направление и характер развития струи в помещении определяются конструкцией воздухораздающего устройства (ВР). Рекомендуемые конструкции ВР образуют прямоточные приточные струи; к прямоточным струям относятся осесимметричные (решетки РР) и плоские струи (ВР типа НПК), названные так в соответствии с формой приточного отверстия, близкой к квадратной и плоской, а также веерные и полные конические струи (ВР типа ВЗР или ВК), названные так в соответствии с формой приточного отверстия, нижняя образующая которого представляет собой плоскость или конус с углом раскрытия более I20°С.

4. В зависимости от температуры струи по сравнению с температурой окружающего воздуха различают неизотермические и изотермические струи. Температура неизотермической струи отличается от температуры воздуха в помещении: нагретая струя, будучи менее плотной, вытесняется вверх более холодным воздухом помещения; холодная струя в более теплом воздухе помещения опускается[I].

5. Струя считается стесненной, если она испытывает тормозящее влияние ограничивающих плоскостей (стен, покрытий), соседних струй или обратного потока, индуцированного струей.

6. Условия развития струи учитываются коэффициентами:

стеснения K_c;

неизотермичности $K_н$.

7. При натекании струи на поверхность стены (см.рис.Iв) течение повернувшей вниз части струи рассматривается как продолжение течения струи до поворота.

8. Максимальные скорости движения воздуха и избыточные температуры (концентрации вредных веществ) в струях по п.I.I

[I] α холодной струи следует принимать $\alpha \geq 7°$, теплой - $\alpha \geq 20°$.

располагаются на одних и тех же условных осях струи или поверхности максимальных параметров, которые представляют собой в струях:

осесимметричных (решетки РР) - геометрическую ось струи;

настилающихся - ограничивающую поверхность, например, ограждающих конструкций;

плоских - плоскость симметрии струи, параллельную оси воздуховода типа ВПК;

веерных (ВР типа ВЭР) - плоскую поверхность принудительного угла раскрытия струи;

конических (ВР типа ВЭР, ВК) - коническую поверхность, геометрическая ось струи совпадает с образующей конуса.

Приложение

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О НОВЫХ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЯХ

I. Всесоюзным научно-исследовательским институтом охраны труда ВЦСПС в г.Ленинграде предложен воздухораспределитель перфорированный круглый металлический ВПК I и ВПК 2,предназначенный для подачи приточного воздуха в рабочую зону с высоты до 6 м.

ВПК рекомендуется применять при значительных расходах подаваемого воздуха. При выпуске воздуха из ВПК происходит интенсивное смешение подаваемого воздуха с окружающим вблизи истечения.

В воздухораспределителях ВПК воздуховыпускные отверстия имеют постоянный размер (площадь 0,00087 $м^2$), они расположены равномерно на нижней половине поверхности воздуховода. Расстояние между отверстиями по длине ВПК постоянно и равно I50 мм (ВПК I) и I00 мм (ВПК 2). Количество рядов отверстий уменьшается к концу ВПК в соответствии с уменьшением диаметра. Равномерность раздачи воздуха по длине ВПК обеспечивается за счет сохранения соотношения между суммарной площадью выпускных отверстий и площадью начального сечения в пределах I÷2, а также за счет уменьшения поперечного сечения и количества рядов отверстий к концу ВПК.

Рекомендуемый ВПК I состоит из 5 участков общей длиной 25,8 м, а ВПК 2 из 4 участков общей длиной 2I,I м, каждый из которых характеризуется диаметром (d), длиной (ℓ) и количеством рядов отверстий (n) (табл.8).

Нормальное к оси воздухораспределителя направление выпуска воздуха из отверстий обеспечивается за счет отгиба козырьков отверстий внутрь ВПК у передней стенки отверстия (считая по ходу воздуха под углом 90^0, отверстие размером 25 х 25 мм, высота козырька I3 мм).

Типовая серия рабочих чертежей воздухораспределителя № 5.904-6 распространяется тбилисским филиалом ЦИТП Госстроя СССР (380019, Тбилиси, I9, ул.А.Церетели, II5).

Таблица 8

	Участки				
	I	2	3	4	5
d	800 I400	7I0 I250	630 I000	500 800	450 -
ℓ	5,I6 5,23	5,23 5,56	5,0I 4,96	5,22 5,36	5,22 -
n	I0 I8	I0 I6	8 I4	6 I2	6 -

Примечание. В числителе - ВПК I, в знаменателе - ВПК 2.

2. Ленинградским отделением ГПИ "Проектпромвентиляция", Гипронисельхозом и НИПТИМЭСХ НЗ разработана децентрализованная воздухоприточная шахта с регулируемым воздухораспределителем типа ВЭР (конструкции ЛО ГПИ "Проектпромвентиляция") для подачи воздуха с высоты до 6 м.

Установка состоит из корпуса диаметром 500 или 7I0 мм, на внешней части которого расположен зонт, прикрывающий осадком доступ в установку, внутри него размещены регулируемые калорифер и осевой вентилятор; со стороны помещения установка снабжена регулируемым воздухораспределителем типа ВЭР.

Регулируемый электрокалорифер разработан ВНИИЭТО, состоит из корпуса, внутри которого уложен нагревательный элемент в виде плоской металлической ленты. Большая поверхность нагрева позволяет снизить температуру ленты до I50°С, что в 4-5 раз меньше температуры спирали ТЭНов, и обеспечивает высокую надежность работы ленточных электрокалориферов. Аэродинамическое сопротивление электрокалорифера при максимальной производительности по воздуху (при скорости воздуха до 6 м/с) не превосходит I0 кгс/м^2, высота калорифера - I00 мм, масса - I2 кг. Калорифер имеет три ступени регулирования по мощности - 5, I0 и I5 кВт.

Осевой вентилятор имеет ступенчатое регулирование по частоте вращения 520, 740 и 960 (I420) об/мин.

Регулируемый воздухораспределитель позволяет осуществлять подачу воздуха в холодный период года веерными струями, а в теплый - коническими.

Воздухораспределитель ВЭР имеет две модификации. Первая представляет собой плоское кольцо, установленное на четырех тягах. Перемещение осуществляется один раз в году (при переходе с холодного на теплый период и наоборот) путем закрепления ВЭР на расчетном расстоянии от выпускного отверстия шахты. Вторая модификация представляет собой четырехлепестковое плоское кольцо. Лепестки образуют усеченный конус при переходе на коническую струю путем поворота центрального регулировочного винта, продолженного вниз на высоту протянутой вверх руки (отметка 2,2 м). Гипронисельхоз разработал третью модификацию, позволяющую упростить процесс регулировки: расстояние между плоским кольцом и выпускным отверстием шахты изменяется путем поднятия вверх нижней части шахты, выполненной разъемной[1].

Децентрализованную установку предполагается выпускать на заводах Минживмаша.

Калькодержатель чертежей - Гипронисельхоз и ВНИИЭТО.

3. ЦНИИЭП инженерного оборудования Госгражданстроя разработал конический воздухораспределитель ВК, предназначенный для подачи воздуха с повышенной скоростью и разностью температур в системах вентиляции и кондиционирования воздуха[2]. Они могут устанавливаться над перекрытием и ниже на высоте 3-6 м от пола.

ВК представляет собой сборную конструкцию, исключающую внешний и внутренний конус (угол конусности внутреннего конуса 120°), рассекатель и присоединительный патрубок. Приточный воздух из воздуховода поступает через присоединительный патрубок на поверхность внутреннего конуса, изменяет свое направление, образуя полую коническую струю. При увеличении температуры или уменьшении количества воздуха внутренний конус с подвижными отворками между конусами поворачивают на некоторый угол вокруг

---

[1] Положительное решение на заявку Гипронисельхоза № 3326394/06 от 17.08.81.

[2] Авторское свидетельство № 794333.

вертикальной оси ВК. При этом возрастает угол между створками рассекателя, образуются разрывы в полой конической струе и увеличивается ее дальнобойность. В нерегулируемых системах могут применяться ВК без рассекателей. Рекомендуется к применению в системах вентиляции в помещениях группы П.

Калькодержатель чертежей ВК - ЦНИИЭП инженерного оборудования Госгражданстроя[1].

[1]Воздухораспределитель ВК предполагается выпускать на заводах Минмонтажспецстроя СССР.

Л И Т Е Р А Т У Р А

I. СНиП П-92-76. Вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий. М., Стройиздат, 1977.

2. СНиП П-99-77. Животноводческие, птицеводческие и звероводческие здания и сооружения. М.,Стройиздат, 1978.

3. СН 245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий, М., Стройиздат,1972.

4. СНиП П-33-75. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха М., Стройиздат,1976.

5. ОНТП I-77. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий крупного рогатого скота. М., "Колос",1979.

6. ОНТП 2-77. Общесоюзные нормы технологического проектирования свиноводческих предприятий. М., "Колос", 1977.

7. АЗ-596. Временные рекомендации по расчету аэрации промышленных зданий. М., ГПИ Сантехпроект, 1979.

8. АЗ-669. Рекомендации по выбору и расчету систем воздухораспределения.М., ГПИ Сантехпроект, 1979.

9. Выпуск 0. Серия № 5.904-6. Воздухораспределитель перфорированный круглый металлический (ВПК I и ВПК 2).

I0. Технический отчет "Использование типовых схем организации воздухообмена с использованием современных воздухораспределителей в животноводческих помещениях КРС", тема № I059-79.Л., Ленинградское отделение ГПИ "Проектпромвентиляция", 1981.

II. Рекомендации по расчету воздухораспределения в общественных зданиях. М., ЦНИИЭП инженерного оборудования Госгражданстроя, 1981.

I2. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательской и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. М., "Колос", 1980.

I3. Позин Г.М. Определение количества приточного воздуха для производственных помещений с механической вентиляцией (методические рекомендации). Л., ВНИИ охраны труда. ВЦСПС,1982.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Условные обозначения..... I

I. Общая часть..... 4

2. Выбор схем воздухораспределения и расчет воздухообмена..... 4

3. Исходные данные..... 7

4. Порядок расчета воздухораспределения..... I2

5. Распределение воздуха наклонными компактными струями (решетки типа РР)..... I2

6. Распределение воздуха плоскими вертикальными струями (ВР типа НПК)..... 23

7. Распределение воздуха веерными и коническими струями 27

А. Распределение воздуха веерной или конической струей децентрализованной приточной вентиляционной установкой с воздухораспределителем типа ВЭР..... 27

Б. Распределение воздуха конической струей воздухораспределителем ВК..... 33

Примери выбора и расчета систем воздухораспределения.... 34

Приложения:

I. Основные понятия о приточных вентиляционных струях... 4I

2. Технические данные о новых воздухораспределителях.... 43

Литература..... 47

© Гипронисельхоз, 1983

Рекомендации по выбору и расчету систем воздухораспределения животноводческих зданий подготовлены к изданию отделом научно-технической информации Гипронисельхоза

Редактор В.И. Егорова
Корректор Л.В. Васильева
Техн.редактор В.Н. Краснова

Л-92651 Подписано в печать 18.03.1983г. Тираж 2000
1зд.л. Заказ 209
Типография ЦНИИЭПсельстроя
(г.Апрелевка, Московская обл., ул.Апрелевская, 65)

gost.e-ecolog.ru