

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
ГЛАВСЕЛЬСТРОЙПРОЕКТ
ГИПРОНИСЕЛЬХОЗ

**РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВЫБОРУ И РАСЧЕТУ СИСТЕМ
ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ЗДАНИЙ**

УТВЕРЖДЕНЫ
ГЛАВСЕЛЬСТРОЙПРОЕКТОМ МСХ СССР
26 АВГУСТА 1982 Г.

МОСКВА 1983

Рекомендации разработаны институтами: Гипронефтьмаш (Кузнецов Б.А., Автонов П.П.), ВНИИОТ (Григорьев М.И., Пизин Г.М.), ГПИ Проектпромышленности (Баладжина Л.Я., Куммер Л.С.), ЦНИИЭП инженерного оборудования (Тарнопольский М.Д.), ГПИ Савтехпроект (Моор Л.Ф.), НИИТИМЭСХ ВЗ (Скуратов В.Б., Максимов Н.В.)

УСЛОВНЫЕ ОБЗНАЧЕНИЯ

- BP - воздухораспределительное устройство.
- $PЗ.$ - рабочая зона.
- G, L - расчетный воздухообмен, кг/ч, м³/ч.
- G_0, L_0 - количество приточного воздуха, подаваемого одним ВР, кг/ч, м³/ч.
- $\theta_{PЗ}^{вз}$ - количество удаляемого воздуха из рабочей зоны, кг/ч.
- $\bar{G}_{P,1}^{вз}$ - доля удаляемого воздуха из рабочей зоны по отношению к расчетному воздухообмену, %.
- W - избыточное влаговыделение в помещении, г/ч [7,8].
- $\Delta d = d_{P3} - d_0$ - избыточное влагосодержание воздуха помещения, г/кг.
- K - поправочный множитель в формуле для определения расчетного воздухообмена.
- i_{P3} - энтальпия воздуха рабочей зоны, ккал/кг.
- i_0 - энтальпия приточного воздуха, ккал/кг.
- i_H - энтальпия наружного воздуха, ккал/кг.
- $Q_{нвс}$ - избыточное тепло помещения группы I, ккал/ч.
- Q_H - недостаток тепла помещения группы II, ккал/ч.
- K_d - коэффициент воздухообмена по влаге.
- θ - доля приточного воздуха, поступающего в рабочую зону.
- t_0 - температура приточного воздуха на выходе из ВР, °С.
- t_{P3} - 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.
- $\Delta t_0 = t_0 - t_{P3}$ - избыточная температура приточного воздуха, °С.
- $\Delta t_x = t_x - t_{P3}$ - избыточная температура воздуха в расчетном сечении приточной струи (на расстоянии X от ВР), °С.

- $\Delta t_{\text{норм}}$ - нормируемое отклонение максимальной (при подаче нагретого) или минимальной (при подаче холодного) температуры воздуха в рабочей зоне помещения от нормируемой температуры воздуха в рабочей зоне, $^{\circ}\text{C}$.
- V_0 - начальная скорость движения воздуха, отнесенная к расчетной площади подводящего патрубка ВР, м/с.
- $V_{\text{доп}}$ - допустимое значение скорости воздуха в рабочей зоне.
- $V_{\text{отв}}$ - 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, $^{\circ}\text{C}$.
- $V_{\text{обр}}^{\text{max}}$ - максимальная скорость движения воздуха в обратном потоке, м/с.
- $V_{\text{норм}}$ - нормируемая скорость движения воздуха в рабочей зоне помещения, м/с.
- H - геометрическая характеристика струи, м.
- $X_{\text{в}}$ - 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 $h_{\text{х}}$, нагретой - $h_{\text{н}}$, м.
- x - расстояние по горизонтали от ВР до места пересечения оси компактной струи с верхней границей рабочей зоны; для верной 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.
- $K_{\text{н}}$ - коэффициент неизотермичности.
- $K_{\text{с}}$ - коэффициент отеснения.
- α - угол выпуска из ВР приточной струи, отсчитывается от горизонтали и принимается со знаком плюс (или угол наклона воздушнонаправляющих плоскостей ВР), $^{\circ}$.
- β - угол входа струи в рабочую зону, $^{\circ}$.
- d_0 - диаметр воздухоподводящего патрубка ВР, м.
- F_0 - площадь воздухоподводящего патрубка ВР, м^2 .

- b - расстояние между отклоняющим экраном ВР типа БЭР до выпускного отверстия воздухоподогревающего 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.
 ξ - коэффициент местного сопротивления ВР, отнесенный к V_0 .
 $h_{в.р}$ - высота расположения ВР над уровнем пола (условное значение $h_{в.р}$ 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, м².
 $F_{стр}$ - площадь струи в месте внедрения в рабочую зону, м².
 $F_{р.з.}$ - размер площади рабочей зоны, приходящейся на один ВР, м².
 l_0 - расстояние между ВР, установленными в ряд, м.
 l - длина помещения, обслуживаемая одной струей (ВР типа ВР) рабочей зоны (половина ширины помещения), м.
 N - количество воздухораспределителей, шт.

1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1. 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 зоны¹.

1.2. Рекомендации не распространяются на вспомогательные, административные и бытовые помещения. При проектировании и расчете систем воздухораспределения в этих помещениях следует руководствоваться действующими нормами [1-4].

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

2. ВЫБОР СХЕМ ВОЗДУХОАСПРЕДЕЛЕНИЯ И РАСЧЕТ ВОЗДУХООБМЕНА

2.1. 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 ($t_0 < t_{ра}$). К группе I относятся помещения для содержания взрослого поголовья животных.

¹Методика 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 осуществляется с температурой большей температуры воздуха рабочей зоны ($t_o > t_{рз}$). К группе II относятся помещения для содержания молодняка животных¹.

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 $t_{рз}$ 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 (эве области распространения струй).

2.5. Экономичность принятой приточно-вытяжной системы вентиляции следует обосновывать сопоставлением вариантов проектных решений по приведенным затратам [12].

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-

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

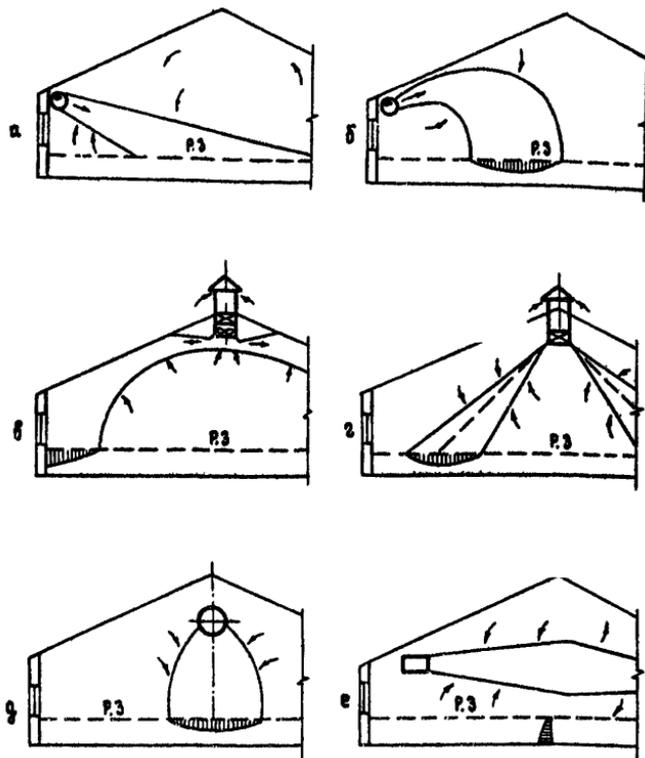


Рис. I. Основные схемы организации воздухообмена в животноводческих помещениях приточными вентиляционными струями:

- а- наклонными вниз асимметричными струями (ромашки РР);
- б- тоже, наклонными вверх;
- в- настилающимися на ограждения веерными струями (ВДУМ, ВЗР);
- г- коническими струями (ВДУМ; ВЗР; ВК; ПЛУ);
- д- плоскими струями, направленными вертикально вниз (полиэтиленовые или металлические перфорированные воздуховоды);
- е- сосредоточенно ненастилающимися симметричными струями вдоль или поперек помещения (ромашки РР, па- трубки ПП)

хорообмена по влаге K_d^I и доли удаляемого воздуха из рабочей зоны $\bar{G}_{РЗ}^*$ и определяется по формуле [13]:

$$G \cdot K \frac{V}{\Delta d}, \quad (1)$$

где
$$K = \frac{1}{K_{d, (1-\bar{G}_{РЗ}^*) \cdot \bar{G}_{РЗ}^*}}. \quad (2)$$

Значение K 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:

$$Q_2 = \frac{(t_n - t_n)G - Q_{нв}}{K_d}; \quad (3)$$

помещений группы II по формуле:

$$Q_2 = \frac{(t_o - t_n)G + Q_{нв}}{K_d}. \quad (4)$$

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.

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

Таблица I

Рекомендуемые воздухораспределители
и тип прямооточных струй^I

Группа помеще- ния	Рекомендуемые ВР	Аналогичные возду- хораспределители по характеристике и расчету
	Холодный период	
I	Решетки РР - осесимметричные струи (рис.1б)	-
	ВЭР - настиляющиеся на ограждения верные струи (рис.1в)	ВДУМ
	ВПК, полиэтиленовые воздуховоды - плоские струи (рис.1д)	-
	Решетки РР - осесредоточенные осе- симметричные струи (рис.1а)	-
II	Решетки РР - осесимметричные струи (рис.1а)	-
	ВЭР, ВК - конические струи (рис.1г)	ВДУМ, ПБУ
	Теплый период	
I, II	ВЭР - конические струи (рис.1г)	ВДУМ
	Установки "Климат" - осесимметрич- ные струи	

^I Наиболее высокие технико-экономические показатели имеют децентрализованные приточные установки с ВР типа ВЭР, использующие 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 по организации серийного производства собственными силами заказчика по указанным в приложении II 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

$$\Delta t_{\text{норм}} \leq \pm 2^{\circ}\text{C},$$

крупного рогатого скота

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

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

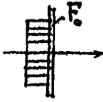
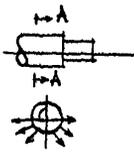
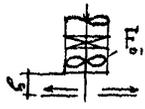
Таблица 2

№ п/п	Наименование помещений	V норм, м/с	
		расчетная в холодный и переходный периоды года	допустимая в теплый период года
1.	Коровники для беспривязного и привязного содержания животных; здания для молодняка и здания для скота на откорме	0,5	I
2.	Родильное отделение с профилактическим, телятник, доильное отделение, манеж, пункт искусственного осеменения	0,15	0,5
3.	Свинарники-помещения для холостых и опоросных маток (кроме указанных в п.6 табл.2) и хряков	0,3	I
4.	То же, для ремонтного молодняка и поросят-отъемшей	0,2	0,6
5.	Свинарник-откормочник - помещение для содержания свиней	0,3	I
6.	Свинарник-маточник - помещение для тяжелоопоросных (за 7-10 дней до опороса) маток и подоосных маток с приплодом	0,15	0,4

3.3. Характеристики рекомендуемых воздухораспределителей приведены в табл.3.

Таблица 3

Технические характеристики
рекомендуемых воздухораспределителей

№ п/п	Наименование БР	Эскиз	Обозначение	Размер, мм	V , м/с
I	2	3	4	5	6
<u>I. Подача воздуха компактными струями</u>					
I	Решетка воздухоприточная регулируемая		РР1	100x200	2-5
			РР2	100x400	
			РР3	200x200	
			РР4	200x400	
			РР5	200x600	
<u>II. Подача воздуха плоскими струями</u>					
2	Воздухораспределитель перфорированный круглый металлический		ВПК1 ВПК2	620 1100	4-12
<u>III. Подача воздуха веерными - коняческими струями</u>					
3	Воздухораспределитель эжекционный регулируемый		ВЭР	710 (с вентилятором ВВ) 500 (с вентилятором ВОВ)	2-6
4	Воздухораспределитель коняческий		ВК	250 320 400	5-15

Продолжение табл.3

№ п/п	Наименование ВР	$\frac{L_0}{S},$ м ² /ч	$\frac{F_0}{M^2}$	α	$\frac{b}{d_0}$	m	n	ξ
I	2	7	8	9	10	11	12	13
<u>I. Подача воздуха компактными струями</u>								
I	Решетка воздухоприточная регулируемая	115-290	0,016	35	-	4,5	3,2	3,2
		230-580	0,032					
		230-580	0,032					
		400-1050	0,064					
		690-1730	0,096					
<u>II. Подача воздуха плоскими струями</u>								
2	Воздухораспределитель перфорированный круглый металлический	7200-21600	0,5	90	-	0,5	1,0	1,5
		22000-66000	1,53					1,8
<u>III. Подача воздуха веерными коническими струями</u>								
3	Воздухораспределитель эжекционный регулируемый	2000-6000	0,4	0	0,2	1,1	1	См. рис. 14
		2000-6000	0,2					
4	Воздухораспределитель конический	882-2646	0,049	30	-	1,12	0,85	1,77
		1492-4477	0,0829					
		2268-6804	0,126					

4. ПОРЯДОК РАСЧЕТА ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

4.1. Расчет воздухораспределения следует проводить в следующей последовательности:

1) 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 (1) количество приточного воздуха G при $K_d = 1(K-1)$ и $G_{pз} = 0$;

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

$$V_x \leq 2V_{норм}; \quad (5)$$

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

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

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

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 $Q_{п}$ (или $Q_{п}$);

9) повторить расчет по пп. 4.5-4.7.

4.2. При рассмотрении конкретной приточно-вытяжной вентиляции проводят их сопоставление по приведенным затратам [12].

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

5.1. Максимальные параметры воздуха в расчетном сечении струи на расстоянии X от ВР определяются по формулам максимальные скорости:

$$V_x = \frac{m V_0 \sqrt{K_c}}{x} K_c \cdot K_n, \text{ м/с}; \quad (7)$$

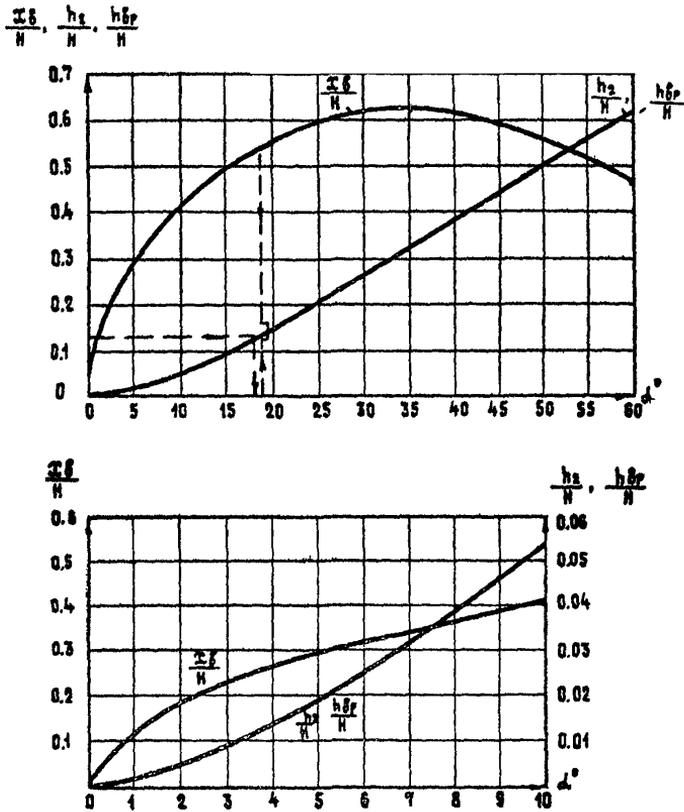


Рис.2. График зависимости относительного расстояния от места выпуска холодной (подогретой) струи вверх (вниз) до высшей (низшей) точки оси компактной струи по горизонтали X_v/N и по вертикали h_2/N (h_{sp}/N) от угла выпуска приточной струи α : а) $\alpha \leq 60^\circ$; б) $\alpha \leq 10^\circ$

избыточные температуры:

$$\Delta t_x = \frac{n \Delta t_0 \sqrt{F_0}}{\alpha} \cdot \frac{1}{K_0 K_n}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (8)$$

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

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

Помещения группы I ($t_0 < t_{вн}$)

5.3. По расчетному воздухообмену G для холодного периода года и количества N ВР определяют количество приточного воздуха, подаваемого одним ВР¹:

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

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 $h_2 = H_{пом} - h_1$).

5.6. По значению максимального угла выпуска приточной струи (см.рис.1а,б) определяют значения $\frac{h_2}{H}$ и X .

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 $X \leq 1,5 m \sqrt{F_{пом}}$.

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:

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

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

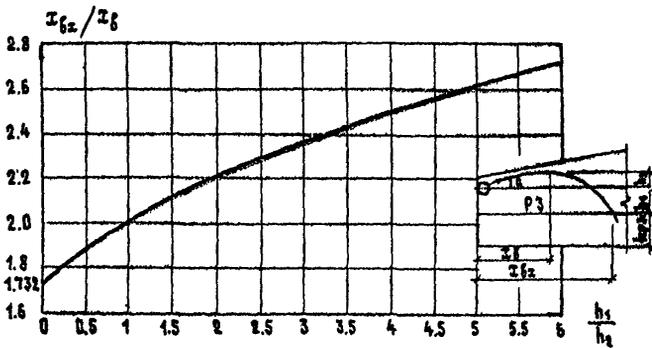


Рис. 3. График зависимости относительного расстояния от ВР до места пересечения осью компактной струи верха рабочей зоны x_{6z}/x_6 от характеристики уровня расположения ВР h_1/h_2 при выпуске холодной компактной струи под углом α вверх

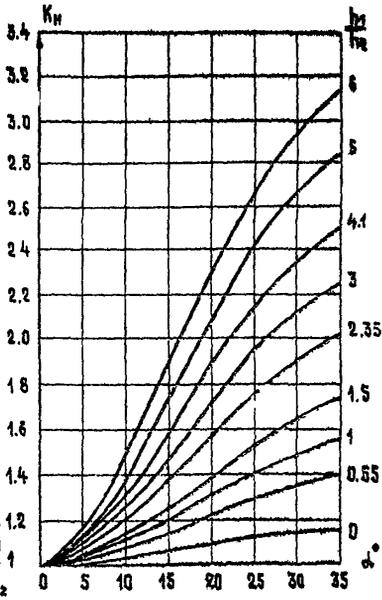


Рис. 4. График зависимости коэффициента неизотермичности $K_{нi}$ компактной холодной струи от угла выпуска приточной компактной струи α вверх и характеристики уровня расположения ВР h_1/h_2

коэффициент стеснения K_c следует принимать по табл. 4^I.

Таблица 4

Значение коэффициента стеснения K_c

$\frac{F_0}{F_{ном}}$	$\frac{\lambda}{m \sqrt{F_{ном}}}$		
	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 неадиабатичности K_H определяют по графикам (рис.4) в зависимости от угла выпуска струи α и характеристики уровня расположения $BR \frac{h_1}{h_2}$. В формулу (8) подставляются значения K_H , 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 $\frac{h_1}{h_2}$ для H до тех пор, пока неравенства (5) и (6) не будут соблюдены.

5.11. Поправочный множитель K в формуле (1) 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 $BR \frac{h_1}{h_2}$ и значений $\frac{h_1}{h_2}$;

[6].^I В формуле (8) при $K_0 < 0,85$ следует принимать $K_0 = 0,85$

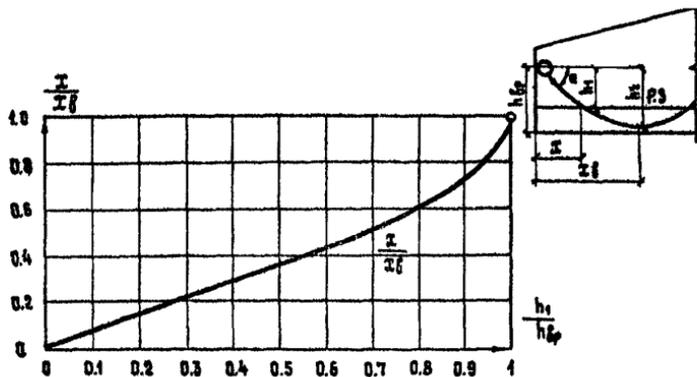


Рис.5. График зависимости относительного расстояния от ВР до места пересечения осей струи верхней границы рабочей зоны при входе в нее X/X_0 от уровня расположения ВР $h_1/h_{\Delta P}$ при выпуске подогретой компактной струи под углом α вниз

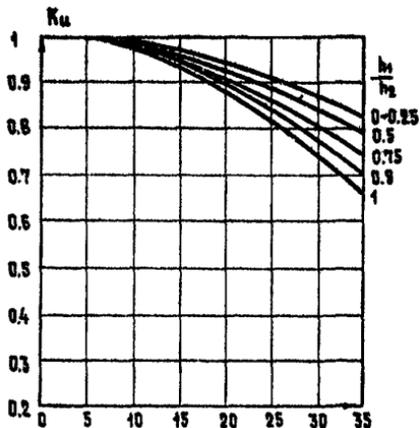


Рис.6. График зависимости коэффициента неизотермичности компактной подогретой струи K_{μ} от угла выпуска приточной компактной струи α вниз и уровня расположения ВР $h_1/h_{\Delta P}$.

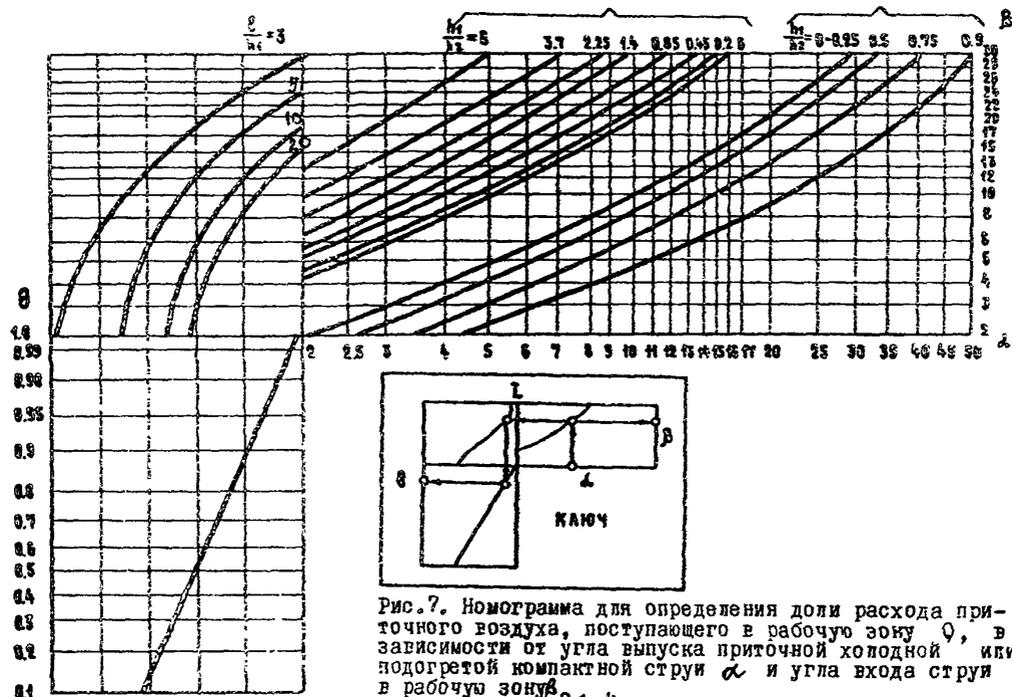


Рис. 7. Номограмма для определения доли расхода приточного воздуха, поступающего в рабочую зону Q , в зависимости от угла выпуска приточной холодной или подогретой компактной струи α и угла входа струи в рабочую зону β .

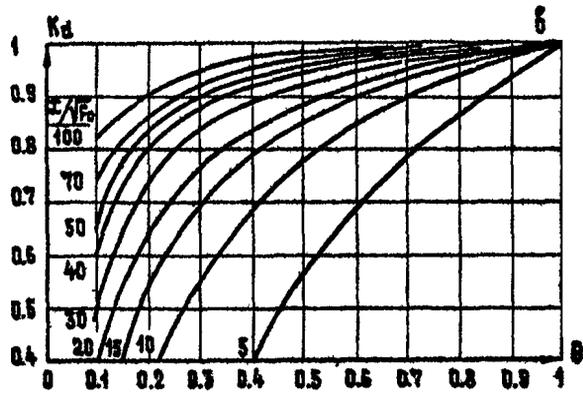
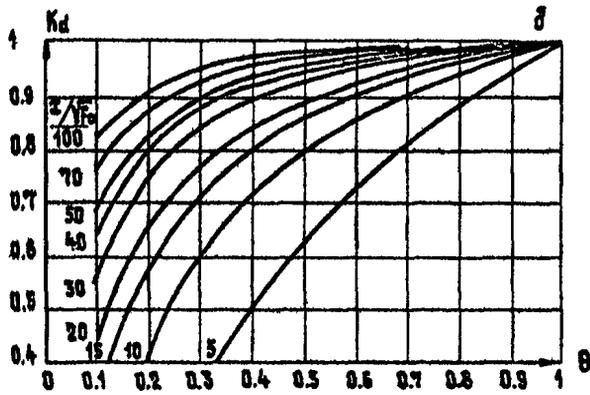
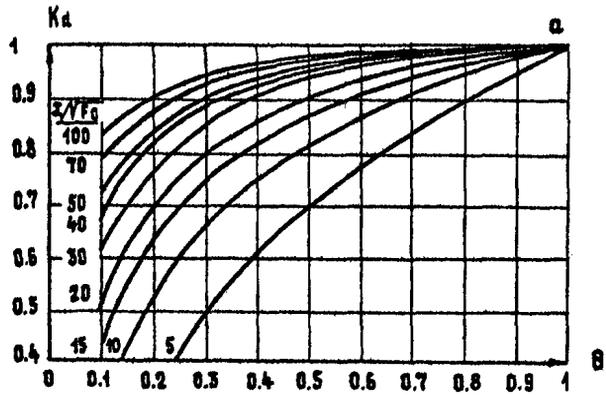
Пример: 1: $\alpha = 8^\circ$, $h_1/h_2 = 1,4$,
 Ответ: $\beta = 26^\circ$, $\theta = 0,95$
 Пример: 2: $\alpha = 25^\circ$, $h_1/h_2 = 0,5$
 Ответ: $\beta = 23^\circ$, $\theta = 0,95$

Таблица 5

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

K_d	Доля расхода вытяжного воздуха из рабочей зоны, $\bar{G}_{рз}^{%}$										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	I
	Поправочный множитель K										
0,7	1,43	1,37	1,316	1,192	1,22	1,176	1,136	1,1	1,064	1,031	I
0,75	1,34	1,29	1,25	1,212	1,176	1,138	1,141	1,082	1,053	1,018	I
0,8	1,25	1,22	1,19	1,163	1,136	1,111	1,087	1,064	1,042	1,021	I
0,85	1,18	1,156	1,136	1,117	1,099	1,08	1,064	1,047	1,031	1,016	I
0,9	1,11	1,1	1,067	1,075	1,064	1,053	1,042	1,031	1,02	1,01	I
0,95	1,05	1,047	1,042	1,036	1,031	1,026	1,02	1,015	1,01	1,005	I
1,0	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.



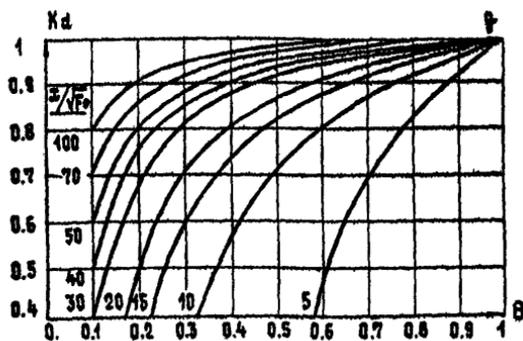
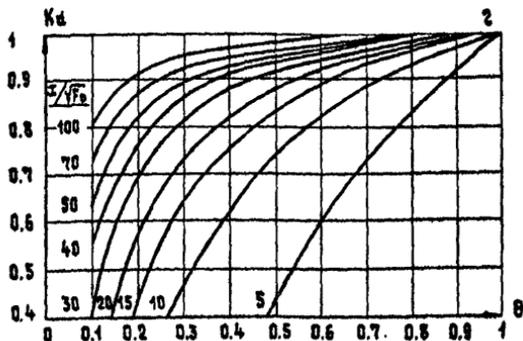


Рис. 8. График зависимости коэффициента воздухообмена по влаге K_d от доли расхода приточного воздуха θ , поступающего в рабочую зону, и относительного расположения от БР до расчетного сечения x/l_k (до места пересечения осью компактной нагретой или холодной струи верхнего уровня рабочей зоны) при заданных долях удаленного воздуха из рабочей зоны $\theta_{уд}$.

а) 0; б) 0,3; в) 0,5; г) 0,7; д) 1

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 $\theta_{уд}$ и значения $\frac{h_1}{h_2}$ [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 $\alpha > 70^\circ$, для помещений группы I и $\alpha \geq 20^\circ$ для помещения группы II.

5.12. Уточняют значение количества приточного воздуха по формуле (1) и тепла, расходуемого на подогрев приточного воздуха, по формуле (3).

Помещение группы II ($t_o > t_{ns}$)

5.13. Аналогичен п.5.3.

5.14. Выбирается высота установки ВР h_1 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 $h_2 < h_{ns}$).

5.16. Аналогичен п.5.6.

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

5.18. Аналогичен п.5.8.

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

коэффициент Stevenson K_o определяется по п.5.9;

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

^IСхема 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{norm} по табл.2 (п.2,4,6 - холодный период года) $\frac{h_1}{h_2}$ по рис.5 следует устремлять к единице. При значении $\frac{h_1}{h_2} = 1$ 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 врезодоточенной венастиляршейся струи,
истекающей из ВР типа ВР [8]

5.21. Аналогичен п.5.1-5.12.

5.22. Максимальные параметры воздуха в обратном потоке следует определять по формулам¹:

$$V_{\text{max.овр.}} = K_1 V_0 \sqrt{\frac{F}{F_{\text{ном}}}}; \quad (II)$$

$$t_{\text{max.овр.}} = 1,4 t_0 \sqrt{\frac{F}{F_{\text{ном}}}}. \quad (II)$$

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

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

Помещения группы I ($t_0 < t_{\text{вз}}$)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.м³/ч выбирают воздуховод с меньшим V_0 .

6.2. По расчетному воздухообмену B для холодного периода года определяем количество приточного воздуха при $K=1$ на один воздуховод.

6.3. Принимается высота установки воздуховода h_1 по графику (рис.10) определяются V_k и Δt_x (при $K_0 = 1, K_2 = 1$)³.

¹ Максимальные значения параметров находятся на расстоянии 1,5 м $\sqrt{F_{\text{ном}}}$.

² В помещениях группы II следует вместо воздухопроводов ВПК применять ВР типа ВВР или конические воздухоораспределители ВК.

³ h_1 должно быть меньше или равно значению $5,28 \sqrt{\frac{m \cdot V_x}{m \cdot \Delta t_x}}$ (графики рис.10 учитывают значения величин $m, n, x, d_{\text{от}}$).

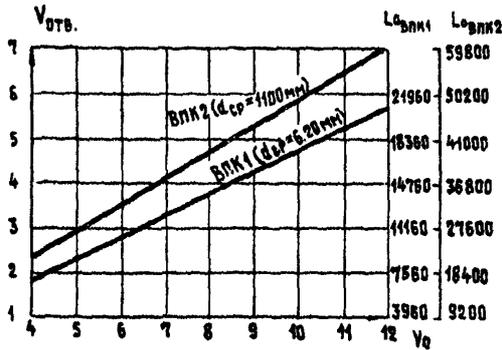


Рис.9. График зависимости средней скорости воздуха $V_{срв}$ в отверстиях ВР воздуховода типа ВПК и подачи этих воздуховодов L_0 от скорости воздуха V_0 в начальном сечении

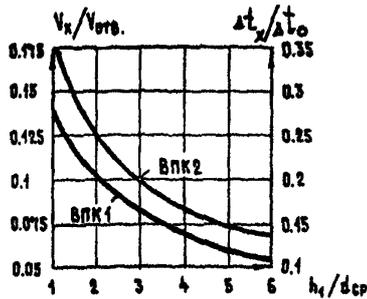


Рис.10. График зависимости относительной максимальной осевой скорости $v_x/v_{срв}$ воздуха и относительной максимальной избыточной температуры $\Delta t_x/\Delta t_0$ в плоской струе, истекающей из воздуховода типа ВПК вниз, от расстояния воздуховода до верхнего уровня рабочей зоны v_1 ($K_c = K_n = 1$)

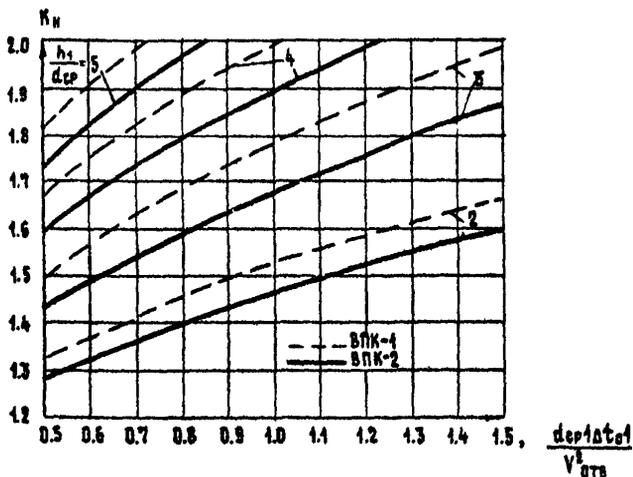


Рис.11. График зависимости коэффициента неизотермичности K_n плоской холодной струи, направленной из ВПК вниз, от параметра $V_{стр}$ и относительного расстояния от низа воздуховода типа ВПК до верхнего уровня рабочей зоны h_1/d_{cp}

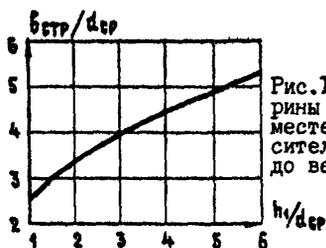


Рис.12. График зависимости относительной ширины $b_{стр}/d_{cp}$ струи, истекающей из ВПК, в месте ее входа в рабочую зону $b_{стр}$ от относительного расстояния, от низа воздуховода до верхнего уровня рабочей зоны h_1/d_{cp}

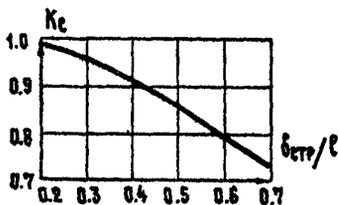


Рис.13. График зависимости коэффициента стеснения K_c от относительной ширины плоской струи из ВПК в месте ее входа в рабочую зону

6.4. Коэффициент неизотермичности следует принимать по графикам (рис. II) в зависимости от $\frac{h_1}{d_{ср}}$ и параметра $\frac{d_{ср} \cdot \Delta t_0}{\sqrt{b \cdot t_0}}$

6.5. Коэффициент отсоединения следует принимать по графикам (рис. I3) в зависимости от относительной ширины отруба в месте ее входа в рабочую зону $\frac{b_{отр}}{h_1}$, предварительно определяя $b_{отр}$ по рис. I2 в зависимости от $\frac{h_1}{d_{ср}}$.

6.6. Искомую максимальную скорость V_M определяют путем умножения ее значения, полученного по п. 6.3, на значения коэффициентов K_0 и K_H , определяемым 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_0 и K_H , определяемым 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 (1) и K_d в формуле (2) принимают по табл. 6.

Таблица 6

Поправочный множитель, K_d	Количество удаляемого воздуха от рабочей зоны, $\bar{G}_{r.з.}$			
	0	0,03	0,7	I
K	0,834	0,905	0,973	I
K_d	I,2	I,15	I,1	I

6.10. Аналогичен п. 5. I2.

7. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗДУХА ВВЕРНЫМИ И КОНИЧЕСКИМИ СТРУЯМИ

А. Распределение воздуха вверной или конической струей децентрализованной приточной вентиляционной установкой с воздухораспределителем типа ВЭР [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 (1) определяется проектируемое количество ВЭР: N .

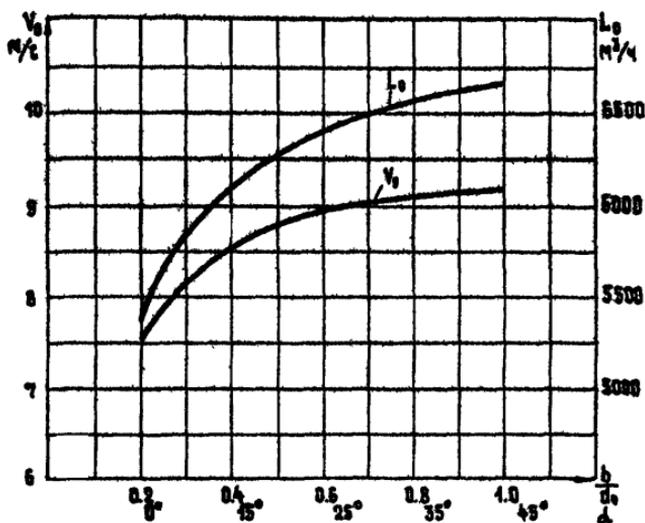


Рис.14. График зависимости скорости вращения осевого вентилятора ВЭР от величин L_0 и G/d_0 при $n = 1420$ об/мин.

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

а) Холодный период года (рис.1в)

7.3. Подача приточного воздуха осуществляется вверной струей. Относительное расстояние между кольцевым экраном ВЭР и выпускным сечением шахты принимают $\frac{r}{d_0} = 0,2$ (угол истечения струи при этом $\alpha = 0$).

7.4. По результатам тепло-воздушного баланса при помощи характеристики осевого вентилятора (см.рис.14) определяют значения L_0 , V_0 и N для холодного периода года.

7.5. Определяем относительную длину оси холодной струи $\frac{x}{\sqrt{t_0}}$ по номограмме (рис.15) в зависимости от значений $V_0, \sqrt{t_0}, |\Delta t_0| \sqrt{t_0}$ и $\frac{h_1}{t_0}$.

7.6. Определяем V_x и Δt_x по формулам (7) и (8) при $K_0 = K_H = 1$. Значения m и n принимаются по табл.3 при $\frac{r}{d_0} = 0,2$ ($\alpha = 0$).

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

коэффициент сжатия K_C по номограмме (рис.16) в зависимости от величины $\frac{V_x}{V_0}$ и $\frac{r}{d_0} = 0,2$;

коэффициент неизоотермичности K_H по номограмме (рис.17) в зависимости от величины x и $V_x, \Delta t_x$, определенных по п.7.6.

7.8. Аналогичен п.5.10.

7.9. Поправочный множитель в формуле (1) и коэффициент K_d в формуле (2) принимают по табл.7.

Таблица 7

Поправочный множитель, К	Относительное количество удаляемого воздуха из рабочей зоны, $G_{ра}^*$, кг/ч			
	0	0,3	0,7	I
Коэффициент воздухообмена, K_d				
K	I, II	1,08	1,02	I
K_d	0,9	0,9	0,95	I

^I При $x > l + h_{вр}$ принимают $x = l + h_{вр}$.

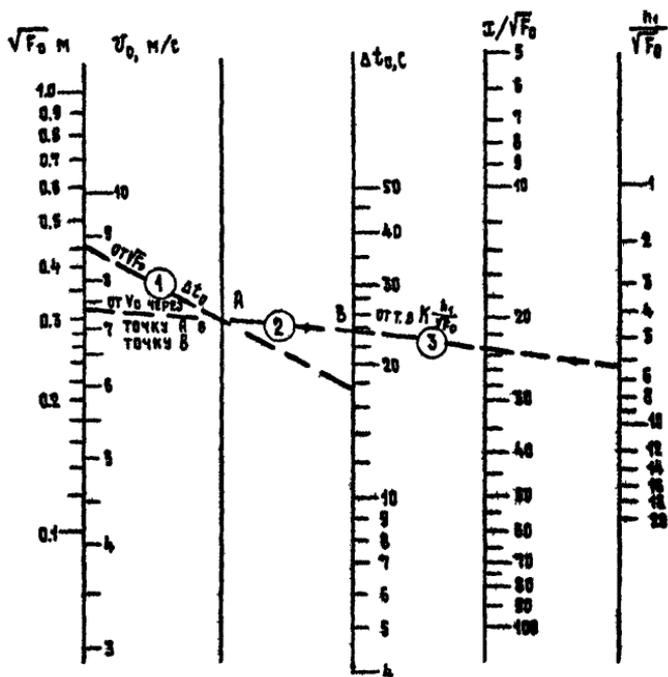


Рис.15. Номограмма для расчета длины сверной холодной струи, истекающей из ВР типа ВОР

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

2. по v_0 через точку А определяем точку В на шкале Δt_0 ;

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

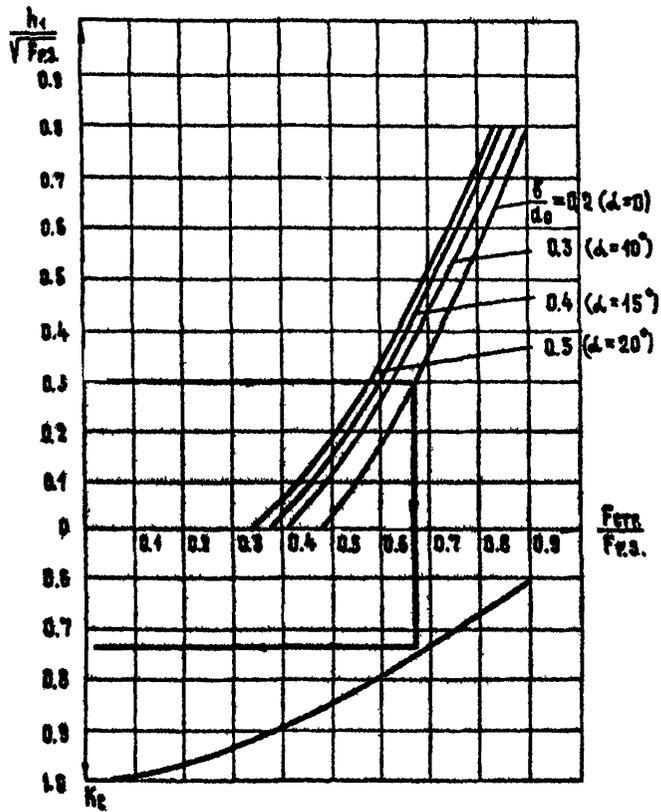


Рис. 16. Номограмма для определения поправочного коэффициента стеснения K_c верхней струи, истекающей из ВР типа ВОР

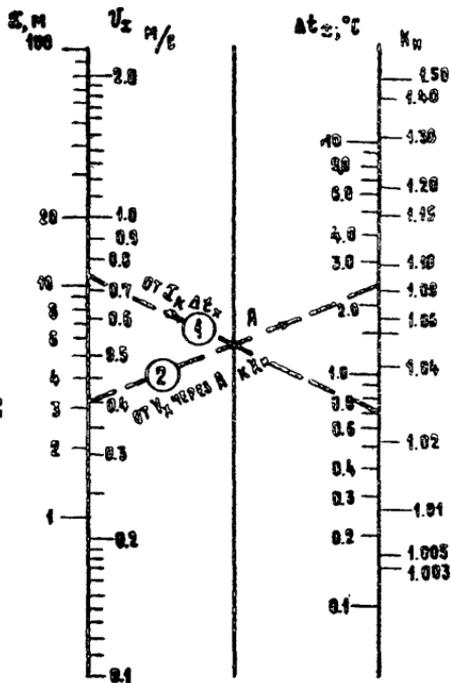


Рис.17. Номограмма для определения коэффициента неизотермичности веерной струи, истекающей из ВР типа ВЭР

Дано: $x=12$ м; $\Delta t_x = 0,7^\circ$; $V_x = 0,4$ м/с.

Решение: 1) по x и Δt_x находим точку А на вспомогательной прямой;

2) через точку А по V_x определим $Kn=1,09$

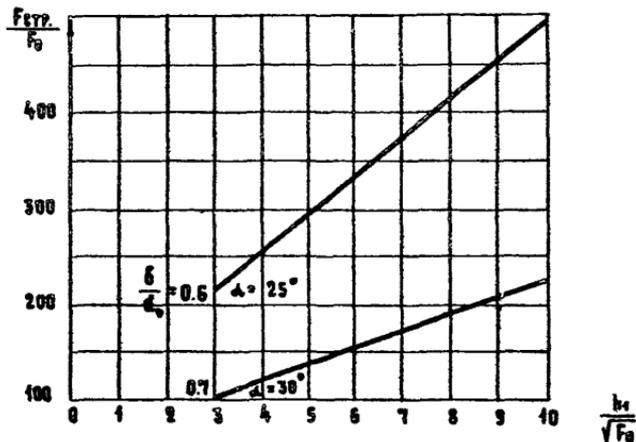


Рис.18. График зависимости площади поперечного сечения сходящейся струи от координаты h_1 , при различном V/d_0 (или α) для ВР типа ВЭР

б) Теплый период года (см.рис.1г)

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

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

7.11. Расстояние X равно 2,73.

7.12. Аналогичен п.5.10.

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

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

коэффициент сжатия K по номограмме (см.рис.1б) в зависимости от величины $\frac{h_1}{\sqrt{F_{ном}}}$ и $\frac{h}{d_0} = 0,5$ ($\alpha = 20^\circ$);

коэффициент невязотермичности K_n принять равным единице.

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

7.14. Расстояние X равно h_1 .

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

коэффициент сжатия K_0 по номограмме (см.рис.1б), предварительно определив значение F' стр по номограмме (рис.18) в зависимости от величины $\frac{h_1}{\sqrt{F_0}}$ и $\frac{h}{d_0}$;

коэффициент невязотермичности K_n принять равным единице.

7.16. Аналогичен п.5.10^I.

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

7.17. При несоблюдении неравенств (5) и (6) расчет следует провести при $\alpha = 20^\circ$ по пп.7.10-7.13.

7.18. 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 верную и наоборот.

Б. Распределение воздуха конической струей
воздухораспределителем ЕК¹2)

7.19. Определяем максимальное количество воздуха, подаваемого одним БР:

$$L_0 = \frac{24000}{V_0} (V_{\text{норм}} h)^2, \quad (13)$$

значения $V_{\text{норм}}$ и V_0 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 ЕК определяют по графикам (см.рис. 2) по значению величин $\frac{h_{\text{вп}}}{H}$ при $\alpha = 60^\circ$.

7.25. Аналогичен п.5.17.

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

коэффициент вязкостермичности по графикам (см.рис.6) в зависимости от $\frac{h_1}{h_{\text{вп}}}$ при $\alpha = 60^\circ$;

коэффициент стеснения принимать равным единице.

7.27. Значения величин V_k и Δt_k , определяемые по формулам (7) и (8), следует умножить на $1,41$.

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

7.29. Аналогичен п.7.9.

¹ЕК рекомендуется применять в небольших помещениях группы Ц, например, профилактория.

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

ПРИМЕРЫ ВЫБОРА И РАСЧЕТА СИСТЕМ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Пример I. Выбрать систему воздухораспределения для коровника с беспривязным содержанием размерами $21 \times 90 \times 5,5$ м, при высоте наружной ограждающей стены 2,7 м. Параметры и расход воздуха в холодный период года: $t_w = -6^\circ\text{C}$, $t_{в.з.} = 5^\circ\text{C}$, $L = 40400$ м³/ч. В холодный период года приточный воздух разделяется централизованной системой вентиляции.

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

п.4.1. Так как $t_{в.з.} < t_{в.п.}$ 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.1).

Размещаем воздухопроводы с решетками РР вдоль продольных наружных стен. Методика расчета струи принята для помещений группы I по пп.5.3-5.12.

п.5.3. $M = 90:6 \cdot 2 = 30$ шт.

$L_0 = 40400:30 = 1345$ м³/ч, выбираем решетку РР5 размером 200×600 мм, $f_r = 0,096$ м; $m = 4,5$; $n = 3,2$ (см.табл.3)

$$V_0 = 1345:3600 \cdot 0,096 = 4 \text{ м/с.}$$

$$\text{п.5.2. } H = 5,45 \frac{4,5 \cdot 4^2 \sqrt{0,096}}{3,2 \cdot \Pi} = 9,1 \text{ м.}$$

п.5.4. Принимаем $h_{в.р.} = 2,5$ м.

п.5.5. $h_2 = H_{\text{пом}} - h_{в.р.} = (5,5 + 2,7):2 - 2,5 = 1,6$ (по определению).

$$\text{По } \frac{h_2}{H} = \frac{1,6}{9,1} = 0,18 \text{ определяем на рис.2а } \alpha = 23^\circ.$$

п.5.6. По $\alpha = 23^\circ$ определим $\frac{x_{в.}}{H} = 0,57$ или $x_{в.} = 0,57 \cdot 9,1$ = 5,2 м.

п.5.7. $h_{в.з.} = 1,5$ м (п.3.1) $> h_2$; $h_4 = h_{в.р.} - h_{в.з.} = 2,5 - 1,5$ = 1,0 м и $\frac{h_4}{h_2} = \frac{1,0}{1,6} = 0,63$.

По $\frac{h_4}{h_2} = 0,63$ определим на рис.3 $\frac{x}{x_{в.}} = 1,9$ или $x = 1,90 \cdot 5,2$ = 9,88 м.

п.5.8. $F_{\text{ном}} = 6 \cdot 5,5 = 33 \text{ м}^2$ $1,5 \pi \sqrt{F_{\text{ном}}} = 54 \text{ м}$ или уловие
п.5.8 не нарушено, т.е. $X < 1,5 \pi \sqrt{F_{\text{ном}}}$.

п.5.9. $\frac{F_{\text{в}}}{F_{\text{ном}}} = \frac{0,096}{33} = 0,0028$ и $K_C = 1$.

По рис.4 на основании $\alpha = 23^\circ$ и $\frac{h_1}{h_2} = 2,77$ определяем $K_H = 1,70$
(для формулы 8).

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

п.5.1.

$$V_x = \frac{4,5 \cdot 4 \sqrt{0,096}}{8,7} \cdot 1 \cdot 1,70 = 0,98 \text{ м/с.}$$

$$\Delta t_x = \frac{3,2(-16) \sqrt{0,096}}{8,7} \cdot \frac{1}{1 \cdot 0,92} = -1,94^\circ\text{C.}$$

В соответствии с п.3.2. $V_{\text{ном}} = 0,5 \text{ м/с}$ или $2 V_{\text{ном}} = 1 \text{ м/с}$
 $\Delta t_{\text{ном}} \leq \pm 2^\circ\text{C}$ или $2 \Delta t_{\text{ном}} \leq \pm 4^\circ\text{C}$

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

п.5.11. По рис.7 на основании $\alpha = 23^\circ$, $\frac{h_1}{h_2} = 2,77$ (помеще-
ние группы I) и $\frac{L}{h_1} = \frac{21:2}{1,5} = 7$ определяем $\theta = 1$, т.е. весь при-
точный воздух поступает в рабочую зону.

Из рис.8 видно, что при $\theta = 1$ имеем $K_d = 1$ вне зависимости
от доли расхода вытяжного воздуха $\bar{G}_{\text{р.в.}}^{\text{в}}$, удаляемого из рабочей
зоны.

Поправочный коэффициент $K=1$.

п.5.12. Расчетный воздухообмен и расход тепла на подогрев
наружного воздуха принимаются равными ($K_d = 1$), приведенными в
условии примера.

Пример 2. Выбрать систему воздухораспределения для свинар-
ника-откормочника размерами $18 \times 96 \times 5,5 \text{ м}$. Параметры и расход воз-
духа в холодный период года $t_o = 6^\circ\text{C}$; $t_{\text{р.в.}} = 10^\circ\text{C}$; $L = 28000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

В холодный период года приточный воздух раздается центра-
лизованной системой вентиляции.

Выбор и расчет системы воздухораспределения проводим в со-
ответствии с разделом 4.

п.4.1. Так как $t_{\text{лр}} < t_{\text{вз}}$, помещение относится к группе I.

п.4.2. Нормативная подвижность воздуха в свиарниках значительно ниже, чем в коровниках. В связи с этим подача воздуха осуществляется в холодный период года в направлении рабочей зоны плоской струей, истекающей из воздухопроводов типа ВПК (см. табл. I). Размещаем воздухопроводы вдоль продольной оси здания. Методика расчета струи принята для помещения группы I по п.6.1-6.10. Технические данные ВПК приведены в приложении 2.

п.6.1. Выбираем 4 воздухопровода типа ВПК I.

$L_0 = 28000:4=7000 \text{ м}^3/\text{ч}$, $V_0 = 4,0 \text{ м/с}$; $V_{\text{отв}}=1,8 \text{ м/с}$.

п.6.2.

$$h_1 \leq 5,28 \sqrt[3]{0,61 \frac{(0,5-4,0)^4}{(1,4)^2}} = 9,3 \text{ м.}$$

Низ воздухопровода расположим из конструктивных соображений на отметке $h_{\text{лр}} = 3,5 \text{ м}$; $h_{\text{вз}} = 1 \text{ м}$ (п.3.1) $h_1 = h_{\text{лр}} - h_{\text{вз}} = 3,5 - 1 = 2,5 \text{ м}$.

По рис.10 на основании $\frac{h_1}{d_{\text{ср}}} = \frac{2,5}{0,61} = 4,1$

определим $\frac{V_x}{V_{\text{отв}}} = 0,07$ и $\frac{\Delta t_x}{\Delta t_0} = 0,14$

или $V_x = 0,07 \cdot 1,8 = 0,14 \text{ м/с}$ и $\Delta t_x = (-4) \cdot 0,14 = -0,56^\circ\text{C}$.

п.6.3. По рис.11 на основании $\frac{d_{\text{ср}}/\Delta t_0}{V_{\text{отв}}^2} = \frac{0,64 \cdot 4}{1,8^2} = 0,76$ и

$h_1/d_{\text{ср}} = 4,1$, определяем $K_{\text{н}} = 1,86$.

п.6.4. По рис.12 на основании $h_1/d_{\text{ср}} = 4,1$ определяем $\frac{b_{\text{стр.}}}{d_{\text{ср}}} = 4,4$ или $b_{\text{стр.}} = 4,4 \cdot 0,61 = 3,12 \text{ м}$.

По рис.13 на основании $\frac{b_{\text{стр.}}}{l} = \frac{3,12}{21:2} = 0,33$ определяем $K_0 = 0,96$.

п.6.5. $V_x = 0,14 \cdot 1,86 \cdot 0,96 = 0,25 \text{ м/с}$;

$$\Delta t_x = (-0,56) \frac{1}{1,86 \cdot 0,96} = -0,3^\circ\text{C}$$

В соответствии с п.3.2

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

$\Delta t_{\text{норм}} \leq \pm 3^\circ\text{C}$ или $2\Delta t_{\text{норм}} \leq \pm 6^\circ\text{C}$.

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

п.6.8. Принимаем долю расхода вытяжного воздуха, удаляемого из рабочей зоны, $\bar{G}_{r,2}^{1/4} = 1$, т.е. предусматриваем вытяжку в размере притока от подпольных каналов. Поправочный коэффициент $K_{=I}$.

п.6.9. Расчетный воздухообмен и расход тепла на подогрев наружного воздуха ($K_d = 1$) принимается равным приведенному в условии примера. Следует иметь в виду, что отказ от подпольных каналов и вытяжных проемов ниже рабочей зоны (или уменьшение $\bar{G}_{r,2}^{1/4}$) позволяет снизить воздухообмен и расход тепла на нужды вентиляции на 16,6%, так как поправочные множители в формуле (2) $K = 0,834$ и в формуле (3) $K_{=I,2}$ при $\bar{G}_{r,2}^{1/4} = 0$ (см. табл.6).

Пример 3. Выбрать систему воздухораспределения для свинарника-откормочника размерами 21x30x4,0 м. Параметры и расход воздуха в холодный период года $t_{н} = -30^{\circ}\text{C}$, $t_{с} = -14,8^{\circ}\text{C}$, $t_{вз} = 10^{\circ}\text{C}$, $L = 40400 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Параметры и расход воздуха в теплый период года $t_{н} = 29^{\circ}\text{C}$, $t_{с} = 29^{\circ}\text{C}$, $t_{вз} = 30^{\circ}\text{C}$, $L = 74700 \text{ м}^3/\text{ч}$.

На комплексе имеется электроэнергия, расходуемая на нужды вентиляции. В связи с этим принято круглогодичное распределение воздуха верной (холодный период года) и конической отруей (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.7.1. Максимальная производительность одной установки при $\alpha = 30^{\circ}$ равна $6500 \text{ м}^3/\text{ч}$ (см. рис.14) и $N = 74700:6500 = 11,5$ шт. Принимаем количество установок $N = 12$ шт. и размещаем вдоль продольной наружной стены симметрично по 6 шт. по обе стороны продольной оси помещения.

п.7.2. Принимаем по конструктивным соображениям $h_{вп} = 3,5$ м. Методика расчета струи принята по п.7.1-7.18.

а) Холодный период года

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

п.7.4. В соответствии с $\alpha = 0$ по рис.14 имеем $\frac{h}{d_0} = 5350 \text{ м}^3/\text{ч}$,

$V_0 = 7,4$ м/с и $N = 40400:5350 = 7,6$ шт. Таким образом, в холодный период года работает 8 из 12 установок. Режим работы может быть таким, что установки работают попеременно.

п.7.5. Для определения X выпишем исходные данные:

из табл.3 $F_0 = 0,4$ м² (принята установка $d_0 = 710$ м с осевым вентилятором типа В0-7);

из п.3.2. $h_{рз} = 1$ м и $h_0 = h_{св} - h_{рз} = 3,5 - 1 = 2,5$ м;

$|\Delta t_0| = 24,8^\circ$.

Определим X в следующей последовательности:

1) Соединяем прямой значения $F_0 = 0,65$ и $|\Delta t_0| = 24,8^\circ$ и находим точку А (см.рис.15).

2) Из $V_0 = 7,4$ м/с через точку А проводим луч и на пересечении со шкалой Δt_0 находим точку В.

3) Из $h_0/\sqrt{F_0} = 2,5:0,65 = 3,9$ через точку В проводим луч до пересечения со шкалой $x/\sqrt{F_0}$ и получаем $x\sqrt{F_0} = 15$ или $x = 15:0,65 = 9,75$ м.

4) Делаем проверку по примечанию:

$\ell + h_{вр} = 21:2:3,5 = 14$ м, но так как $x = 9,75$ м < 14 м, то принимаем $x = 9,75$ м.

п.7.6. По табл.3 имеем $\alpha = 0$, $m = 1,1$ и $n = 1$.

Определяем V_x и Δt_x при $K_C = K_H = 1$

$$V_x = \frac{1,1 \cdot 7,4 \cdot 0,65}{9,75} \cdot 1 \cdot 1 = 0,54 \text{ м/с};$$

$$\Delta t_x = \frac{1(-24,8) \cdot 0,65}{9,75} \cdot \frac{1}{1 \cdot 1} = -1,65^\circ\text{C}.$$

п.7.7. Определяем коэффициент K_C :

так как $F_{рз} = 90 \cdot 21:8 = 236$ м и $\sqrt{F_{рз}} = 15,3$ м, то по

$$\frac{h_0}{\sqrt{F_{рз}}} = \frac{2,5}{15,3} = 0,18 \quad \frac{\ell}{d_0} = 0,2 \quad (\alpha = 0^\circ)$$

находим на рис.16 $\frac{F_{отв.}}{F_{р.з.}} = 0,6$ и $K_C = 78$.

Определяем коэффициент K_H :

1) Соединяем прямой значения $x = 9,75$ м и $\Delta t_x = -1,65^\circ\text{C}$ и на промежуточной шкале находим точку А.

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

рассечении со шкалой K_H находим $K_H = 1,095$.

п.7.8. Расчетные максимальные параметры равны

$$V_x = 0,54 \cdot 1,095 \cdot 0,78 = 0,46 \text{ м/с};$$

$$\Delta t_x = (-1,65) \frac{1}{1,095 \cdot 0,78} = -1,9^\circ\text{C}.$$

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

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

п.7.9. Принимаем долю расхода вытяжного воздуха, удаляемого из рабочей зоны, $B_{\text{вз}}^{\text{вз}} = 1$, т.е. предусматриваем вытяжку в размере притока в холодный период года из подпольных каналов. Поправочный коэффициент $K=1$. 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 $B_{\text{вз}}^{\text{вз}}$) приводит к увеличению воздухообмена и расхода тепла на нужды вентиляции на 11%, так как поправочные множители в формуле (2) $K=1,11$ и в формуле (3) $K_d = 0,9$ при $B_{\text{вз}}^{\text{вз}} = 0$ (см. табл.7).

б) Теплый период года

п.7.3. Принимаем угол истечения воздуха $\alpha = 30^\circ$ или $\frac{h}{L} = 0,7$ (см. табл.3).

$$\text{п.7.14. } x = h_{\text{вз}} - h_1 = 2,5 \text{ м.}$$

п.7.15. Определяем коэффициент стеснения K_0 :

1) так как $\sqrt{F_0} = 0,65$ и $h/\sqrt{F_0} = 2,5/0,65 = 3,9$ по рис.18 определяем для $\alpha = 30^\circ$ значение $F_{\text{стр}}/F_0 = 130$ или $F_{\text{стр}} = 130 \cdot 0,4 = 52 \text{ м}^2$;

2) так как $F_{\text{вз}} = 90 \cdot 21 : 12 = 157,5 \text{ м}^2$ и $F_{\text{стр}}/F_{\text{вз}} = 52 : 157,5 = 0,32$, по рис.16 определим $K_0 = 0,93$.

Коэффициент $K_H = 1$.

п.7.16. Принимаем по табл.3 $m = 0,9$ и $n = 0,82$ при $\alpha = 30^\circ$. Одновременно по рис.14 определяем $k = 9,1 \text{ м/с}$.

Расчетные максимальные параметры равны:

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

$$\Delta t_x = \frac{0,81 \cdot 1 \cdot 0,65}{2,5} \cdot \frac{1}{0,93 \cdot 1} = 2,3^\circ\text{С}.$$

В соответствии с п.3.2. $V_{\text{норм}} = 1 \text{ м/с}$ или $2 V_{\text{норм}} = 2 \text{ м/с}$;
 $\Delta t_{\text{норм}} \leq \pm 3^\circ\text{С}$ или $\Delta t_{\text{норм}} \leq \pm 6^\circ\text{С}$.

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

п.7.9. Принимаем расход вытяжного воздуха в теплый период года из рабочей зоны, равным в холодный период года, т.е.

$$\bar{G}_{\text{в}} = \frac{40400}{74700} = 0,54. \text{ При этом поправочные множители равны}$$

$K = 1,05$ и $K_d = 0,93$ (см.табл.7), т.е. воздухообмен следует увеличить на 5%, и он в теплый период года составит не $74700 \text{ м}^3/\text{ч}$, а $78435 \text{ м}^3/\text{ч}$.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ПРИТОЧНЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СТРУЯХ

1. 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 воздухоораспределителя.

3. Форма, направление и характер развития струи в помещении определяются конструкцией воздухоораспределителя (ВР). Рекомендуемые конструкции ВР образуют прямооточные приточные струи; к прямооточным струям относятся осесимметричные (решетки РР) и плоские струи (ВР типа БПК), названные так в соответствии с формой приточного отверстия, близкой к квадратной и плоской, а также веерные и полные конические струи (ВР типа ВЭР или ВК), названные так в соответствии с формой приточного отверстия, нижняя образующая которого представляет собой плоскость или конус с углом раскрытия более 120° .

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_n .

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 $\alpha \geq 7^{\circ}$, теплой - $\alpha \geq 20^{\circ}$.

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, отражающих конструкций;

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

вверных (ВР типа БЭР) - плоскую поверхность принудительного угла раскрытия струи;

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

Приложение

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О НОВЫХ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЯХ

1. Всесоюзным научно-исследовательским институтом охраны труда ВЦСПС в г. Ленинграде предложен воздухораспределитель перфорированный круглый металлический ВПК 1 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 источника.

В воздухораспределителях ВПК воздуховыпускные отверстия имеют постоянный размер (площадь $0,00087 \text{ м}^2$), они расположены равномерно на нижней половине поверхности воздуховода. Расстояние между отверстиями по длине ВПК постоянно и равно 150 мм (ВПК 1) и 100 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 1+2, а также за счет уменьшения поперечного сечения и количества рядов отверстий к концу ВПК.

Рекомендуемый ВПК 1 состоит из 5 участков общей длиной 25,8 м, а ВПК 2 из 4 участков общей длиной 21,1 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° , отверстие размером 25 x 25 мм, высота козырька 13 мм).

Типовая серия рабочих чертежей воздухораспределителя № 5.904-6 распространяется тбилисским филиалом ЦИТП Гостроя СССР (380019, Тбилиси, 19, ул. А. Церетели, 115).

Таблица 8

Участки					
	1	2	3	4	5
<i>d</i>	$\frac{800}{1400}$	$\frac{710}{1250}$	$\frac{630}{1000}$	$\frac{500}{800}$	$\frac{450}{-}$
	$\frac{5,16}{5,23}$	$\frac{5,23}{5,56}$	$\frac{5,01}{4,96}$	$\frac{5,22}{5,36}$	$\frac{5,22}{-}$
<i>n</i>	$\frac{10}{18}$	$\frac{10}{16}$	$\frac{8}{14}$	$\frac{6}{12}$	$\frac{6}{-}$

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

2. Ленинградским отделением ЦНИ "Проектпромышленная", Гипроиссельхозом и НИИТИМСХ ИЗ разработана децентрализованная воздухоприточная шахта с регулируемым воздухораспределителем типа ВЭР (конструкция АО ЦНИ "Проектпромышленная") для подачи воздуха с высоты до 6 м.

Установка состоит из корпуса диаметром 500 или 710 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 150°C, 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 10 кгс/м², высота калорифера - 100 мм, масса - 12 кг. Калорифер имеет три ступени регулирования по мощности - 5, 10 и 15 кВт.

Осевой вентилятор имеет ступенчатое регулирование по частоте вращения 520, 740 и 960 (1420) об/мин.

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

Воздухоораспределитель ВЭР имеет две модификации. Первая представляет собой плоское кольцо, установленное на четырех тлягах. 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 разъемной¹.

Децентрализованную установку предполагается выпускать на заводах Минживмаша.

Калькодержатель чертежей - Гипронисельхоз и ВНИИЭТО.

3. ЦНИИЭП инженерного оборудования Госгражданстроя разработал конический воздухоораспределитель ВК, предназначенный для подачи воздуха с повышенной скоростью и разностью температур в системах вентиляции и кондиционирования воздуха². Они могут устанавливаться над перекрытием и ниже на высоте 3-6 м от пола.

ВК представляет собой сборную конструкцию, включающую 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 отборками 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 дальность. В нерегулируемых системах могут применяться ВК без рассекателей. Рекомендуется к применению в системах вентиляции в помещениях группы П.

Калькулятор чертежей ВК - ЦНИИЭП инженерного оборудования Госгражданстроя¹.

¹Воздухораспределитель ВК предполагается выпускать на заводах Минмонтажспецстрой СССР.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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 1-77. 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 воздухо-распределения. М., ГПИ Сантехпроект, 1979.
9. Выпуск О. Серия № 5.904-6. Воздухораспределитель перфорированный круглый металлический (ВПК 1 и ВПК 2).
10. Технический отчет "Использование типовых схем организации воздухообмена с использованием современных воздухо-распределителей в животноводческих помещениях КРС", тема № 1059-79. Л., Ленинградское отделение ГПИ "Проектпромвентиляция", 1981.
11. Рекомендации по расчету воздухо-распределения в общественных зданиях. М., ЦНИИЭП инженерного оборудования Госграждан-ского, 1981.
12. Методика определения экономической эффективности исполь-зования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательской и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. М., "Колос", 1980.
13. Позин Г.М. Определение количества приточного воздуха для производственных помещений с механической вентиляцией (ме-тодические рекомендации). Л., ВНИИ охраны труда. ВЦСПС, 1982.

СОДЕРЖАНИЕ

Условные обозначения.....	I
1. Общая часть.....	4
2. Выбор схем воздухораспределения и расчет воздухообмена.....	4
3. Исходные данные.....	7
4. Порядок расчета воздухораспределения.....	12
5. Распределение воздуха наклонными компактными струями (решетки типа РР).....	12
6. Распределение воздуха плоскими вертикальными струями (ВР типа ВПК).....	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 воздухо- распределителем ВК.....	33
Примеры выбора и расчета систем воздухораспределения....	34
Приложения:	
1. Основные понятия о приточных вентиляционных струях...	41
2. Технические данные о новых воздухораспределителях....	43
Литература.....	47

© Гипромясельхоз, 1983

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

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

Л-9265I Подписано в печать 18.03.1983г. Тираж 2000
Объем 3 уч.-пзд.л. Заказ 209

Типография ЦНИИЭПсельстрой
(г.Апрелевка, Московская обл., ул.Апрелевская, 65)