

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Соловьев Дмитрий Александрович

Должность: ректор ФГБОУ ВО Вавиловский университет

Дата подписания: 09.06.2026 13:18:36

Уникальный программный ключ:

528682d78e671e566ab07f01fe1ba2172f735a12

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и  
инженерии имени Н.И. Вавилова»**

## **Методические указания по выполнению курсовых работ по дисциплине «Технологические энергоносители и системы»**

Направление подготовки:

**13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

Профиль подготовки:

**Энергообеспечение предприятий**

Квалификация выпускника:

**Бакалавр**

**Методические указания по выполнению курсовых работ по дисциплине «Технологические энергоносители и системы»** для направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника / Сост. И.Н. Попов // ФГБОУ ВО Вавиловский университет – Саратов, 2026. – 68 с.

Курсовой работа по дисциплине выполняется на тему «Проектирование приточно-вытяжной вентиляции животноводческих помещений» и направлена на формирование у студентов навыков по принятию технических решений при проектировании системы, которые обеспечивают нормативные параметры воздушной среды для содержания животных.

Методические указания содержат методики расчета ассимиляции влаги и вредных веществ, воздухообмена, воздухораспределения, аэродинамического расчёта; методиками расчета параметров и выбора оборудования для систем приточно-вытяжной систем вентиляции. Руководящие и нормативные материалы приведены в сокращенной форме и представлены в виде таблиц, графиков и номограмм. Приведены рекомендации по оформлению пояснительной записки и графической части.

## Содержание

Введение.....	4
Расчетная часть.....	5
Задание на курсовую работу.....	5
Требования к оформлению пояснительной записки.....	5
Определение необходимого воздухообмена.....	9
Определение воздухообмена по влаговыделению.....	9
Определение воздухообмена по удалению вредных веществ из помещения.....	11
Определение воздухообмена по удалению излишков тепла ....	12
Расчет приточной вентиляции.....	15
Расчет воздухораспределения.....	15
Конструкторский расчет.....	15
Проверочный расчет.....	18
Подбор калорифера.....	20
Аэродинамический расчет системы вентиляции.....	23
Подбор вентилятора.....	30
Расчет вытяжной вентиляции.....	31
Графическая часть.....	35
Библиографический список.....	46
Приложения.....	49

## **Введение**

Микроклимат в помещении - это климат ограниченного пространства, включающий в себя совокупность факторов среды: температура, влажность, скорость движения и охлаждающая способность воздуха, атмосферное давление, уровень шума, содержание взвешенных в воздухе пылевых частиц и микроорганизмов, газовый состав воздуха и др. [1].

Создание и поддержание микроклимата в животноводческих помещениях связаны с решением комплекса инженерно-технических задач и наряду с полноценным кормлением являются определяющим фактором в обеспечении здоровья животных, их воспроизводительной способности и получении от них максимального количества продукции высокого качества [2, 3].

Современные технологии содержания животных предъявляют высокие требования к микроклимату в животноводческих помещениях. По мнению ученых, специалистов животноводства и технологов, продуктивность животных на 50-60 % определяется кормами, на 15-20 % - уходом и на 10-30 % - микроклиматом в животноводческом помещении. Отклонение параметров микроклимата от установленных пределов приводит к сокращению удоев молока на 10-20 %, прироста живой массы - на 20-33 %, увеличению отхода молодняка до 5-40 %, уменьшению яйценоскости кур - на 30-35 %, расходу дополнительного количества кормов, сокращению срока службы оборудования, машин и самих зданий, снижению устойчивости животных к заболеваниям [1].

В учебном пособии обобщен и систематизирован опыт по проектированию систем вентиляции в животноводческих помещениях.

Руководящие и нормативные материалы приведены в сокращенной форме и представлены в виде таблиц, графиков и номограмм [4, 5].

Расчетные данные, рекомендации и указания по конструктивным решениям систем вентиляции изложены с необходимой полнотой.

## **Расчетная часть**

### **Задание на курсовую работу**

Задание на курсовую работу выдается каждому студенту индивидуально.

### **Требования к оформлению пояснительной записки**

Пояснительная записка оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-2001 "Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам". Она содержит: титульный лист, задание, содержание, текст, заключение, список использованной литературы и при необходимости приложения. Список использованной литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003 "Библиографическая запись. Библиографическое описание".

Все расчеты выполняются в международной системе измерения физических величин (система СИ). Если используются справочные данные в другой системе измерения, то их необходимо перевести в систему СИ.

Расчеты приводятся в развернутом виде: записывается расчетная формула, численные значения всех переменных и результаты расчета. Для величин, имеющих размерность, необходимо ее указывать.

Текстовые документы выполняются на формах, установленных соответствующими стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и Системы проектной документации для строительства (СПДС).

Расстояние от рамки формы до границ текста в начале и в конце строк - не менее 3 мм.

Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм.

Абзацы в тексте начинают отступом 10 - 17 мм.

Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа (части, книги), обозначенные арабскими цифрами без точки в конце. Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

Каждый раздел текстового документа рекомендуется начинать с нового листа, выполненного на листе формы 2 ГОСТ 2.104 "Единая система конструкторской документации. Основные надписи", последующие листы выполняются по форме 2а.

Заголовки следует печатать прописными буквами без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Расстояние между заголовком и текстом при выполнении документа машинописным способом должно быть равно 3 или 4 интервалам, при выполнении рукописным способом - 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела - 2 интервала, при выполнении рукописным способом - 8 мм.

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова "где" без двоеточия после него.

Пример - Плотность каждого образца  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (1)$$

где  $m$  - масса образца, кг;

$V$  - объем образца, м<sup>3</sup>.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак "х".

Формулы, за исключением формул, помещаемых в приложении, должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках. Одну формулу обозначают - (1).

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в круглых скобках.

Иллюстрации могут быть расположены как по тексту документа (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце его. Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Обозначение иллюстрации располагается после самой иллюстрации по центру страницы и содержит слово «Рисунок», порядковый номер иллюстрации без точки в конце номера и название иллюстрации без точки в конце названия, выполненное с прописной буквы. Например: «Рисунок 1 Схема воздуховодов»

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Название следует помещать над таблицей. Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Если в документе одна таблица, она должна быть обозначена "Таблица 1" или "Таблица В.1", если она приведена в приложении В.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

На все таблицы документа должны быть приведены ссылки в тексте документа, при ссылке следует писать слово "таблица" с указанием ее номера.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф - со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

Слово "Таблица" указывают один раз слева над первой частью таблицы и через тире указывают наименование таблицы без точки в конце. Над другими частями пишут справа слова "Продолжение таблицы" с указанием номера (обозначения) таблицы.

### **Определение необходимого воздухообмена**

#### **Определение воздухообмена по влаговыведению**

В процессе жизнедеятельности животных и труда людей происходит выделение влаги в помещение с дыханием, с испарением с поверхности кожи и с испарением с мокрых поверхностей в помещении [2]. Для поддержания требуемого уровня влажности эту влагу необходимо удалять.

Воздухообмен, необходимый для удаления влаги из помещения определяется для зимнего и летнего периода в отдельности [3].

Общая влага, выделяемая животными в отопительный или неотопительный период определяется по формуле, г/ч [6]:

$$W_{Жi} = n_{Ж} \cdot u_{Ж} \cdot W, \quad (1)$$

где  $n_{Ж}$  – количество животных в помещении, голов;

$W$  – количество водяных паров, выделяемых одним животным (приложение 1) [7-9];

$u_{Ж}$  – поправочный коэффициент, учитывающий изменение количества водяных паров, выделяемых одним животным в зависимости от температуры воздуха в помещении (приложение 2).

Влага, испаряющаяся с мокрых поверхностей помещения, г/ч:

$$W_{ИСПi} = \zeta \cdot W_{Ж}, \quad (2)$$

где  $\zeta$  - коэффициент, учитывающий испарение влаги с мокрых поверхностей помещения, для птичников принимается равным 0,2, для коровников и телятников 0,25, для свинарников 0,3.

Влага, испаряющаяся из помета, г/ч:

$$W_{ПОМ} = P_{ПОМ} \cdot n_{Ж} \cdot z / 24, \quad (3)$$

где  $P_{ПОМ}$  – среднесуточный выход помета от одного животного (приложение 1);

$z$  – коэффициент, учитывающий усушку помета, принимается равным 0,7.

Влага, выделяемая человеком в отопительный или неотопительный период, г/ч:

$$W_{челi} = w \cdot n_{ЧЕЛ}, \quad (4)$$

где  $w$  – количество влаги, выделяемой одним человеком с учетом тяжести выполняемых работ и температуры воздуха внутри помещения (приложение 3);

$n_{\text{ЧЕЛ}}$  – количество человек, одновременно находящихся в помещении.

Суммарные влаговыделения в отопительный или неотопительный период, г/ч:

$$W_i = W_{\text{ЖИ}} + W_{\text{ИСПИ}} + W_{\text{ПОМ}} + W_{\text{ЧЕЛ}} \cdot n_{\text{ЧЕЛ}} \quad (5)$$

Для дальнейших расчетов необходимо определить с помощью I-d диаграммы влажного воздуха (приложение 4) следующие влагосодержания:

1. влагосодержание наружного воздуха в отопительный период  $d^3_{\text{Н}}$  определяется по расчетной температуре наружного воздуха для вентиляции  $t_{\text{РВ}}$  и влажности наружного воздуха  $\varphi_3$ ;

2. влагосодержание воздуха внутри помещения в отопительный период  $d^3_{\text{ВН}}$  определяется по расчетной температуре воздуха внутри помещения  $t^3_{\text{ВН}}$  (приложение 5) и максимальной влажности этого воздуха  $\varphi_{\text{В}}$  (приложение 5);

3. влагосодержание наружного воздуха в неотопительный период  $d^{\text{Л}}_{\text{В}}$  определяется по средней температуре воздуха наиболее жаркого месяца в полдень  $t_{\text{СЖ}}$  и влажности наружного воздуха  $\varphi_{\text{Л}}$ ;

4. влагосодержание воздуха внутри помещения в неотопительный период  $d^{\text{Л}}_{\text{ВН}}$  определяется по расчетной температуре воздуха внутри помещения  $t^{\text{Л}}_{\text{ВН}}$  (приложение 5) и максимальной влажности этого воздуха  $\varphi_{\text{В}}$  (приложение 5).

Воздухообмен для отопительного и неотопительного периода, исходя из допустимого содержания в воздухе помещения водяных паров, определяют по формулам,  $\text{м}^3/\text{ч}$ :

$$G_{w3} = W_3 / [(d^3_{\text{ВН}} - d^3_{\text{В}}) \cdot \gamma_3]; \quad (6.1)$$

$$G_{wЛ} = W_{Л} / [(d_{ВН}^{Л} - d_{В}^{Л}) \cdot \gamma_{Л}], \quad (6.2)$$

где  $\gamma_{з,Л}$  - плотность воздуха при его температуре внутри помещения в отопительный и неотопительный период соответственно (приложение 6), кг/м<sup>3</sup>.

### **Определение воздухообмена по удалению вредных веществ из помещения**

Вредными веществами выделяемыми животными и подстилкой являются углекислота (CO<sub>2</sub>), аммиак (NH<sub>3</sub>), сероводород (H<sub>2</sub>S).

Выделение таких вредных веществ как аммиак и сероводород не зависит от температуры воздуха внутри помещения и рассчитываются один раз, а выделение углекислого газа существенным образом зависит, поэтому его выделение рассчитывается как для отопительного периода, так и для неотопительного.

Количество углекислоты, выделяющееся в помещении, л/ч [10]:

$$C_{CO_2} = n_{Ж} \cdot u_{CO_2} \cdot W_{CO_2} + m_{CO_2} n_{ЧЕЛ}, \quad (7)$$

где  $u_{CO_2}$  – коэффициент, учитывающий изменение выделения углекислоты животными в зависимости от температуры воздуха в помещении (приложение 2);

$W_{CO_2}$  – количество углекислоты, выделяемое одним животным (приложение 1) [7-9];

где  $m_{CO_2}$  – количество углекислоты, выделяемое одним человеком с учетом тяжести выполняемых работ и температуры воздуха внутри помещения (приложение 3) [11].

Количество аммиака, выделяющегося в помещении, мг/ч:

$$C_{NH_3} = n_{Ж} \cdot W_{NH_3}, \quad (8)$$

где  $W_{\text{NH}_3}$  – количество аммиака, выделяемое одним животным (приложение 1).

Количество сероводорода, выделяющееся в помещении, мг/ч:

$$C_{\text{H}_2\text{S}} = n_{\text{Ж}} \cdot W_{\text{H}_2\text{S}}, \quad (9)$$

где  $W_{\text{H}_2\text{S}}$  – количество сероводорода, выделяемое одним животным (приложение 1).

Воздухообмен, необходимый для удаления из помещения вредного вещества определяется по формуле, м<sup>3</sup>/ч:

$$G_{\text{BB}} = \tilde{N}_{\text{ABi}} / (c_1 - c_2), \quad (10)$$

где  $C_{\text{BVi}}$  - выделение  $i$ -го вредного вещества, мг/ч или л/ч;

$c_1$  – предельно допустимая концентрация вредного вещества в помещении, мг/м<sup>3</sup> или л/м<sup>3</sup> (приложение 7);

$c_2$  - концентрация вредного вещества в наружном воздухе, мг/м<sup>3</sup> или л/м<sup>3</sup> (приложение 8).

### **Определение воздухообмена по удалению излишков тепла**

При работе различного оборудования внутри помещения от него и от самих животных может выделяться тепло, которое в летнее время так же необходимо удалять.

Если различные зоны помещения имеют различную освещенность, то теплоступления от источников света, определяются по сумме тепловыделений от каждой зоны со своей освещенностью.

Если в здании присутствуют помещения, на которые не распространяется действие проектируемой системы вентиляции (вент. камеры, подсобные помещения, кладовки и т.п.), то в расчетах эту площадь не учитывают (рисунок 1).

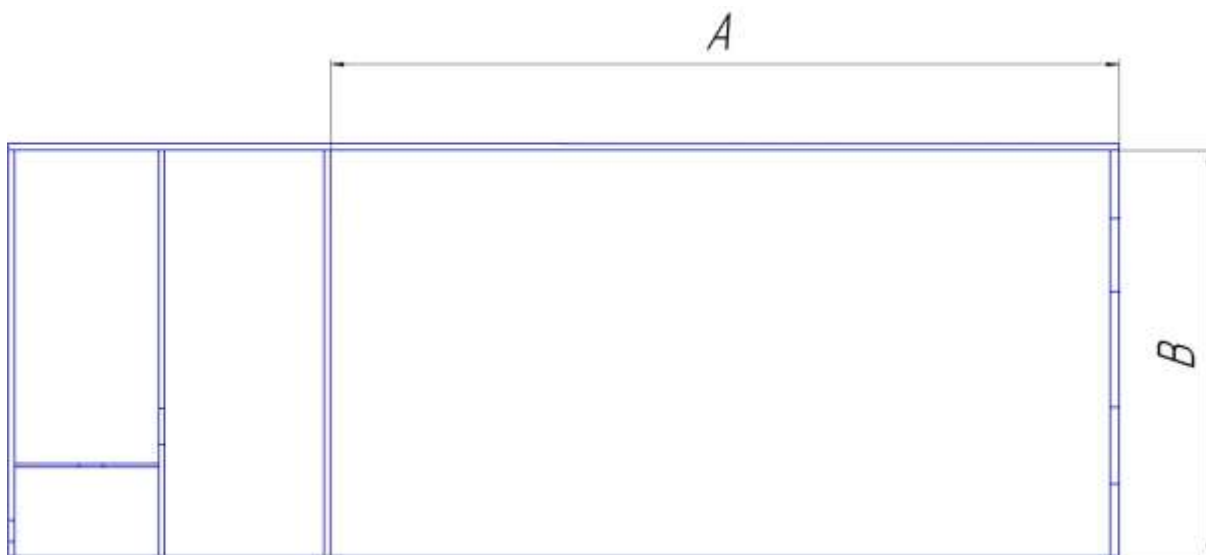


Рисунок 1 Размеры вентилируемой части помещения по внутреннему замеру

Теплопоступления от источников искусственного освещения, Вт

[12]:

$$Q_{\text{исв}} = q_{\text{исв}} A \eta_{\text{исв}}, \quad (11)$$

где  $A$  – длина вентилируемой части помещения по внутреннему замеру, м;

$B$  - ширина вентилируемой части помещения по внутреннему замеру, м;

$q_{\text{исв}}$  – норма освещенности, Вт/м<sup>2</sup>, для сельскохозяйственных объектов можно принять 15-25 Вт/м<sup>2</sup>.

$\eta_{\text{исв}}$  - доля тепла, поступающая от светильника в различные зоны помещения, для ламп накаливания принимается 0,9, для люминесцентных ламп 0,7.

Теплопоступления от установленного электрооборудования, Вт:

$$Q_{\text{об}} = k_{\text{од}} k_{\text{с}} \sum N_{\text{об}}, \quad (12)$$

где  $k_{\text{од}}$  - коэффициент одновременности работы электрооборудования в расчетном помещении, для животноводческих помещений принимается 0,7;

$N_{\text{Об}}$  - установленная мощность оборудования, Вт;

$k_3=0,6$  - коэффициент загрузки электрооборудования;

Полное тепло, выделяемое животными, Вт:

$$Q_{\text{Ж}}=n_{\text{Ж}} \cdot u_{\text{T}} \cdot q_{\text{Ж}}, \quad (13)$$

где  $q_{\text{Ж}}$  – полное тепло, выделяемое одним животным, Вт (приложение 1).

$u_{\text{T}}$  – поправочный коэффициент, учитывающий изменение выделения полной теплоты животными в зависимости от температуры воздуха в помещении (приложение 2)

Полное тепло, выделяемое работающими в помещении людьми, Вт:

$$Q_{\text{Л}}=n_{\text{ЧЕЛ}} \cdot q_{\text{Л}}, \quad (14)$$

где  $q_{\text{Л}}$  – тепло, выделяемое одним человеком, Вт (Приложение 2).

Суммарные поступления полной теплоты определяются по формуле, Вт:

$$Q_{\text{П}}=Q_{\text{Л}}+Q_{\text{ОСВ}}+Q_{\text{ОБ}}+Q_{\text{Ж}}. \quad (15)$$

Воздухообмен по удалению излишков тепла находится по формуле,  $\text{м}^3/\text{ч}$ :

$$G_{\text{T}}= Q_{\text{П}} \cdot 3600 / (1,2 \cdot \gamma_{\text{Л}} \cdot c_{\text{В}} \cdot (t_{\text{ВН}}^{\text{Л}} - t_{\text{СЖ}})), \quad (16)$$

где  $t_{\text{СЖ}}$  – средняя температура наружного воздуха наиболее жаркого месяца в полдень,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$c_{\text{В}}$  – теплоемкость воздуха, принимается равной  $1005 \text{ Дж}/(\text{кг } ^{\circ}\text{C})$ ;

$t_{\text{ВН}}^{\text{Л}}$  – максимально допустимая температура внутреннего воздуха в помещении,  $^{\circ}\text{C}$  (приложение 5) .

По результатам расчета воздухообмена, для дальнейших расчетов выбирают наибольший из полученных по условиям удаления влаги, тепла и вредных веществ расход воздуха  $G_{\text{В}}$ .

## Расчет приточной вентиляции

### Расчет воздухораспределения

Расчет воздухораспределения осуществляется по условиям обеспечения требуемой скорости движения вентиляционного воздуха по объему рабочей зоны.

### Конструкторский расчет

На начальном этапе расчетов необходимо выбрать конструкцию воздухораспределителя, который будет использоваться в помещении (приложение 9).

Относительная величина скорости в месте входа струи в обслуживаемую зону определяют по формуле, м/с [13]:

$$\tilde{N}_{U2} = \frac{U_{\dot{A}}}{mk_f} \sqrt{\frac{3600AB}{U_0^{\max} G_{\dot{A}}}}, \quad (17)$$

где  $U_d$  – предельная допустимая скорость воздуха в обслуживаемой зоне (приложение 5);

$m$  – кинематическая характеристика воздухораспределителя (приложение 5);

$k_H$  – коэффициент для учета влияния неизотермичности струи, на предварительном этапе расчетов принимается 1,3...1,7;

$A, B$  – длина и ширина помещения, которую обслуживает система вентиляции по внутреннему замеру (рисунок 1), м;

$U_0^{\max}$  – максимально допустимая скорость воздуха на выходе воздухораспределителя (приложение 9), м/с.

По графику (рисунок 2) и значению  $C_{U2}$  вычисляем значение выражения  $\frac{\tilde{\sigma}_2}{k_{\dot{E}} \sqrt{F_i}}$ , характеризующее относительную величину расстояния от воздухораспределителя до места входа струи в обслуживаемую зону.

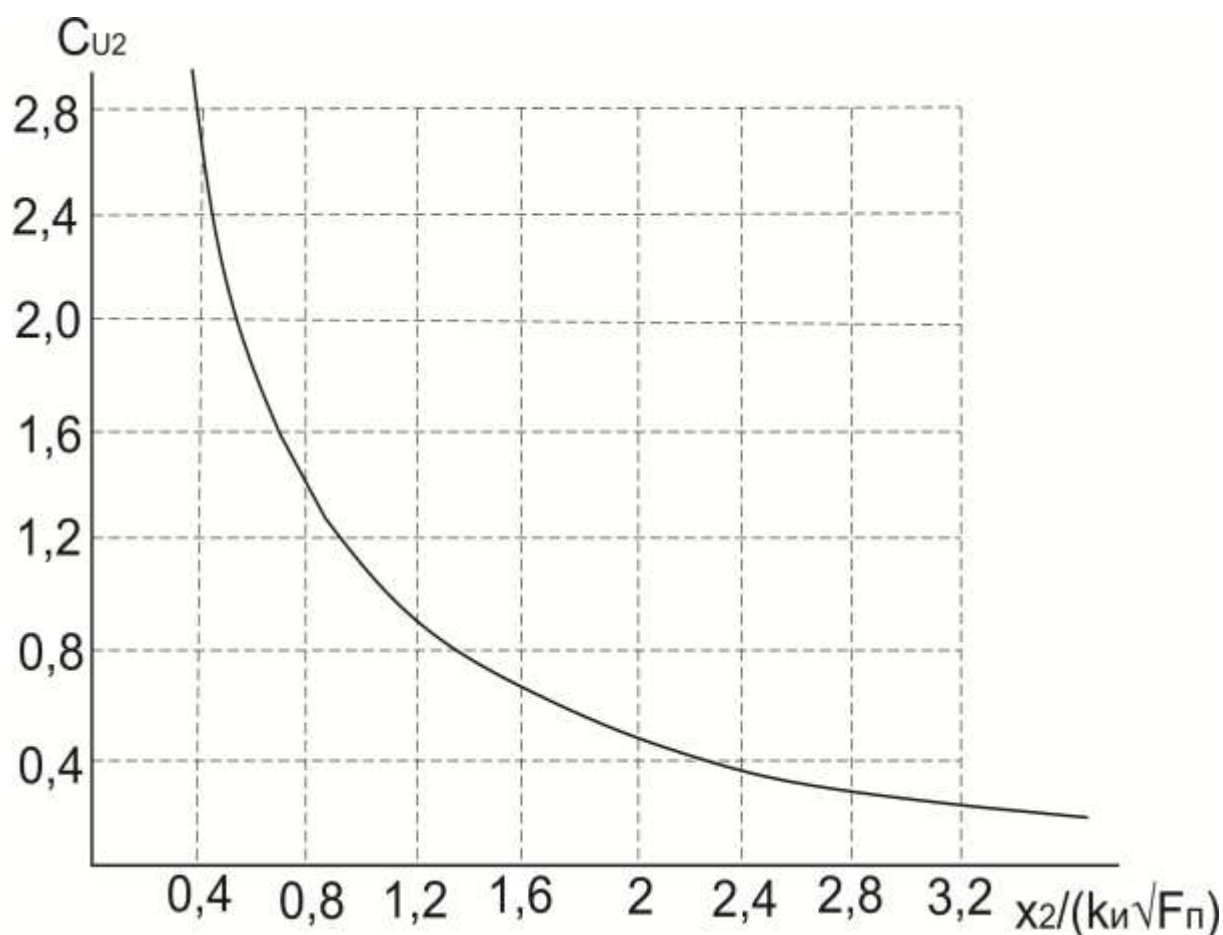


Рисунок 2 Справочные данные для расчета воздухораспределения

Максимальный размер участка, обслуживаемого одной струей,  $m^2$ :

$$(ab)_{\max} = \frac{(h - h_{i.c.})^2}{k_{\dot{E}}^2 \left( \frac{\tilde{\sigma}_2}{k_{\dot{E}} \sqrt{F_i}} \right)^2}, \quad (18)$$

где  $h$  - высота расположения воздухораспределителя, принимается в зависимости от высоты помещения с учетом того, что подводящие воздуховоды будут располагаться выше воздухораспределителя, м.

$h_{0,3}$  – высота обслуживаемой зоны, принимается равной 2 м;

$k_{и}$  – коэффициент учета взаимодействия струи, принимается равным 1.

Минимальные размеры участка, обслуживаемого одной струей, м<sup>2</sup>:

$$(ab)^{\min} = \left( \frac{h}{5k_{\dot{E}}} \right)^2. \quad (19)$$

С учетом архитектурно-планировочных и конструктивных особенностей помещения принимаем размеры участка, обслуживаемого одной струей, учитывая условие, м:

$$(ab)^{\min} < ab < (ab)^{\max}. \quad (20)$$

Определяются фактические размеры участка, обслуживаемого одним воздухораспределителем  $a$  и  $b$  исходя из удобства расчетов и соблюдения вышеприведенного условия.

Количество рядов воздухораспределителей определяется, шт:

$$N_1 = A/a, \quad (21)$$

где  $a$  – длина участка помещения, обслуживаемого одной струей, м.

Количество воздухораспределителей в ряду, шт:

$$N_2 = B/b, \quad (22)$$

где  $b$  – ширина участка помещения, обслуживаемого одной струей, м. Величину  $b$  необходимо выбирать таким образом, что бы  $N_2$  было кратно 2 или 3.

Общее количество воздухораспределителей, шт:

$$N = N_1 \cdot N_2. \quad (23)$$

Количество воздуха, подаваемого через один  
воздухораспределитель, м<sup>3</sup>/ч:

$$L_O = G_B / N . \quad (24)$$

Расчетное сечение воздухораспределителя определяется по формуле,  
м<sup>2</sup>:

$$F_O^P = \frac{L_O}{3600 U_O^{\max}} . \quad (25)$$

Для расчетов принимается воздухораспределитель ранее выбранной  
конструкции с ближайшей большей площадью живого сечения  $F_0$   
(приложение 10).

### Проверочный Расчет

Скорость в расчетном сечении воздухораспределителя определяется,  
м/с:

$$U_O = L_O / 3600 F_0 . \quad (26)$$

Геометрическая характеристика струи определяется, м:

$$H_{\bar{A}} = 5.54 m U_O \frac{\sqrt[4]{F_0}}{\sqrt{n}} , \quad (27)$$

где  $n$  – температурная характеристика воздухораспределителя  
(приложение 9).

Определяется фактический коэффициент для учета  
неизометричности:

$$k_H = \sqrt[3]{1 + 3 \left( \frac{h - h_{f.c.}}{H_{\bar{A}}} \right)^2} . \quad (28)$$

Выражение, характеризующее относительное расстояние от воздухораспределителя до места входа струи в обслуживаемую зону составит:

$$\frac{\tilde{\delta}_2}{k_{\dot{E}} \sqrt{F_{\dot{I}}}} = \frac{(h - h_{\dot{I}.C.})}{k_{\dot{E}} \sqrt{ab}} \quad (29)$$

Относительную величину скорости  $C_{U2}$  (м/с) в месте входа струй в обслуживаемую зону определяют по графику (рисунок 2) и вычисленному

значению  $\frac{\tilde{\delta}_2}{k_{\dot{E}} \sqrt{F_{\dot{I}}}}$ .

Средняя скорость воздуха в месте входа струи в обслуживаемую зону вычисляется по формуле, м/с:

$$U_2 = m U_o C_{U2} k_{\dot{I}} \sqrt{\frac{F_o}{ab}} \quad (30)$$

Полученная скорость  $U_2$  не должна превышать максимальную скорость движения воздуха, указанную в приложении 5.

### Подбор калорифера

Определяют максимальный расход тепла на систему вентиляции, Вт:

$$Q_A = \frac{G_{\dot{A}} c_B (t_{\dot{A}I}^C - t_{PB})}{3600}, \quad (31)$$

где  $c_B$  – теплоемкость воздуха, принимается равной 1005 Дж/(кг °С);

$t_{PB}$  – расчетная температура наружного воздуха для вентиляции, °С;

$t_{\text{вн}}^3$  – расчетная температура внутреннего воздуха в помещении в отопительный период (приложение 5), °С

Подбор калорифера начинают с определения необходимой площади фронтального сечения по воздуху калориферной установки (живое сечение), м<sup>2</sup> [14]:

$$f = \frac{G_B}{3600(v_{KAN} \gamma_{BX})}, \quad (32)$$

где  $\gamma_{BX}$  – плотность воздуха на входе в калорифер (при температуре  $t_{PB}$ ), кг/м<sup>3</sup>;

$v_{KAN}$  – ориентировочная скорость движения воздуха в канале, принимается равной 10 м/с.

Исходя из необходимой площади фронтального сечения калориферной установки подбирают номер и число параллельно устанавливаемых калориферов  $n_k$ . Параллельно по воздуху может быть включено 1, 2 или 4 калорифера, большее количество параллельно включенных по воздуху калориферов использоваться не рекомендуется.

Находят фактическую площадь их фронтального сечения каждого выбранного к установке калорифера  $f_d$  (приложение 11). Фактическая площадь калориферов должна быть, по возможности, наиболее близкой к полученной.

Определяют действительную массовую скорость воздуха в калориферах, кг/(м<sup>2</sup> с):

$$(v_{\hat{E}\hat{A}\hat{I}} \gamma_{\hat{A}\hat{O}}) = \frac{G_B}{3600 n_{\hat{E}} f_{\hat{A}}}, \quad (33)$$

где  $n_k$  – число параллельно включенных по воздуху калориферов.

Расход греющей воды, проходящей через один калорифер, м<sup>3</sup>/с:

$$G_{\hat{A}\hat{I}\hat{A}} = \frac{Q_B}{4.19 \cdot 10^3 \rho_{\hat{A}\hat{I}\hat{A}} (t_{\hat{A}\hat{O}} - t_{\hat{A}\hat{U}\hat{O}}) n}, \quad (34)$$

где  $t_{vX}$  – температура воды на входе в калорифер, °С;

$\rho_{вод}$  – плотность воды, при 95 °С можно принять 990 кг/м<sup>3</sup>.

$t_{\text{вых}}$  – температура воды на выходе из калорифера,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$n$  – число параллельно включенных по теплоносителю калориферов (должно быть кратно  $n_k$ ).

Температуры  $t_{\text{вх}}$  и  $t_{\text{вых}}$  рекомендуется принимать в соответствии с температурным графиком по которому работает котельная. Для сельскохозяйственных объектов наиболее распространенными температурными графиками являются 95/70.

Находят оптимальную скорость воды в трубках калориферов, м/с:

$$\omega = \frac{G_{\text{ВОД}}}{f_B}, \quad (35)$$

где  $f_B$  – живое сечение для прохода воды в калориферах (приложение 11),  $\text{м}^2$ .

Коэффициент теплопередачи калорифера (при теплоносителе воде):

$$K = 12(\nu_{\text{КАН}} \gamma_{\text{ВХ}})^{0,5} \omega^{0,1}. \quad (36)$$

Средняя температура теплоносителя,  $^{\circ}\text{C}$ :

$$T_{\text{CP}} = 0,5(t_{\text{вх}} + t_{\text{вых}}). \quad (37)$$

Средняя температура воздуха, проходящего через калорифер,  $^{\circ}\text{C}$ :

$$t_{\text{CP}} = 0,5(t_{\text{ВН}}^3 + t_{\text{РВ}}^3). \quad (38)$$

Рассчитывают необходимую площадь теплообмена калориферной установки,  $\text{м}^2$ :

$$F = \frac{Q_B}{K(T_{\text{CP}} - t_{\text{CP}})}. \quad (39)$$

Определяем общее число устанавливаемых калориферов, шт:

$$n' = \frac{F}{F_K}. \quad (40)$$

Общее число устанавливаемых калориферов округляют до целого числа кратного числу их в первом ряду  $n_K$ .

Действительная площадь поверхности нагрева калориферной установки,  $m^2$ :

$$F_D = n_D F_K, \quad (41)$$

где  $F_K$  – площадь поверхности нагрева одного принятого к установке калорифера (приложение 11),  $m^2$ ;

$n_D$  – действительное количество устанавливаемых калориферов, шт.

Проверяем теплоотдачу калориферной установки:

$$Q_D = F_D K (T_{CP} - t_{CP}). \quad (42)$$

Определяем запас по отдаче тепла калориферной установкой:

$$k_3 = \frac{Q_D}{Q_B}. \quad (43)$$

Коэффициент запаса по отдаче тепла должен находиться в пределах 1,05...1,2. В противном случае изменяют принятую к установке марку калорифера и повторяют расчет.

### **Аэродинамический расчет системы вентиляции**

Для аэродинамического расчета системы вентиляции, необходимо составить ее схему.

На начальном этапе внутри вентилируемого помещения размещают воздухораспределители (рисунок 3).

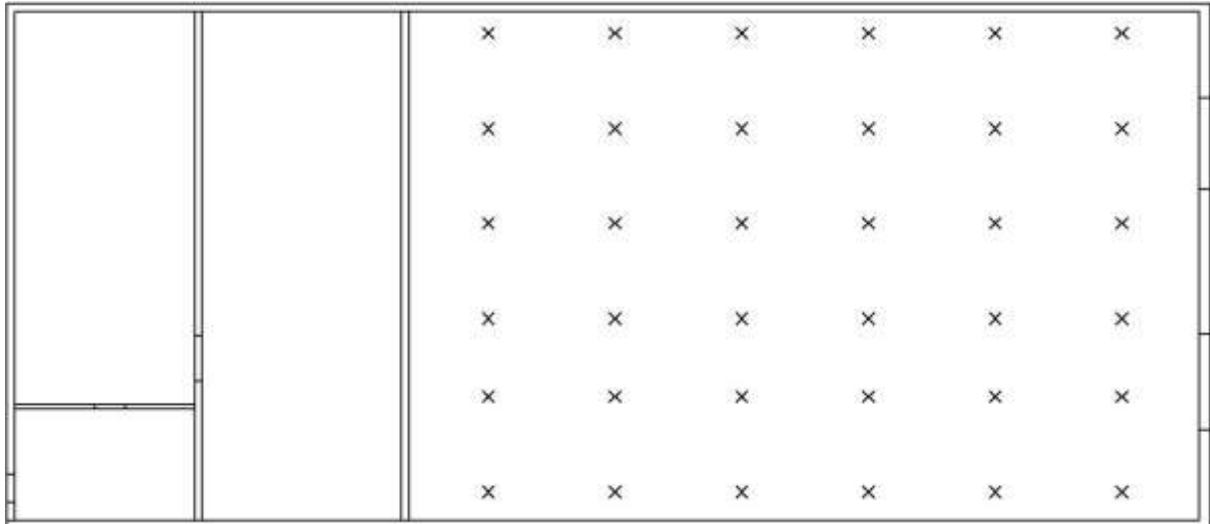


Рисунок 3 Расположение воздухораспределителей внутри помещения

Воздухораспределители могут соединяться с воздуховодами по одному ряду на воздуховод (рисунок 4), по два ряда на воздуховод (рисунок 5) или по три ряда на воздуховод (рисунок 6).

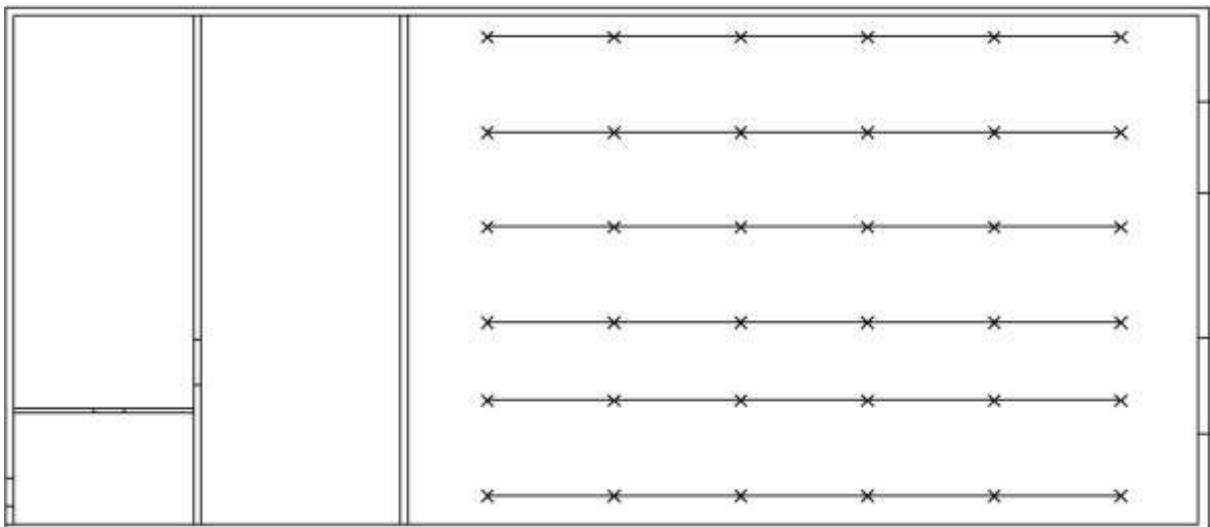


Рисунок 4 Схема соединения воздухораспределителей по одному ряду на воздуховод

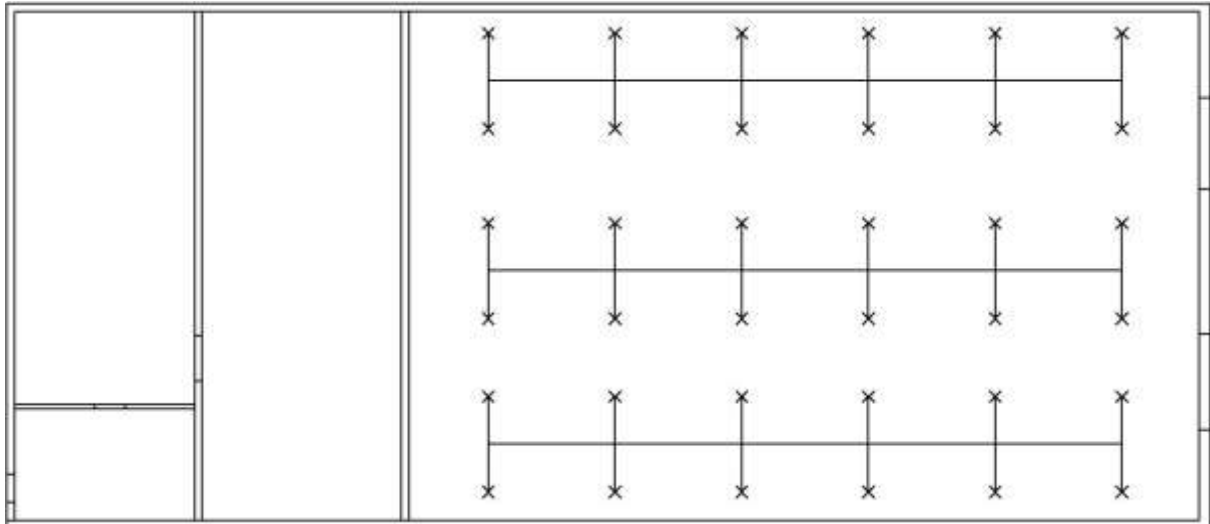


Рисунок 5 Схема соединения воздухораспределителей по два ряда на воздуховод

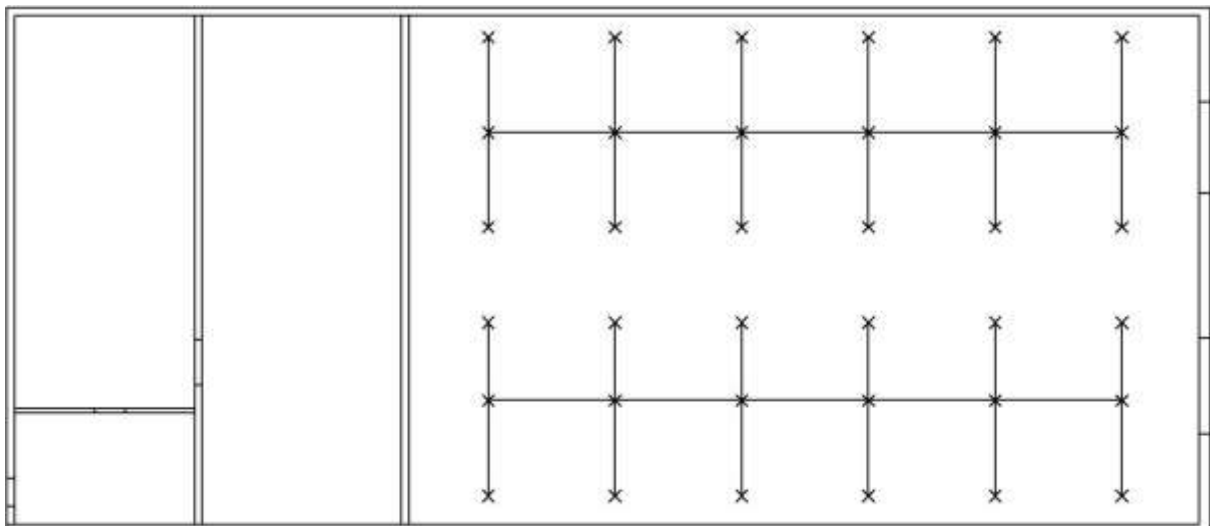


Рисунок 6 Схема соединения воздухораспределителей по три ряда на воздуховод

Схема составляется с учетом предполагаемого и ранее определенного расположения отдельных узлов и агрегатов системы вентиляции в удобном для изображения масштабе (рисунок 7).

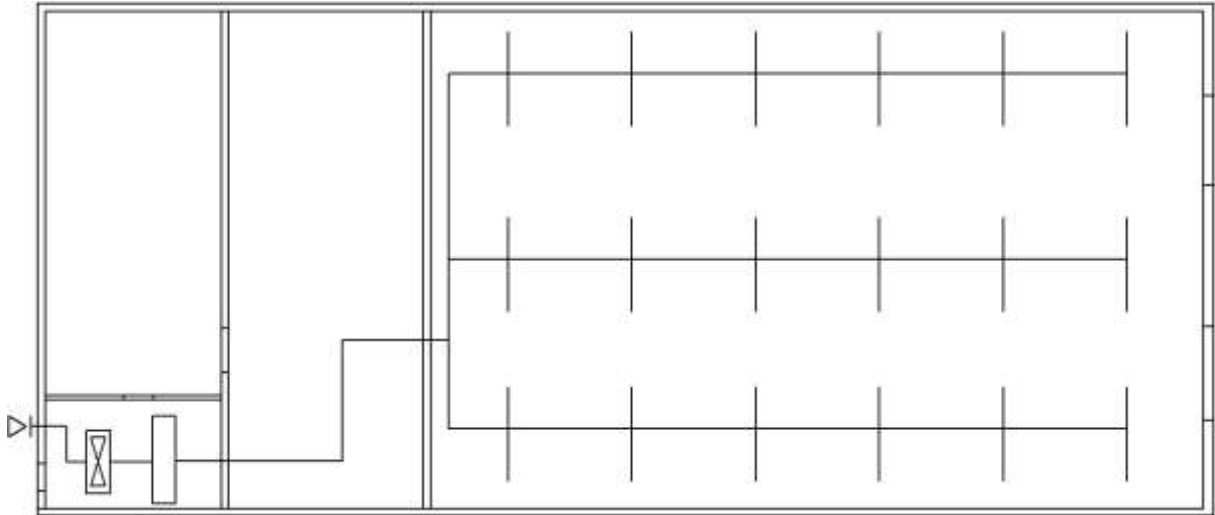


Рисунок 7 Примерная схема расположения вентиляционного оборудования в помещении

Далее определяют расстояния между отдельными элементами системы с учетом их взаимного расположения и удобства монтажа (рисунок 8).

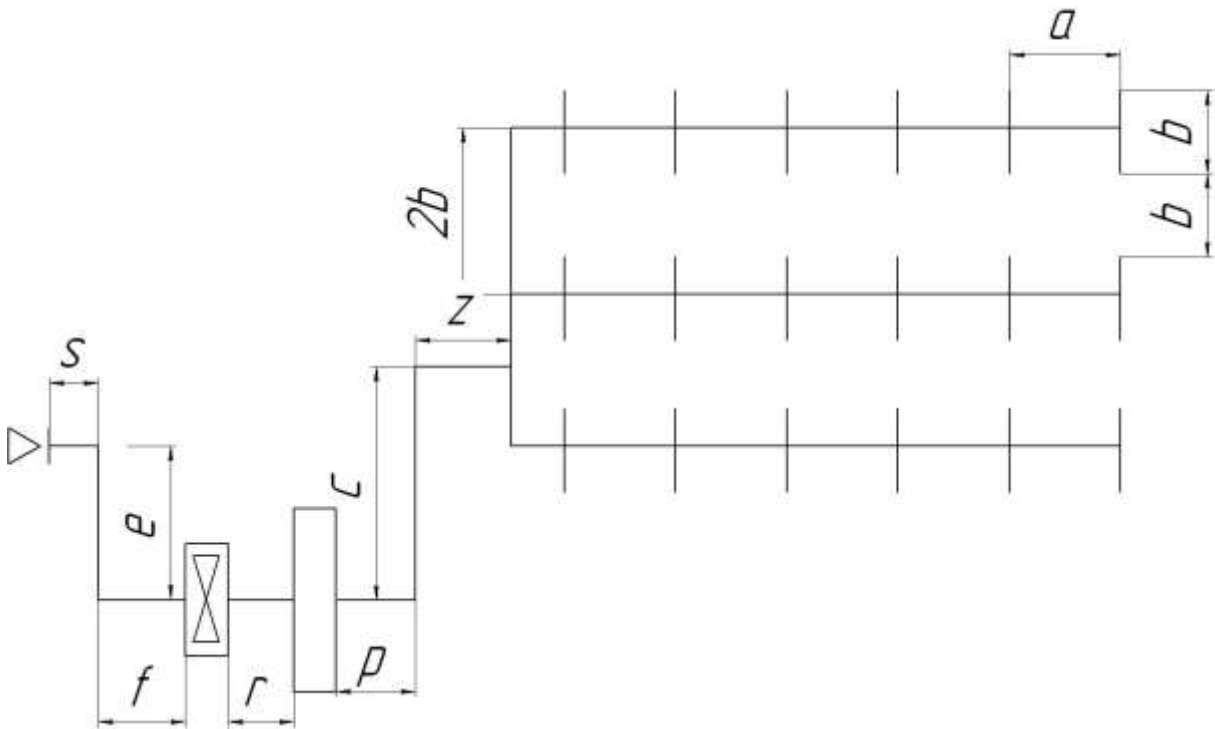


Рисунок 8 Плоская аэродинамическая схема системы вентиляции с размерами элементов

Размеры  $a$  и  $b$  были определены ранее (формула 20). Следует иметь в виду, что:

1. размер  $S$  характеризует расстояние по горизонтали от места забора воздуха снаружи помещения до оси отвода и не может быть меньше суммы толщины наружного ограждения и половины диаметра воздуховода на данном участке;

2. размер  $E$  характеризует расстояние по вертикали от оси воздуховода в месте забора воздуха до оси воздуховода в месте входа в вентилятор, это расстояние не может быть менее 1,5 метра за вычетом половины диаметра воздуховода на данном участке;

3. размер  $f$  характеризует расстояние по горизонтали от оси отвода до входа в вентилятор, принимается не менее 1 метра плюс половина диаметра воздуховода на данном участке;

4. размеры  $\Gamma$  расстояние по горизонтали от выхода вентилятора до входа в калориферную установку, принимается не менее 1 метра;

5. размер  $P$  и  $Z$  принимаются согласно плана здания и не могут быть менее 1 метра плюс половина диаметра воздуховода на данном участке

6. размер  $C$  с достаточной точностью может приниматься равным высоте установки воздухораспределителей  $h$  (см. формулу 19);

7. все остальные, не указанные на аэродинамической схеме размеры, принимаются по условиям минимизации протяженности воздуховодов и удобства монтажа системы.

Все указанные размеры можно определить только после определения фактического диаметра воздуховода на каждом из участков.

Перед дальнейшими расчетами определяются с последовательностью расчета участков. Расчет начинают с самого удаленного от места забора воздуха воздухораспределителя и постепенно приближаются непосредственно к месту забора воздуха. Участком считается отрезок воздуховода, на котором сохраняется неизменным

расход и скорость движения воздуха. Дублирующие участки дополнительно не рассчитывают. После на аэродинамическую схему наносят номера участков в порядке расчета (рисунок 9).

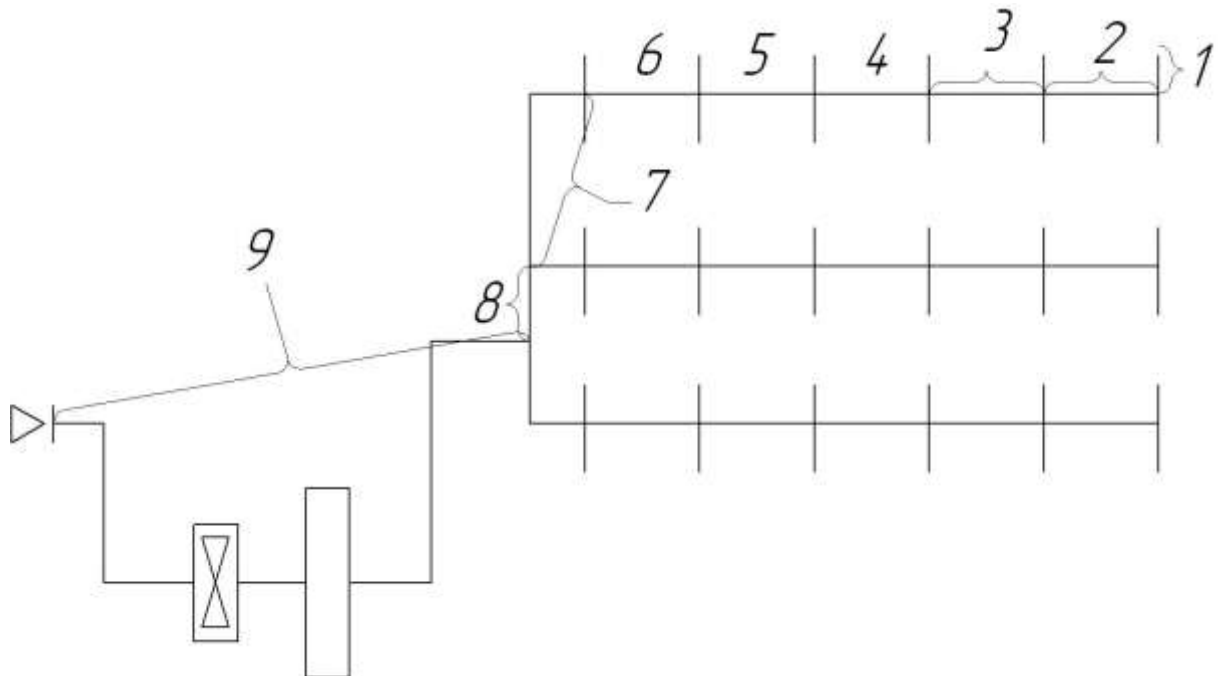


Рисунок 9 Нумерация участков в порядке расчета

По мере расчетов на схему наносятся сечения воздуховодов, длины участков и расходы воздуха.

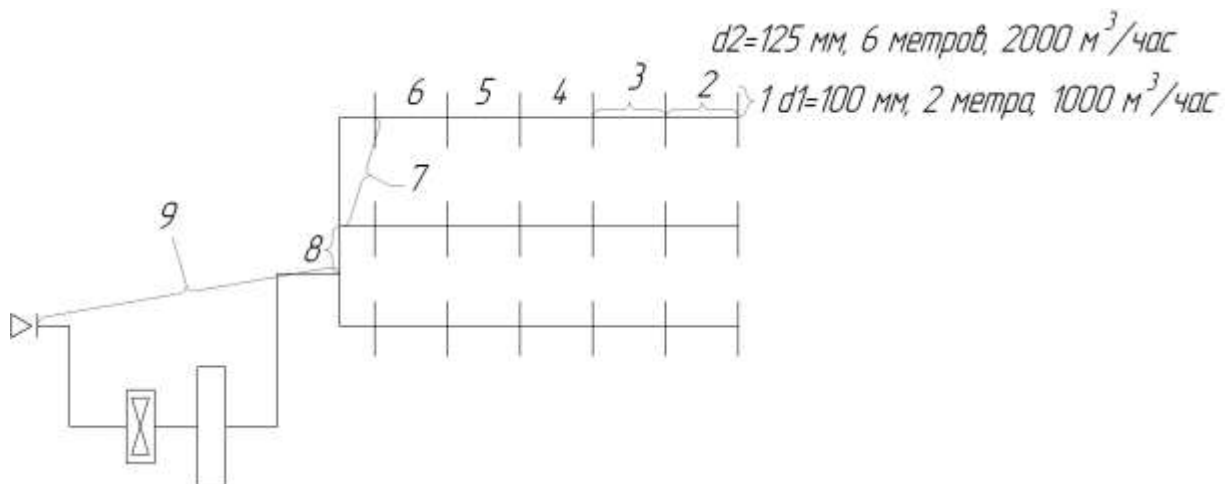


Рисунок 10 Диаметр воздуховода, длина участка и расход воздуха на участке

Диаметры воздуховодов на всех участках определяют по следующей формуле, м [15]:

$$d = \sqrt{\frac{4G_i \gamma_{\hat{A}\hat{A}}}{3600\pi v}}, \quad (44)$$

где  $v$  - скорость воздуха в воздуховодах, в помещениях без постоянного присутствия людей и животных допускается принимать до 15 м/с, в остальных не более 10 м/с;

$G_i$  – расход воздуха на данном участке, м<sup>3</sup>/ч;

$\gamma_{\text{ВВ}}$  - плотность воздуха при его температуре внутри системы вентиляции, при которой наблюдается наибольший расход воздуха (для отопительного периода равна  $\gamma_{\text{З}}$ , в для неотопительного  $\gamma_{\text{Л}}$ ), кг/м<sup>3</sup> (приложение 6).

Полученный диаметр воздуховода округляют до ближайшего большего стандартного  $d_{\text{Ф}}$  (приложение 12).

По диаметру воздуховода на главном участке (от места забора воздуха до первого разветвления) выбирают дроссельную заслонку для обеспечения возможности регулирования расхода воздуха (приложение 13). Если дроссельной заслонки подходящего диаметра нет, то выбирают с ближайшим большим диаметром.

Уточняют скорость движения воздуха на данном участке, м/с:

$$v_{\hat{O}i} = \frac{4G_i \rho}{3600\pi d_{\hat{O}i}^2}. \quad (45)$$

Значительные потери давления в системе воздуховодов приходится на местные сопротивления. К местным сопротивлениям относятся защитные решетки, устанавливаемые в местах забора приточного воздуха, повороты (отводы), изменения сечения воздуховодов (расширения и сужения, располагаются на стыке участков, а так же до и после калориферной установки), разделение потоков (на прямой проход или ответвление), калориферы и воздухораспределители.

Для большего удобства и правильности расчетов наличие местных сопротивлений на каком-либо участке удобно определять по аэродинамической схеме (рисунок 11).

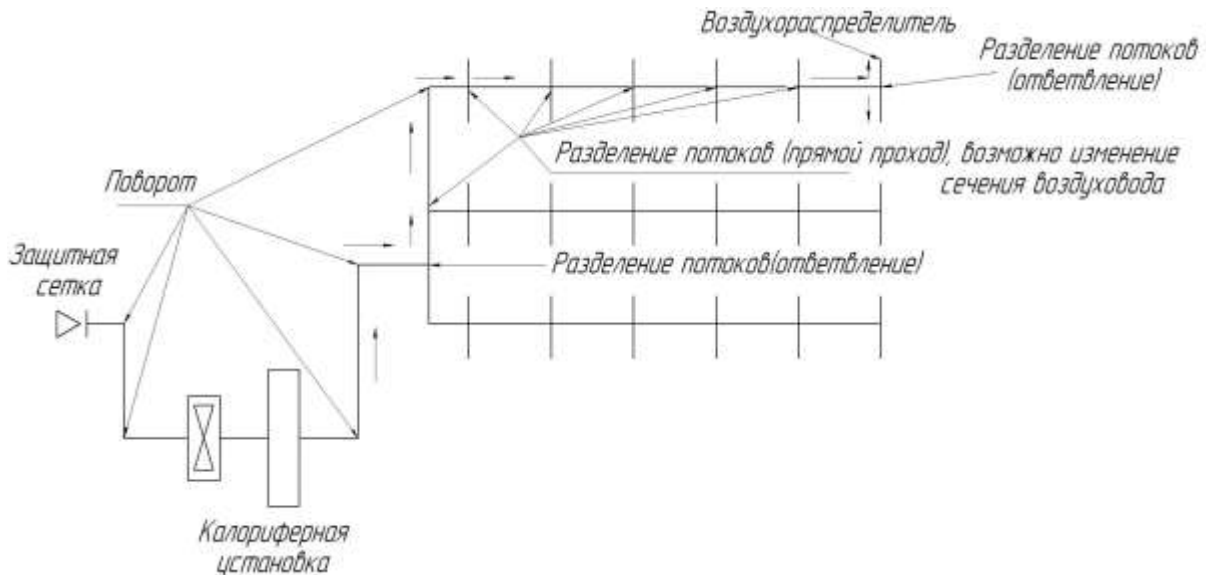


Рисунок 11 Расположение некоторых местных сопротивлений (стрелками указано направление движения воздуха в вентиляционной системе)

Потери напора на местные сопротивления, Па [16]:

$$\Delta l_i = \sum \xi \frac{v^2 \delta_i}{2} \gamma_{\text{AA}}, \quad (46)$$

где  $\xi$  - коэффициент местного сопротивления (приложение 14).

Потери по длине воздуховода (для аэродинамически гладких поверхностей, к которым можно отнести металлические воздуховоды, эти потери не зависят от числа Рейнольдса) и определяются только коэффициентом трения воздуха внутри воздуховода о поверхность воздуховода:

$$\psi = 0,11 \left( \frac{k_{\text{Э}}}{d_i} \right)^{0,25}, \quad (47)$$

где  $k_{\text{Э}}$  - коэффициент эквивалентной шероховатости стенок воздуховода, для стальных воздуховодов  $k_{\text{Э}}=0,0001$  м.

Удельные потери по длине участка, Па/м [17]:

$$R = 4\psi \frac{1}{d_{\hat{o}i}} \frac{\gamma v_{\hat{o}i}^2}{2g} \quad (48)$$

Суммарные потери по длине на участке, Па:

$$\Delta H_{ДЛ} = Rl, \quad (49)$$

$l$  – длина участка, определяется согласно аэродинамической схемы (рисунок 8), м.

Потери напора в одном ряду калориферов, Па:

трехрядный калорифер:

$$\Delta H_{КАЛ} = 0,22(v_{КАН} \gamma_{ВХ})^{1,86}; \quad (50.1)$$

четырёхрядный калорифер:

$$\Delta H_{КАЛ} = 0,312(v_{КАН} \gamma_{ВХ})^{1,86}. \quad (50.2)$$

Общие потери в калориферной установке, Па:

$$\Delta \dot{I}_{\hat{E}\hat{\lambda}\hat{E}} = \frac{n_{\hat{A}}}{n_{\hat{E}}} \Delta \dot{I}_{\hat{E}\hat{\lambda}\hat{E}}. \quad (51)$$

### Подбор вентилятора

Давление, которое необходимо развить вентилятору, Па [18]:

$$D_{\hat{A}} = \sum \left( \Delta \dot{I}_1 + \Delta \dot{I}_2 \frac{273 + t_{\hat{A}\times}}{273 + t_{\hat{A}\hat{A}}} \right), \quad (52)$$

где  $\Delta H_1$  – расчетное гидравлическое сопротивление участков воздуховода, имеющих одинаковую температуру воздуха с воздухом проходящим через вентилятор (до калорифера);

$t_{вв}$  – температура внутреннего воздуха, при которой наблюдается наибольший воздухообмен, если максимальный воздухообмен приходится на отопительный период, то  $t_{вв} = t_{вн}^3$ , если на неотапливаемый, то  $t_{вв} = t_{вн}^л$ ;

$t_{нач}$  – температура забираемого вентилятором воздуха, соответствующая режиму с максимальным воздухообменом, если максимальный воздухообмен приходится на отопительный период, то  $t_{нач} = t_{рв}$ , если на неотапливаемый  $t_{нач} = t_{сж}$ .

$$\Delta H_1 = \sum (\Delta H_M + \Delta H_{дл}), \quad (53)$$

$\Delta H_2$  - расчетное гидравлическое сопротивление участков воздуховода, имеющих различную температуру воздуха с воздухом проходящим через вентилятор (после калорифера).

Определим расход воздуха, который должен обеспечить вентилятор, кг/с:

$$G_{\hat{A}\hat{I}\hat{O}} = (1,05 \dots 1,1) G_{\hat{A}} \frac{\gamma_{\hat{A}\hat{A}}}{\gamma_{\hat{A}\hat{x}}}, \quad (54)$$

где  $\gamma_{вв}$  – плотность внутреннего воздуха (при температуре  $t_{вв}$ ), кг/м<sup>3</sup>;

$\gamma_{нач}$  – плотность забираемого вентилятором воздуха (при температуре  $t_{нач}$ ), кг/м<sup>3</sup>.

Вентилятор подбирают таким образом, чтобы он обеспечивал одновременно требуемую производительность и давление одновременно (приложение 15, приложение 16).

### Расчет вытяжной вентиляции

Естественная вентиляция необходима для свободного оттока воздуха из помещения. Расчет вытяжной вентиляции сводится к определению количества и расхода воздуха через вытяжную систему. Вытяжная

вентиляция, как правило, состоит из нескольких одинаковых систем с естественным или механическим побуждением движения воздуха. Количество вытяжных систем и их расположение выбирают таким образом, чтобы обеспечивалось равномерное удаление воздуха из помещения.

На первом этапе расчета проверяют возможность использования естественной вытяжной вентиляции.

Расчет естественной вытяжной вентиляции начинают с определения разности давлений на входе и выходе из вытяжной шахты, Па [19]:

$$\Delta p_i = Hg(\gamma_{\hat{A}\hat{A}} - \gamma_{\hat{I}\hat{A}\times}), \quad (55)$$

где  $H$  - высота вытяжной шахты, принимается исходя из архитектурно-планировочных особенностей здания, для животноводческих зданий, как правило, составляет 2...5 метра.

Определяем необходимую площадь поперечного сечения всех шахт, м<sup>2</sup> [12]:

$$F_{\hat{A}} = \frac{L}{\sqrt{\frac{2g\Delta p_i}{\xi_{\hat{A}\emptyset} \gamma_{\hat{A}\hat{A}}}}}, \quad (56)$$

где  $\xi_{\text{вш}}$  - коэффициент местных сопротивлений составных элементов вытяжной шахты естественной вентиляции.

К местным сопротивлениям вытяжной шахты естественной вентиляции относят направляющий лоток  $\xi=0,5$  и дефлектор  $\xi=1,4$ .

Далее необходимо определиться с предполагаемым количеством вытяжных шахт исходя из следующих условий:

1. количество рядов вытяжных шахт должно быть кратно числу рядов воздухораспределителей, обеспечивать равномерность удаления

воздуха из помещения, не рекомендуется принимать число рядов вытяжных шахт равным одному (рисунок 12 и 13);

2. вытяжные шахты в одном ряду располагаются на расстоянии 10-20 метров друг от друга равномерно по длине вентилируемого помещения.

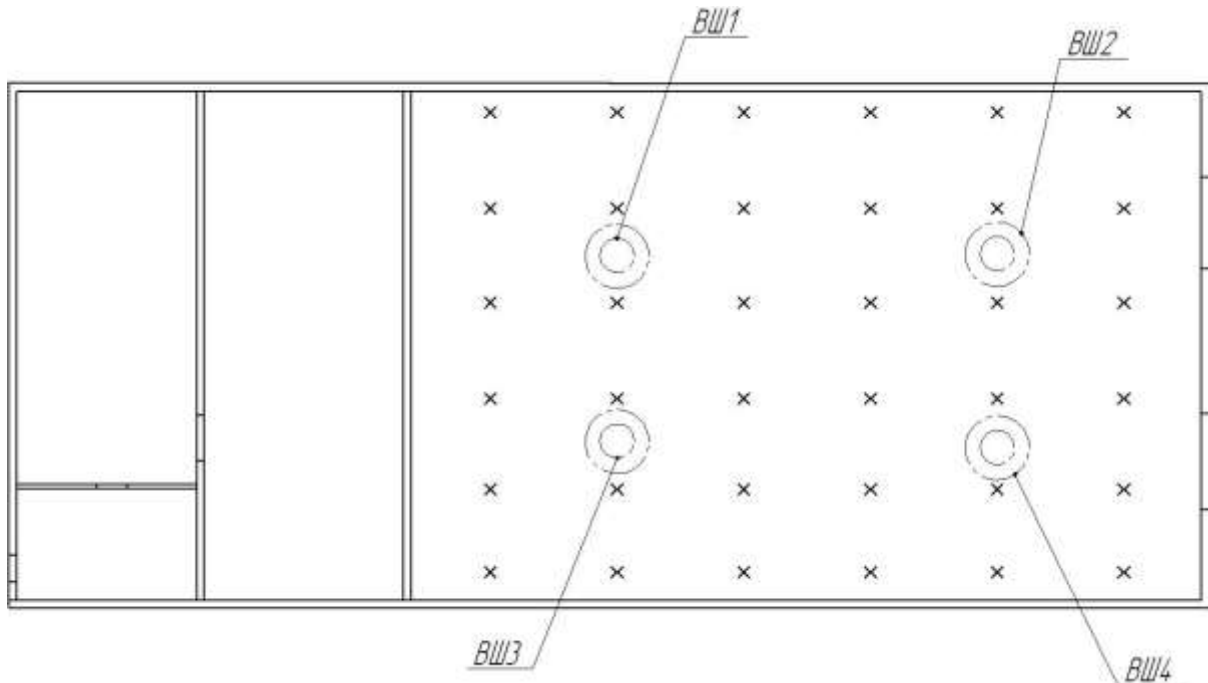


Рисунок 12 Схема расположения вытяжных шахт в 2 ряда

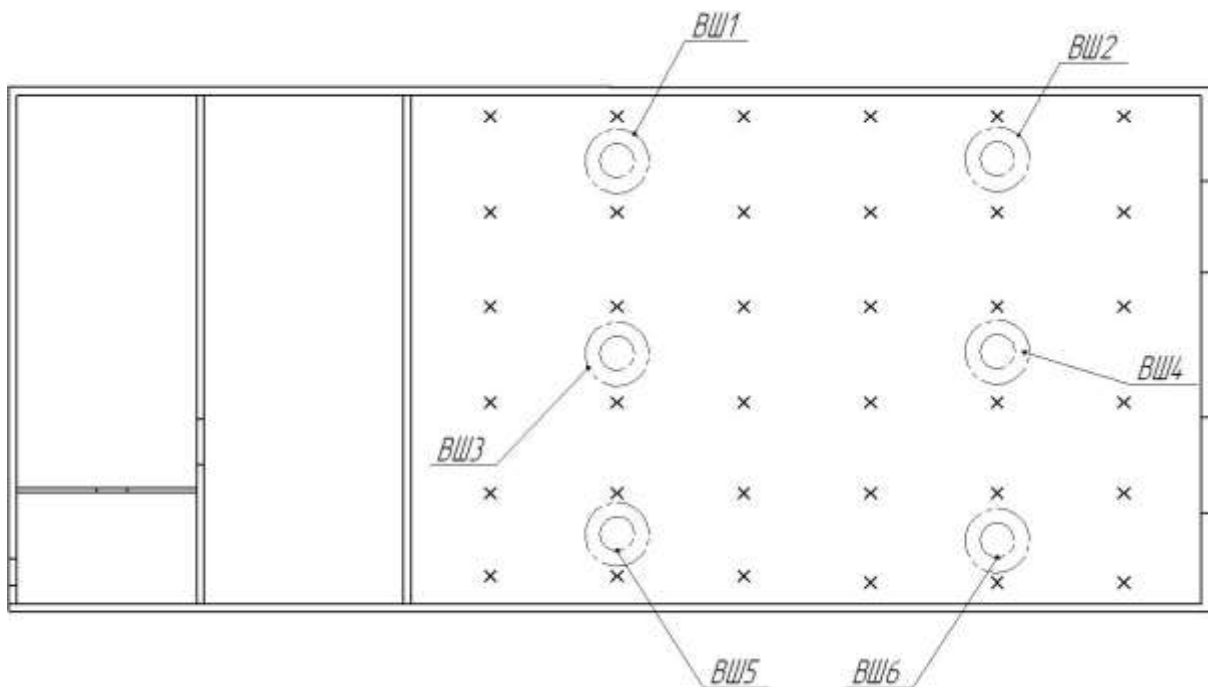


Рисунок 13 Схема расположения вытяжных шахт в 3 ряда

Задаваясь числом вытяжных шахт  $n_{ш}$ , определяют площадь поперечного сечения каждой шахты,  $m^2$ :

$$F_{ШЕ} = F_E / n_{ш}. \quad (57)$$

Определяют диаметр воздуховода вентиляционной шахты, м:

$$d_{\phi A} = \sqrt{\frac{4F_{\phi}}{\pi}} \quad (58)$$

К установке принимают ближайший больший стандартный воздуховод  $d_{вш}$  (приложение 17) равный диаметру дефлектора  $D$ .

В случае, если полученный диаметр воздуховода слишком велик, то это означает, что естественная вентиляция не может справиться с оттоком такого количества воздуха и необходимо использовать механическую вытяжную вентиляцию.

Расчет механической вытяжной вентиляции начинают с определения суммарной площади поперечного сечения вытяжных шахт,  $m^2$ :

$$F_{\Sigma} = \frac{G_B}{3600 v_{\phi A}}, \quad (59)$$

где  $v_{вш}$  – скорость движения воздуха в вытяжных шахтах, принимается равной не более 10 м/с.

Задаваясь числом вытяжных шахт  $n_{ш}$ , определяют площадь поперечного сечения каждой шахты,  $m^2$ :

$$F_{ШМ} = F_M / n_{ш}. \quad (60)$$

Определяют диаметр воздуховода вентиляционной шахты,  $m^2$ :

$$d_{\phi \phi} = \sqrt{\frac{4F_{\phi}}{\pi}}. \quad (61)$$

К установке принимают ближайший больший стандартный воздуховод  $d_{мш}$  равный входному диаметру крышного вентилятора  $d$  (приложение 18). Дополнительно к крышному вентилятору на вытяжную

шахту устанавливают обратный клапан (приложение 19). Выбирается он по входному диаметру крышного вентилятора  $d$  (приложение 18).

## ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Графическая часть курсовой работы выполняется на двух листах формата А1. На первом листе показывается аксонометрическая схема системы вентиляции (приточной и вытяжной) в изометрической проекции. На втором листе представляется чертеж системы вентиляции с привязкой к архитектуре здания и необходимыми разрезами (разрез вытяжной шахты, разрез калориферной установки и разрез здания).

Оба чертежа выполняются с основной надписью, представленной на рисунке 14 (форма 3, ГОСТ 21.101-97 Основные требования к проектной и рабочей документации) [20].

185											
10	10	10	10	15	10	70			15	15	20
											10
											15
Изм.	Кол-во	Лист	№ док.	Подп.	Дата				Стадия	Лист	Листов
Разраб.											5
Гл. конс.											10
Проверил											15
Н. контр.											
Утверждаю											

Рисунок 14 Основная надпись

Каждой системе присваивают обозначение, состоящее из марки и порядкового номера в пределах марки [21]. Системы приточной вентиляции маркируются буквой П, системы теплоснабжения

маркируются буквой Т. Например П1 или Т1. При наличии нескольких одинаковых систем номер им присваивается по следующему принципу:

- порядковый номер системы вентиляции соответствует арабским цифрам, начиная с 1 в порядке увеличения, например П1, П2, П3 и т.д.
- для систем теплоснабжения, в том числе установок вентиляции, первая цифра в обозначении соответствует назначению трубопровода (1-прямой, 2 обратный), вторая – порядковому номеру системы. Таким образом, полное обозначение систем выглядит следующим образом: Т11, Т12, Т21, Т22 и т.д.

На аксонометрической схеме элементы системы вентиляции указывают условными графическими обозначениями.

Трубопроводы и воздуховоды выполняются условными графическими обозначениями в виде толстой основной линии, при этом трубопроводы расположенные друг над другом в одной плоскости изображают параллельными линиями.

Трубопроводам и воздуховодам присваивают обозначение, состоящие из марки и порядкового номера в пределах марки. Марка трубопровода или воздуховода должна соответствовать марке системы, в которую он входит

При изображении трубопроводов или воздуховодов на схеме буквенно-цифровые обозначения марки указывают на полках линий-выносок или в разрывах линий трубопроводов или воздуховодов (рисунок 15). Теплоснабжающие трубопроводы обозначаются буквой Т, воздуховоды приточной вентиляции П.



Рисунок 15 Буквенно-цифровое обозначение трубопроводов или воздухопроводов

На схеме системы вентиляции так же указывают:

- теплоснабжающие трубопроводы и их диаметры;
- воздухопроводы, их диаметры для круглых и сечения для прямоугольных, и количество проходящего через них воздуха в м<sup>3</sup>/ч;
- отметки уровней осей трубопроводов и круглых воздухопроводов;
- отметки уровней низа прямоугольных воздухопроводов;
- лючки для замеров параметров воздуха и чистки воздухопроводов с указанием на полке линии-выноски марки лючка и под полкой – марка лючка;
- воздухораспределители с указанием на полке линии-выноски обозначения элемента системы. При этом для нетиповых изделий на полке линии-выноски указывают наименование и буквенно-цифровое обозначение изделия и под полкой - обозначение эскизного чертежа;
- неподвижные опоры и нетиповые крепления с указанием на полке линии-выноски обозначения элемента и под полкой – обозначение эскизного чертежа.

Для трубопроводов указывают диаметр условного прохода и толщину стенки. При указании размера диаметра перед размерным числом следует писать знак "Ø". Обозначение диаметра трубопровода или воздуховода наносят на полке линии-выноски. В том случае, когда на полке линии-

выноски наносят буквенно-цифровое обозначение трубопровода, диаметр трубопровода указывают под полкой линии-выноски (рисунок 16).

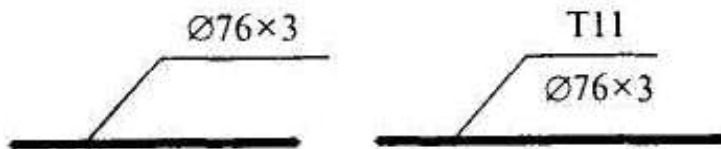


Рисунок 16 Структура условного обозначения трубопровода

В обозначении сечения прямоугольных воздуховодов, нанесенных на плане чертежей систем и расположенных в горизонтальной плоскости, на линии-выноске первой цифрой указывают его ширину, второй – высоту, под линией выноской - количество проходящего воздуха в м<sup>3</sup>/ч. Для воздуховодов круглого сечения на линии-выноске указывается диаметр воздуховода, под линией-выноской количество проходящего воздуха в м<sup>3</sup>/ч. При указании количества проходящего воздуха перед размерным числом следует писать букву “L” (рисунок 17).

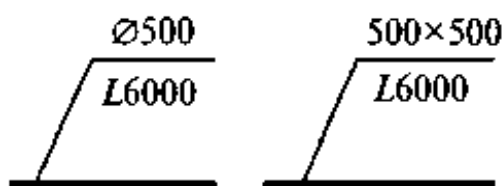


Рисунок 17 Структура условного обозначения воздуховодов

Отметки уровней (высоты, глубины) элементов конструкций, оборудования, трубопроводов, воздуховодов и др. от уровня отсчета (условной "нулевой" отметки) обозначают условным знаком и указывают в метрах с тремя десятичными знаками, отделенными от целого числа запятой.

"Нулевую" отметку, принимаемую, как правило, для поверхности какого-либо элемента конструкций здания или сооружения, расположенного вблизи планировочной поверхности земли, указывают без знака; отметки выше нулевой — со знаком "+"; ниже нулевой — со знаком "-".

На видах (фасадах), разрезах, схемах и сечениях отметки указывают на выносных линиях или линиях контура в соответствии с рисунком 18, на планах - в прямоугольнике.

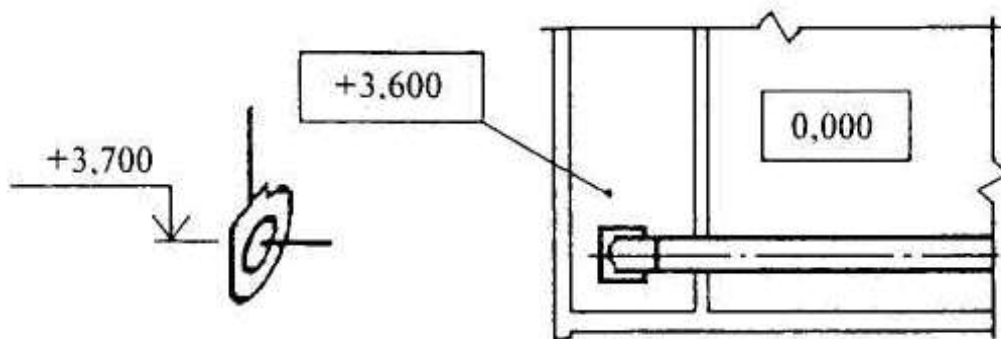


Рисунок 18 Условное обозначение отметки высот относительно нулевого уровня

Лючки для чистки воздухопроводов обозначаются маркой "ЛВ", лючки для замеров параметров воздуха – маркой "ЛП" (рисунок 19). Под линейно-выносной обозначается нормативный документ, в соответствии с которым изготовлен лючок.

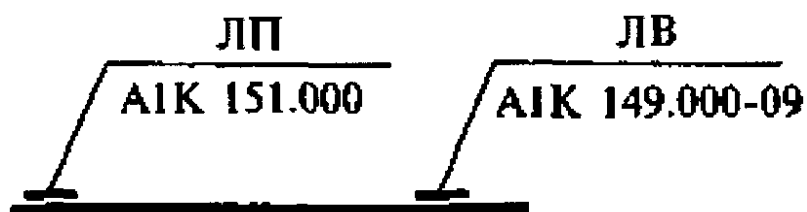

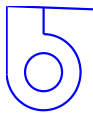


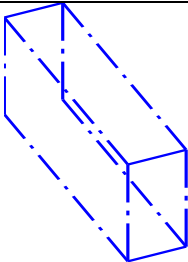

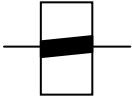
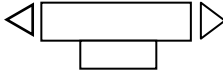
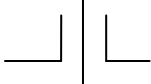



Рисунок 19 Условное обозначение лючков

Другие условные обозначения, встречающиеся на аксонометрических схемах представлены в таблице 1.

Таблица 1- Условные обозначения элементов аксонометрических схем

Наименование	Условное обозначение
вентилятор осевой	
вентилятор центробежный	
место забора воздуха	
воздухораспределитель	
калорифер	
дефлектор	
обратный клапан	
крышный вентилятор	
узел прохода вентиляционной шахты сквозь здание	
дроссельная заслонка	

При использовании воздухораспределителей на линии-выноске указывают их марку, а под линией выноской нормативный документ, в соответствии с которым воздухораспределитель выполнен, если таковой существует (рисунок 20). Примерная аксонометрическая схема приточной и вытяжной вентиляции представлена на рисунке 20-21.

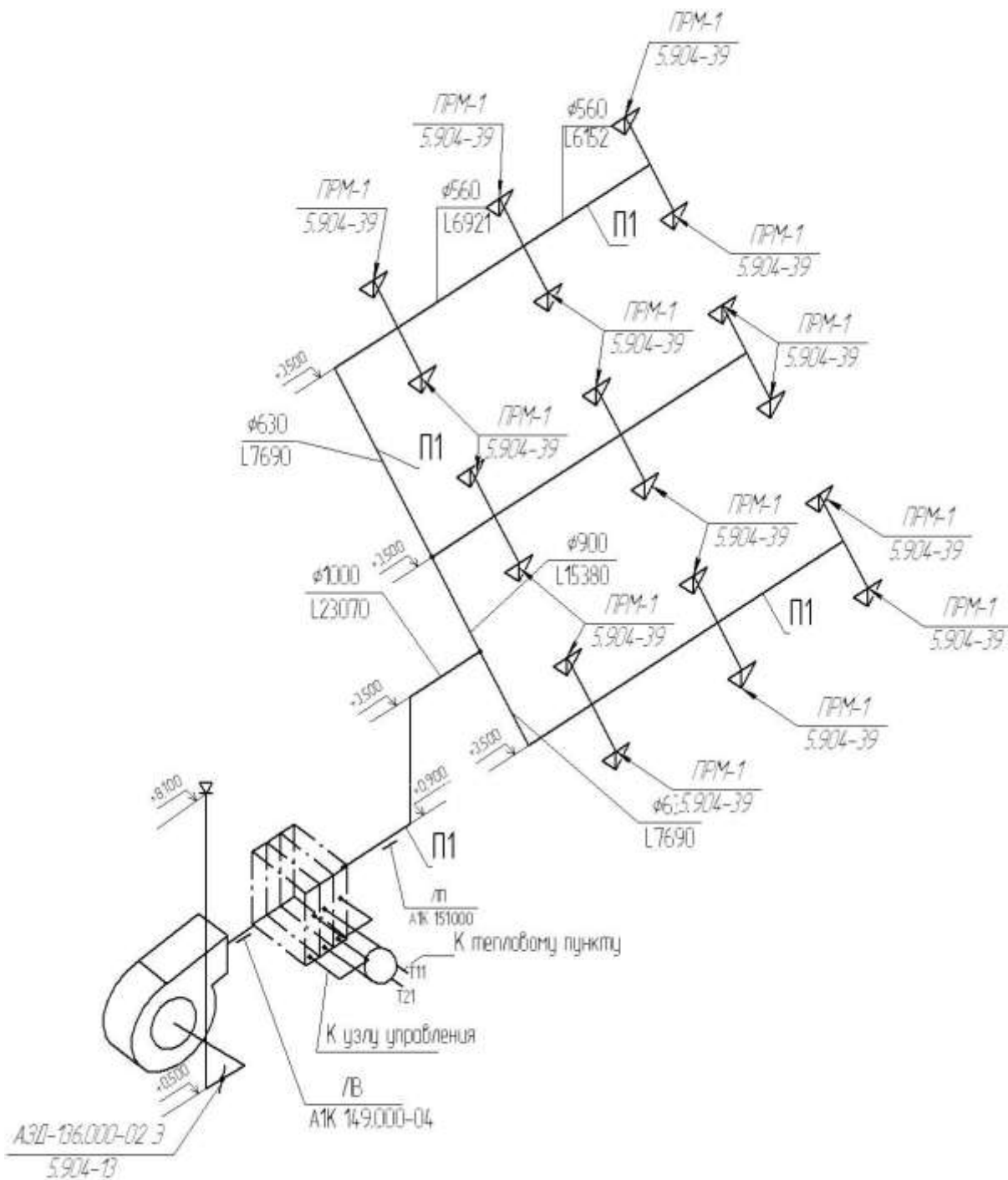


Рисунок 20 Фрагмент аксонометрической схемы приточной вентиляции

На втором листе приводится чертеж системы вентиляции внутри здания.

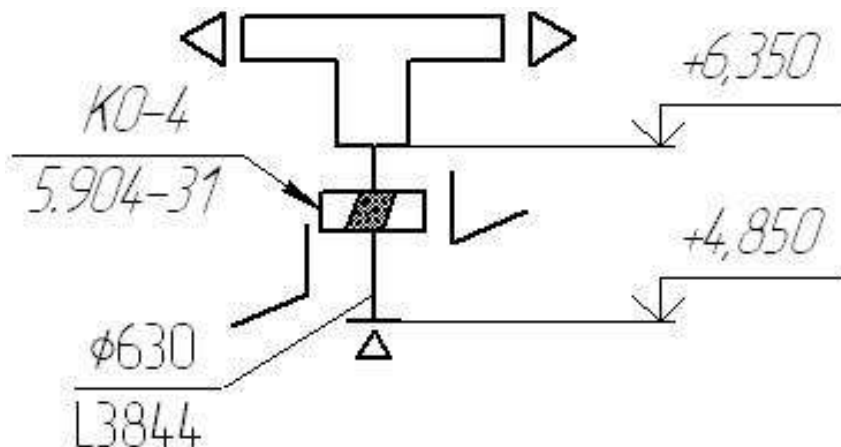


Рисунок 21 Примерная аксонометрическая схема вытяжной механической вентиляции

На изображении каждого здания или сооружения указывают координационные оси и присваивают им самостоятельную систему обозначений.

Координационные оси наносят на изображения здания, сооружения тонкими штрихпунктирными линиями с длинными штрихами, обозначают арабскими цифрами и прописными буквами русского алфавита (за исключением букв: Ё, З, Й, О, Х, Ц, Ч, Щ, Ъ, Ы, Ь) в кружках диаметром 6—12 мм.

Пропуски в цифровых и буквенных (кроме указанных) обозначениях координационных осей не допускаются.

Цифрами обозначают координационные оси по стороне здания и сооружения с большим количеством осей. Если для обозначения координационных осей не хватает букв алфавита, последующие оси обозначают двумя буквами (АА; ББ; ВВ).

Последовательность цифровых и буквенных обозначений координационных осей принимают по плану слева направо и снизу вверх.

Обозначение координационных осей, как правило, наносят по левой и нижней сторонам плана здания и сооружения.

При несовпадении координационных осей противоположных сторон плана обозначения указанных осей в местах расхождения дополнительно наносят по верхней и/или правой сторонам.

На чертеже указываются межосевые размеры воздуховодов, расстояния до стен, потолков или полов, диаметры воздуховодов с указанием под полкой-выноской принадлежности воздуховода к системе. Примерный чертеж системы вентиляции показан на рисунке 22 (без необходимых разрезов).

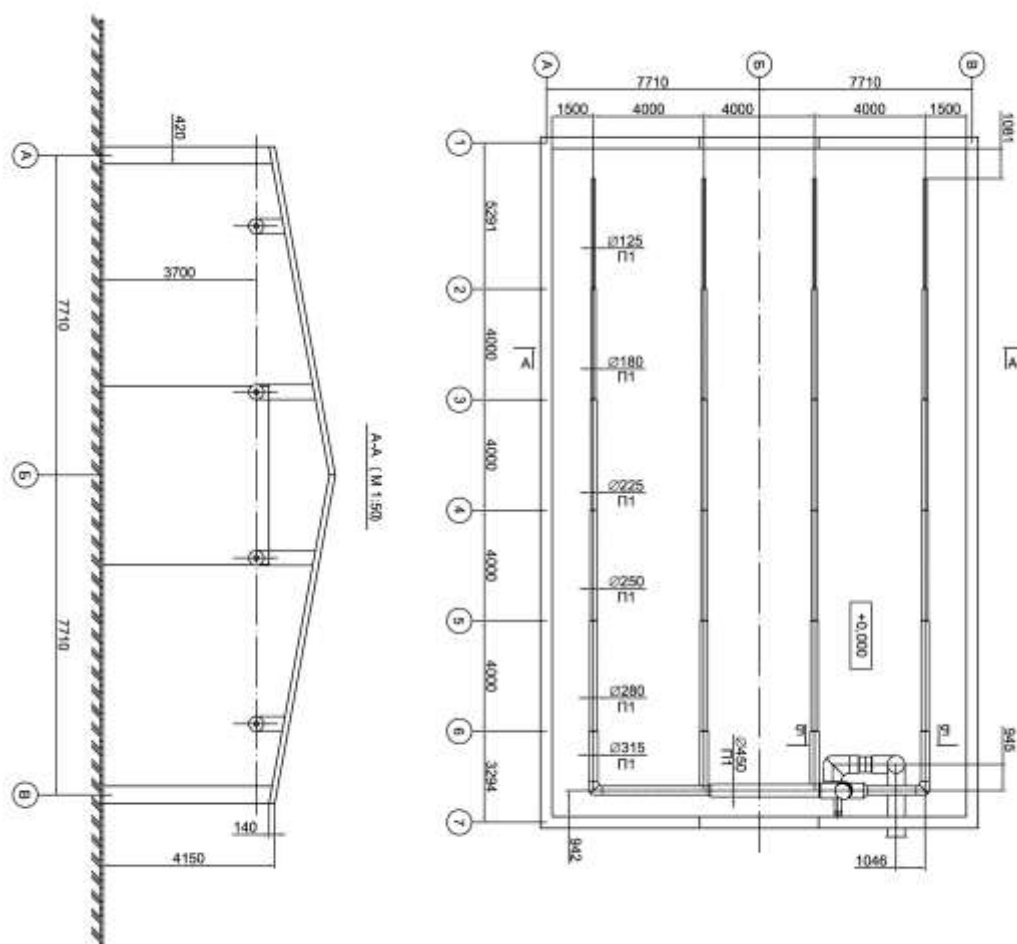


Рисунок 22 Примерный чертеж системы вентиляции

Дополнительно на чертеже показываются разрезы вентиляционной шахты (рисунок 23) и калориферной установки (рисунок 24.) Разрезы обозначают арабскими цифрами последовательно.

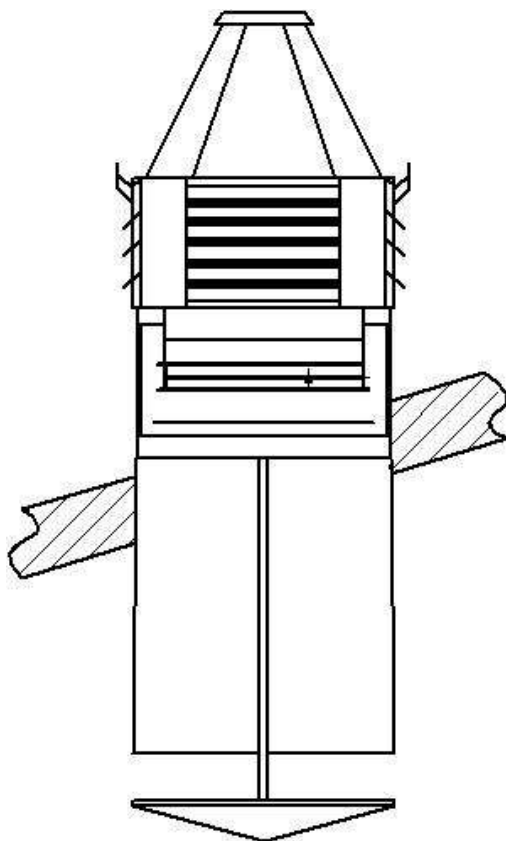


Рисунок 23 Разрез вытяжной вентиляционной шахты

Б-Б (М 1:25)

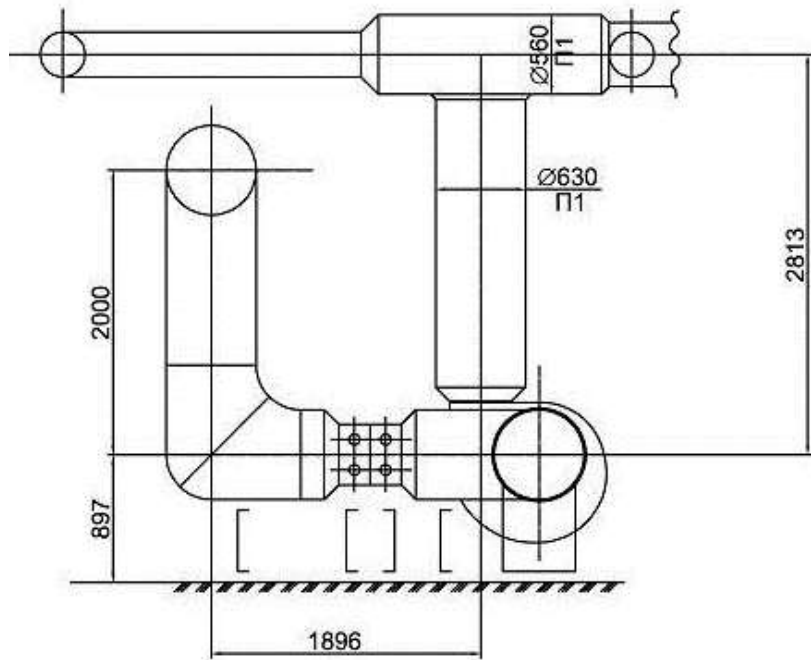


Рисунок 24 Разрез калориферной установки

## Библиографический список

1. Сивицкий, Д.В. Проектирование приточно-вытяжной вентиляции животноводческих помещений [Текст]: учебное пособие / Д.В. Сивицкий, С.С. Абрамов, А.М. Казаков. – Саратов: Наука, 2011. – 68 с.

2. Техника и технологии в животноводстве [Текст электронный]: Учебник / В.И. Трухачев, И.В. Атанов, И.В. Капустин, Д.И. Грицай. - 2-е изд., стер. - СПб: Лань, 2023. - 440 с. — ISBN 978-5-507-46325-1. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/305996>.

3. Оденбах, И. А. Вентиляция [Текст электронный]: учебное пособие / И. А. Оденбах, А. В. Колотвин, О. Н. Шевченко. — Оренбург : ОГУ, 2024. — 110 с. — ISBN 978-5-7410-3205-3. // Лань : электронно-библиотечная система. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/437660>

4. ГОСТ 21.602-2016 Правила выполнения рабочей документации отопления, вентиляции и кондиционирования [Текст]. – Введен 2017-07-01.

5. СП 60.13330.2020. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. СНиП 41-01-2003. [Текст]. – утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 30.12.2020.

6. Ананьев, В.А. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. [Текст] / В.А. Ананьев, Л.Н. Балужева, А.Д. Гальперин, А.К. Городов, М.Ю. Еремин, С.М. Звягинцева, В.П. Муришко, И.В. Седых. - 3-е издание. – Евроклимат, 2001, - 416 с., ISBN 5-94447-005-4.

7. Нормы технологического проектирования предприятий крупного рогатого скота [Текст]: НТП 1-99: утв. Заместителем Министра Минсельхозпрода РФ Колгановым А.В. 28.06.1999: ввод. в действие с 01.10.1999.

8. Нормы технологического проектирования свиноводческих ферм крестьянских хозяйств [Текст]: НТП-АПК 1.10.02.001-00: утв. Заместителем

министра Минсельхоза России Р.З. Алтынбаевым 15.09.2000: введ. в действие с 01.10.2000.

9. Нормы технологического проектирования птицеводческих предприятий [Текст]: НТП-АПК 1.10.05.001-01: утв. Заместителем Министра сельского хозяйства Российской Федерации Н.К. Долгушкиным 28.08.01: введ. в действие с 01.03.2002.

10. Бэккер, А. Системы вентиляции. [Текст] / А. Бэккер. – М.: Техносфера, Евроклимат, 2005. – 232 с., ISBN 5-94836-047-4.

11. Щекин, Р.В. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. [Текст]: в 2 к. К. 2. / Р.В. Щекин, С.М. Корневский, Г.Е. Бем, Ф.И. Скороходько, Е.И. Чечик, Г.Д. Соболевский, В.А. Мельник, О.С. Корневский. – Киев: Строитель. 1976. – 352 с.

12. Порецкий, В.В. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: Жилые здания со встроенно-пристроенными помещениями общественного назначения и стоянками автомобилей. Коттеджи: Справочное пособие. [Текст] / В.В. Порецкий, И.С. Березович, Г.И. Стамохина. – М.: Пантори, 2003. – 308 с.: ил, ISBN 5-9218-0008-2.

13. Свистунов, В.М. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно- коммунального хозяйства: Учебник для ВУЗов. [Текст] / В.М. Свистунов, Н.К. Пушняков. 2-е изд. – СПб.: Политехника. 2007. – 423 с.: ил, ISBN 5- 7325-0349-8.

14. Русланов, Г.В. Отопление и вентиляция жилых и гражданских зданий: Проектирование: Справочник [Текст] / Г.В. Русланов, М.Я. Розкин, Э.Л. Ямпольский. – Киев: Строитель. 1983. - 272 с.

15. Стефанов, В.Е. Инженерные системы зданий. Вентиляция и кондиционирование воздуха. [Текст] / В.Е. Стефанов. – СПб, АВОК Северо-запад, 2005. – 402 с., ISBN 5-902146-08-9.

16. Павлов П.В., Орлов А.А. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Теория и практика [Текст]: Учебное пособие. – СПб.: АВОК Северо-Запад, 2008. – 560 с.

17. Колибаба, О. Б. Микроклимат помещений и тепловая защита зданий [Текст электронный]: учебное пособие / О.Б. Колибаба, Д.А. Долинин, О.В. Самышина. -Иваново: ИГЭУ, 2018. - 94 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/154563>.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 Выделение вредных веществ животными (в расчете на 1 голову)

животное \ вещество	водяные пары W, г/ч	углекислота W <sub>CO2</sub> , л/ч	полное тепло q <sub>ж</sub> , Вт	аммиак W <sub>NH3</sub> , мг/ч	сероводород W <sub>H2S</sub> , мг/ч	Помет P <sub>пом</sub> кг
птица взрослая	4,5	1,54	10	4,15	2,5	0,4
птица молодой	3	1,02	23,72	1,1	0,45	0,06
свиньи	162	51,2	500	36	2	17
поросята	52,6	16,7	110	9	1	3,3
КРС	292	104	800	73	9	39
Телята	33,8	10	82	27	1,6	6,9

Приложение 2 Изменение выделения теплоты, водяных паров и углекислоты животными в зависимости от температуры воздуха в помещении

Температура воздуха в помещении, °С	Коэффициент для расчета выделений животными		
	общей теплоты у <sub>т</sub> , Вт	водяных паров у <sub>ж</sub> , г/ч	углекислоты u <sub>CO2</sub> , л/ч
1	2	3	4
КРС			
10	1,00	1,00	1,00
15	1,00	1,26	1,10
20	1,00	1,56	1,22
25	1,04	1,99	1,38
30	1,15	2,51	1,65
Телята			
15	1,00	1,00	1,00
20	1,00	1,49	1,28
25	1,02	2,02	1,65
30	1,05	2,86	2,04
Свиньи и поросята			
15	0,94	1,13	1,13
20	0,90	1,50	1,50
25	0,86	2,00	2,00
30	0,87	2,50	2,50
Взрослая птица			
16	1,00	1,00	1,00
20	1,00	1,00	1,00
24	1,05	1,05	1,05

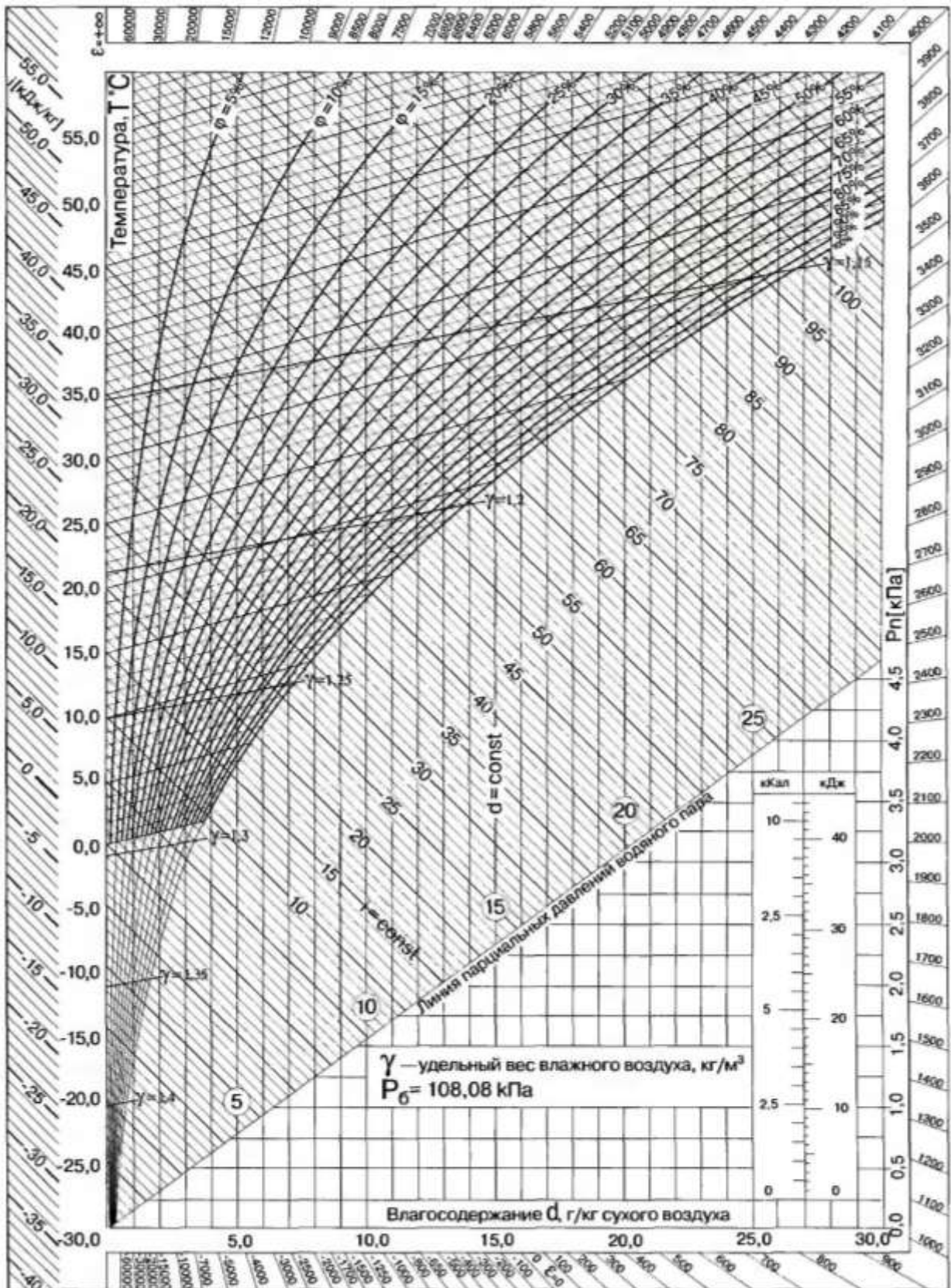
Продолжение приложения 2

26	1,09	1,13	1,13
28	1,14	1,22	1,22
32	1,21	1,34	1,34
Молодняк птицы			
20	1,00	1,00	1,00
24	1,00	1,00	1,00
26	1,03	1,3	1,3
28	1,05	1,05	1,05
32	1,12	1,30	1,30

Приложение 3 Выделение вредных веществ людьми

температура в помещении, °С	водяные пары w, г/ч	полное тепло q <sub>л</sub> , Вт	углекислота m <sub>CO2</sub> , л/ч
легкая работа			
10	40	180	25
15	55	160	25
20	75	150	25
25	115	145	25
30	150	145	25
работа средней тяжести			
10	70	215	35
15	110	210	35
20	140	205	35
25	185	200	35
30	230	200	35
тяжелая работа			
10	135	290	45
15	185	290	45
20	240	290	45
25	295	290	45
30	355	290	45

Приложение 4 I-d – диаграмма влажного воздуха



Приложение 5 Требования к воздуху внутри помещений

животное	температура внутреннего воздуха в отопительный период $t_{\text{вн}}^3$ , °С	температура внутреннего воздуха в неотопительный период $t_{\text{вн}}^{\text{л}}$ , °С	влажность внутреннего воздуха $\phi_{\text{в}}$ , %	максимальная скорость движения воздуха $U_{\text{д}}$ , м/с
птица взрослая	16	29	80	0,6
птица молодняк	22	28	70	0,5
свиньи	18	29	75	1
поросята	20	28	70	0,6
КРС	10	30	75	0,5
Телята	15	29	70	0,3

Приложение 6 Плотность воздуха при различной температуре

Температура воздуха, °С	Плотность $\gamma$ , кг/м <sup>3</sup>
-40	1,515
-30	1,453
-20	1,395
-10	1,342
0	1,293
10	1,247
20	1,205
30	1,165
40	1,128
50	1,093
60	1,060
70	1,029
80	1,000

Приложение 7 ПДК вредных веществ в помещениях, при содержании  
различных животных

вещество животное	Углекислота, л/м <sup>3</sup>	Аммиак, мг/м <sup>3</sup>	Сероводород, мг/м <sup>3</sup>
птица взрослая	2,5	25	10
птица молодняк	2,0	20	5
свиньи	2,5	20	10
поросята	2,0	20	10
КРС	2,5	15	5
телята	2,0	20	5

Приложение 8 Концентрация вредных веществ в наружном воздухе

**аммиак 0,2 мг/м<sup>3</sup>**

**сероводород 0,008 мг/м<sup>3</sup>**

**углекислый газ 0,3 л/м<sup>3</sup>.**

Приложение 9 Справочные данные для воздухораспределителей  
различных типов

Тип воздухораспределителя	кинематическая характеристика m	температурная характеристика n	максимальная допустимая скорость воздуха на выходе U <sub>o</sub> <sup>MAX</sup> , м/с
Дисковый плафон (МИСИ)	1,7	1,15	1
Плафон многодифузорный (типа ПРМ)	0,75	0,7	1,5
Воздухораспределитель конический (ВК)	1,12	0,85	2
Регулируемая вентиляционная решетка (РВ)	1,7-6,3	1,5-5,1	1,1-2,5

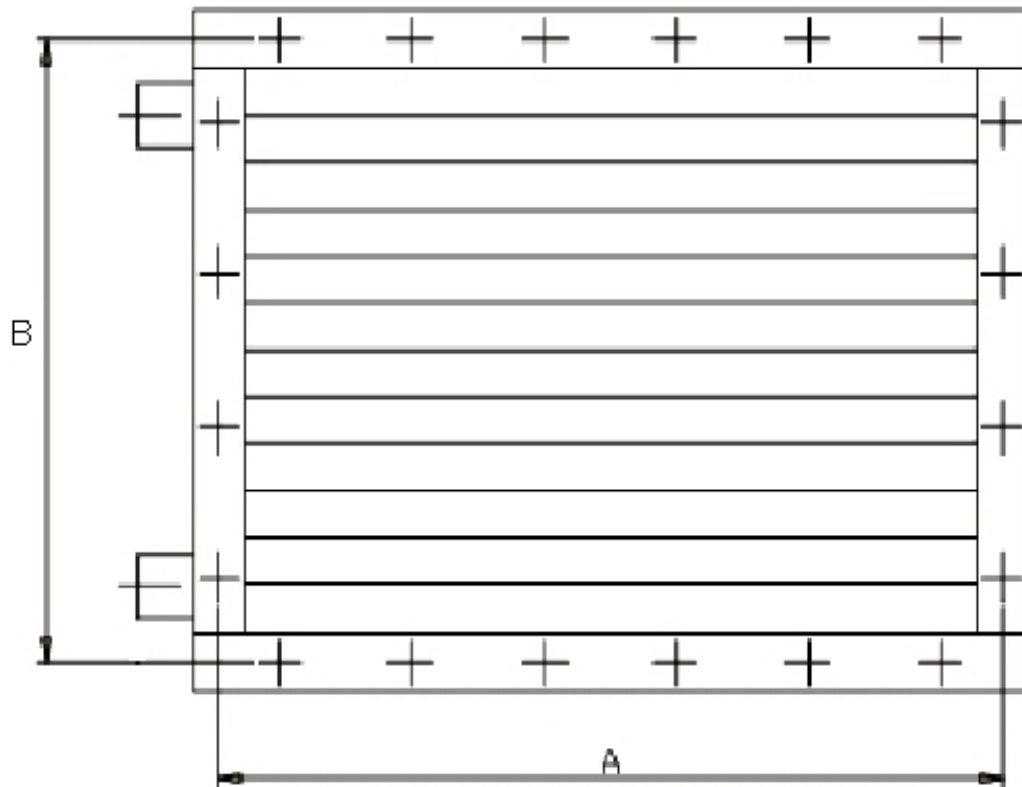
Приложение 10 Характеристики воздухораспределителей

Тип распределителя (нормативный документ)	Живое сечение воздухораспределителя $F_0$ , м <sup>2</sup>					
	Плафон многодиффузорный (типовая серия 5.904-39)	0,049 (ПРМ-1)	0,085 (ПРМ-2)	0,126 (ПРМ-3)	0,196 (ПРМ-4)	0,312 (ПРМ-5)
Воздухораспределитель конический (в разработке)	0,05 (ВК-00)	0,08 (ВК-01)	0,13 (ВК-02)	0,2 (ВК-03)	0,25 (ВК-04)	0,31 (ВК-05)
Дисковый плафон (в разработке)	0,022 (МИСИ-1)	0,055 (МИСИ-2)	0,085 (МИСИ-3)	0,13 (МИСИ-4)	0,205 (МИСИ-5)	
Регулируемая вентиляционная решетка (типовая серия 5.904-50)	0,0225 (РВ1-1)	0,0625 (РВ1-2)	0,1 (РВ1-3)	0,16 (РВ1-4)	0,24 (РВ1-5)	

Приложение 11 Технические характеристики калориферов\*

Номер	Живое сечение, м <sup>2</sup>		Площадь поверхности теплообмена $F_K$ , м <sup>2</sup>		Размеры, В×А, мм
	По воздуху $f_d$	По теплоносителю $f_v$	3-х рядный	4-х рядный	
1	0,2	0,00159	10,2	13,4	426/578
2	0,248		12,6	17,5	426/703
3	0,295		15,0	19,6	426/828
4	0,342		17,4	22,7	426/953
5	0,437		22,1	29,0	426/1203
6	0,267		13,26	17,42	551/578
7	0,329		16,34	21,47	551/703
8	0,392		19,42	25,52	551/828
9	0,455		24,50	29,57	551/953
10	0,581		28,56	37,66	551/1203
11	1,66	0,00232	83,12	110,05	1050/1703
12	2,488	0,00347	125,27	166,25	1551/1703

\* глубина трехрядного калорифера 180 мм, четырех рядного 220 мм.



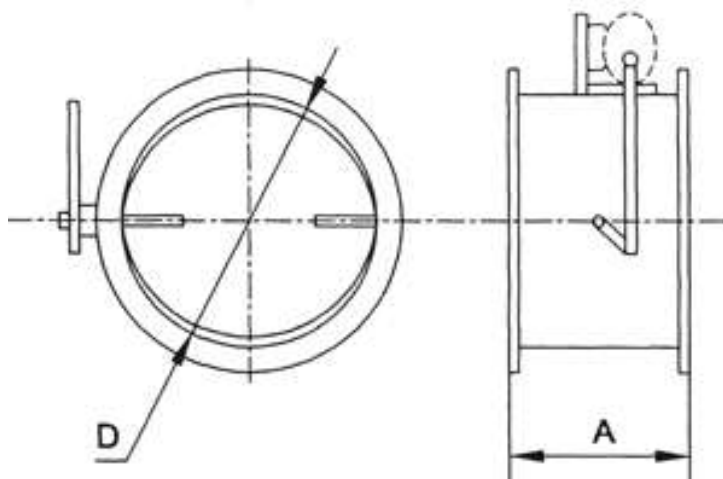
Приложение 12 Размеры воздуховодов круглого сечения из листовой стали

диаметр $d_{\Phi}$ , мм		
100	250	630
110	280	710
125	315	800
140	355	900
160	400	1000
180	450	1120
200	500	1250
225	560	

Приложение 13 Технические характеристики и габаритные размеры  
дроссельных заслонок (типовая серия 5.904-13)

Марки	Диаметр D, мм	длина А, мм	Масса, кг	Тип привода*
АЗД 133.000-01	250	350	6,03	Р, Э, П
АЗД 133.000-02	315		7,64	
АЗД 133.000-03	400		10,8	
АЗД 133.000-04	500		16,1	
АЗД 136.000	630		28,5	
АЗД 136.000-01	800		37,1	
АЗД 136.000-02	1000		50,1	

\* тип привода указывается после марки заслонки, П – с пневматическим приводом, Э – с электрическим приводом, Р – с ручным приводом.



Приложение 14 Коэффициенты местных сопротивлений

**решетка защитная** 1,32

**сужение** 0,3

**расширение** 0,35

**разделение потоков:** прямой проход 1,3  
ответвление 5

**поворот** 0,15 при R/d=2

**заслонка дроссельная** 1,45(при полном открытии)

**воздухораспределители:**

Плафон многодиффузорный (ПРМ) - 1,3

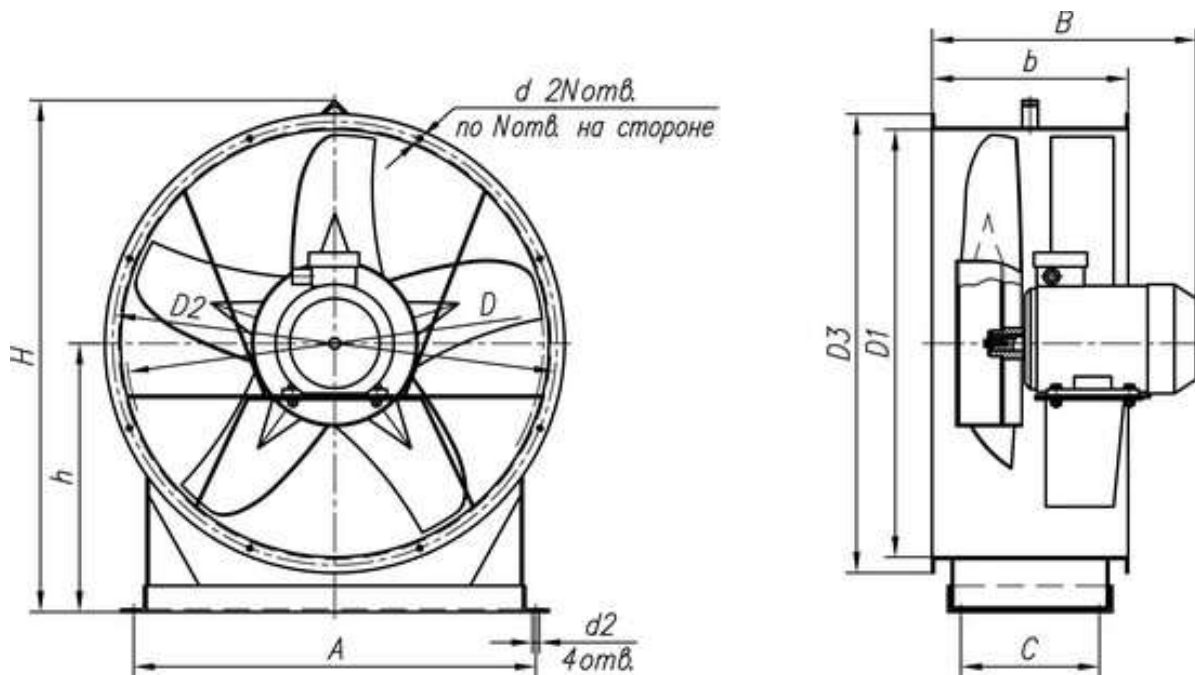
Воздухораспределитель конический (ВК) - 1,77

Дисковый плафон (МИСИ) - 4

Регулируемая вентиляционная решетка (РВ) - 2

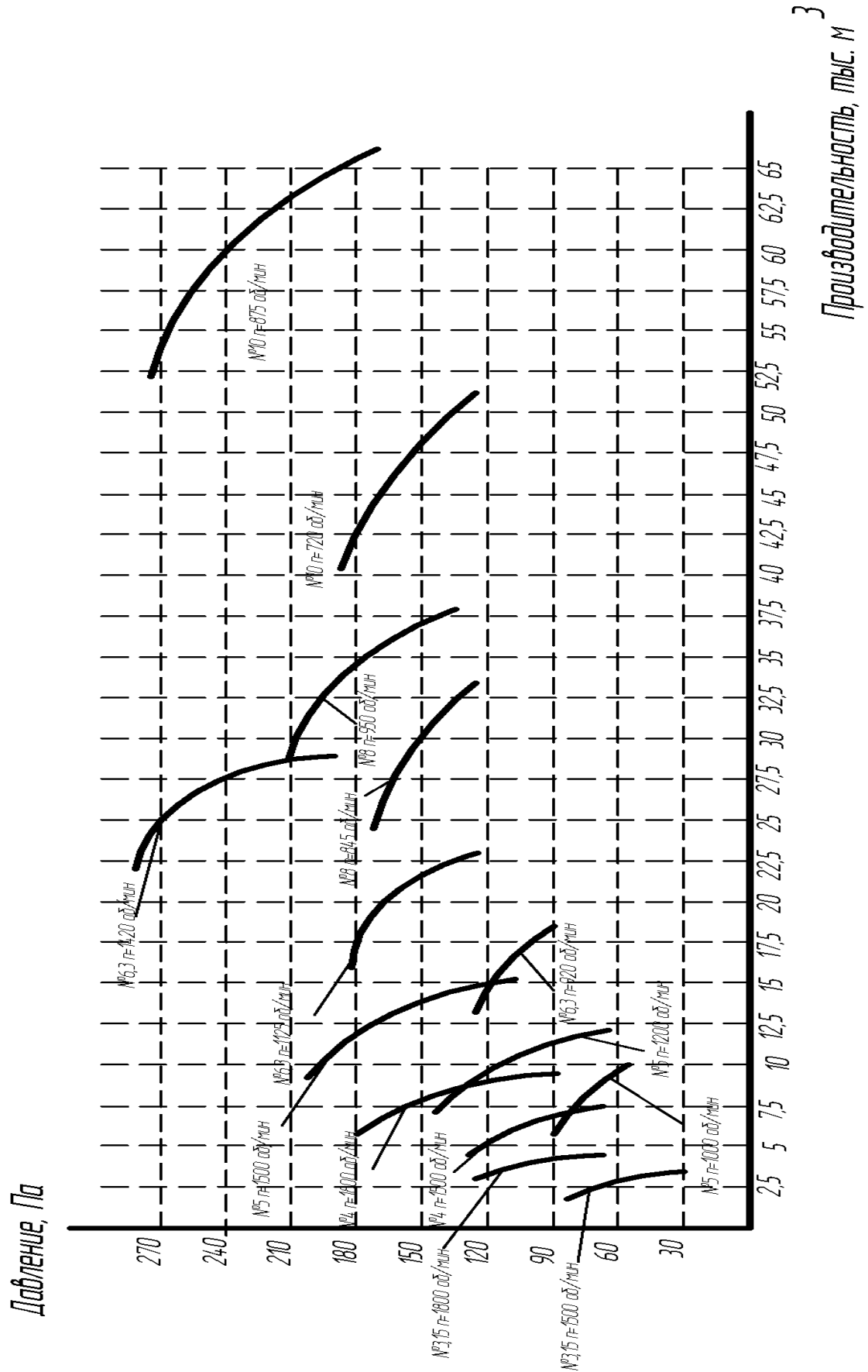
Приложение 15 Технические характеристики, габаритные и  
присоединительные размеры осевых вентиляторов

Марка	Электродвигатель	Мощность, кВт	Масса вентилятора, кг
ВО 14-320 № 3,15	АИР56В4	0,18	
ВО 14-320 №4	АИР56В4	0,18	19,8
ВО 14-320 №5	АИР63В4	0,37	26,5
ВО 14-320 №6,3	АИР71А6	0,37	45,0
	АИР80А4	1,1	48,0
ВО 14-320 №8	АИР100 S 4	3,0	88,0
ВО 14-320 №10	АИР112МА6	3,0	130,0
ВО 14-320 №12,5	АИР112МВ8	3,0	175,0
	АИР132М6	7,5	210,0



продолжение приложения 15

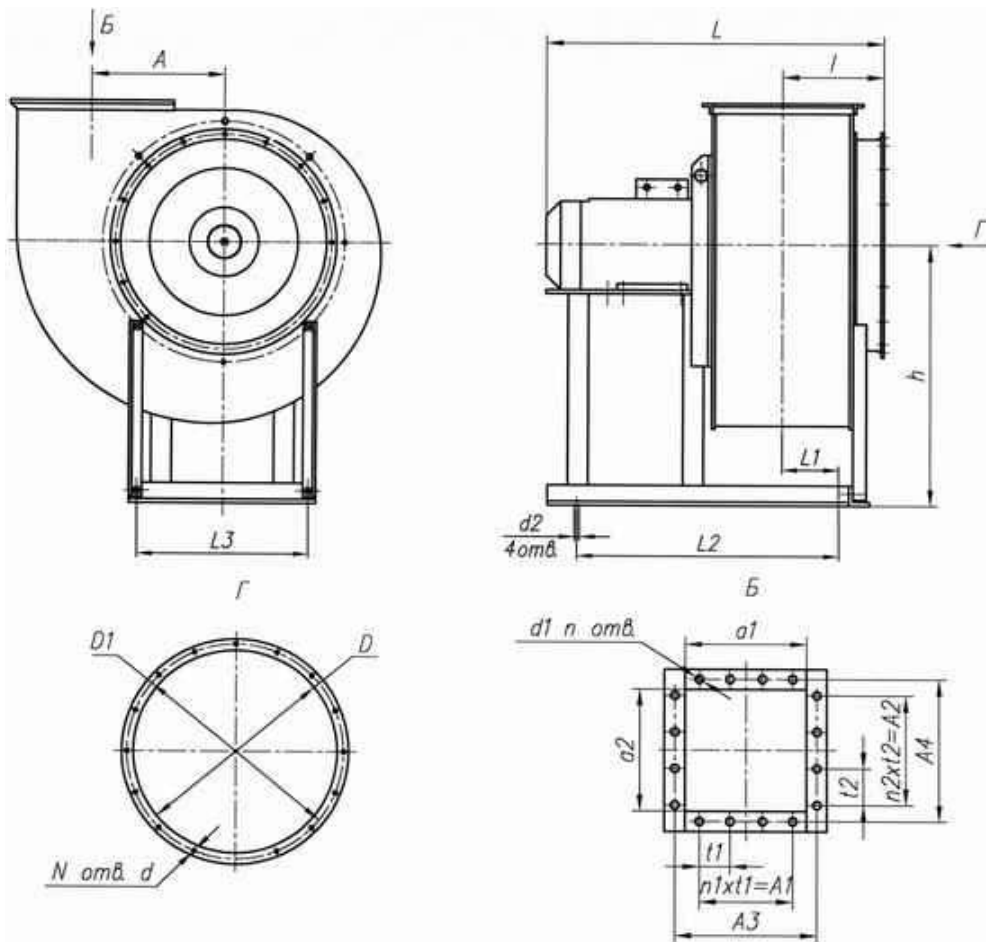
вентиля- тора	Размеры, мм												
	D	D1	D2	D3	d	d2	A	Bmax	b	C	H	h	D
BO 14-320 №3,15	315	320	350	370	8	12	270	347	213	95	437	240	8
BO 14-320 №4	400	405	430	455	10	12	350	416	260	120	510	270	8
BO 14-320 №5	500	510	535	560	10	12	450	406	260	155	628	335	8
BO 14-320 №6,3	630	640	660	690	10	12	550	446	300	200	763	400	8
BO 14-320 №8	800	820	850	880	10	14	750	477	350	265	979	515	8
BO 14-320 №10	1000	1005	1040	1096	14	14	900	643	500	330	1208	650	16
BO 14-320 №12,5	1250	1266	1310	1357	14	14	1100	683	500	350	1444	750	24



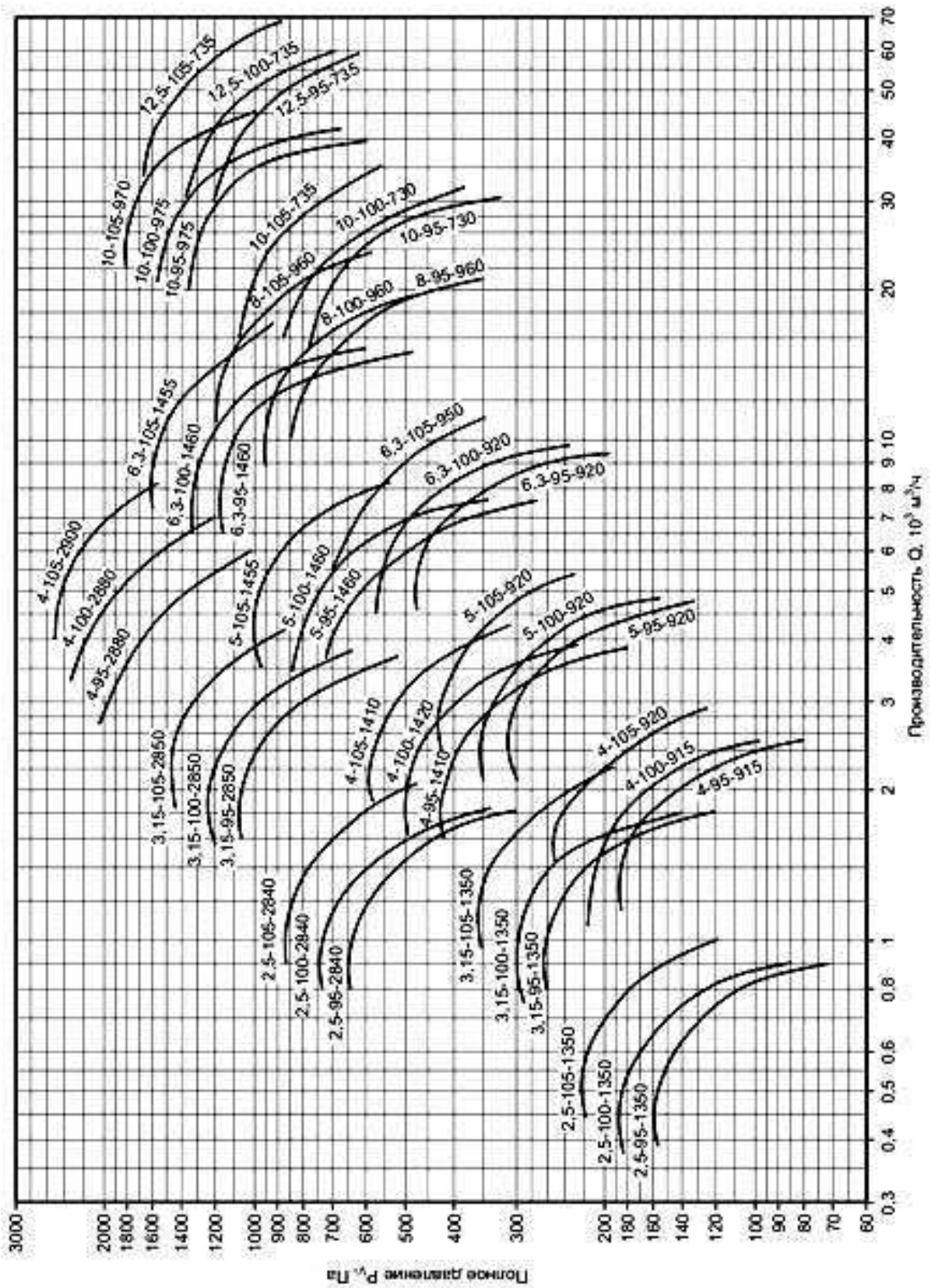
Сводная аэродинамическая характеристика вентиляторов серии ВО 14-320

Приложение 16 Технические характеристики, габаритные и  
присоединительные размеры центробежных вентиляторов

Вентилятор	Электродвигатель	Мощность, кВт	Масса вентилятора, кг
ВР 80-75 №2, 5	АИР56А4	0,12	20,7
	АИР63В4	0,55	22,2
ВР 80-75 №3,15	АИР63А4	0,37	30,5
	5А80МА2	1,5	38,9
ВР 80-75 №4	АИР63В6	0,25	46,2
	АИР71А4	1,1	52,2
	АИР100S2	4	72,0
ВР 80-75 №5	АИР80В6	1,1	144,0
	АИР90L4	2,2	179,0
ВР 80-75 №6,3	АИР90L6	1,5	162,0
	АИР100L4	4	179,0
ВР 80-75 №8	АИР112МВ6	4	277
ВР 80-75 №10	АИР132М8	5,5	466
	5А160М6	15	533
ВР 80-75 №12,5	4А225М8	30	770

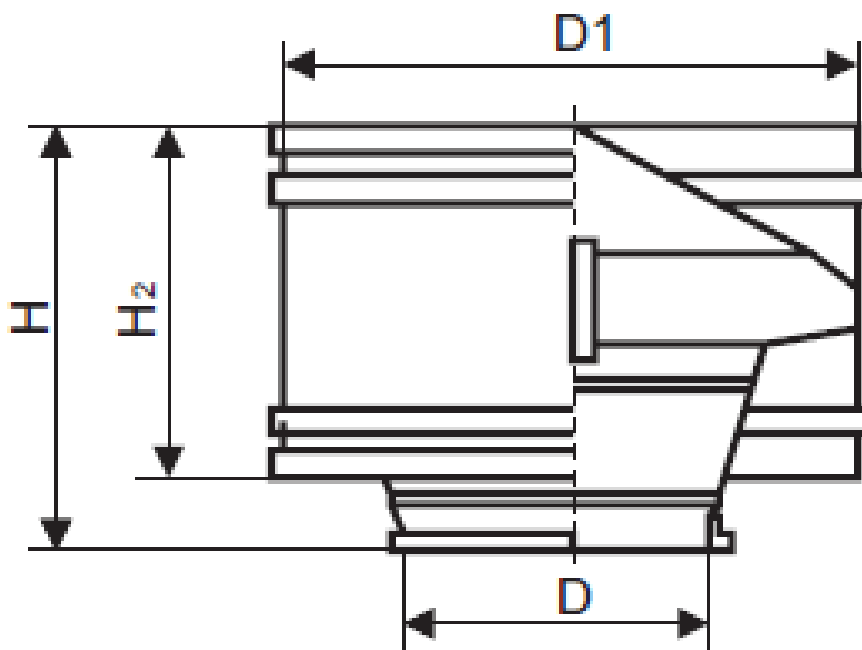


№ вентилятора	Размеры, мм												
	A	A1	A2	A3	A4	a1	a2	Lmax	l	h	L1	L2	
BP 80-75 №2,5	162	100	100	210	210	180	180	600	140	320	45	300	
BP80-75 №3,15	205	200	200	265	265	240	240	600	163	410	93	400	
BP 80-75 №4	260	200	200	334	334	285	285	690	193	510	110	500	
BP 80-75 №5	324	300	300	380	380	345	345	1030	252	650	93	600	
BP 80-75 №6,3	410	400	400	475	475	435	435	1250	314	820	113	700	
BP 80-75 №10	650	750	750	750	750	700	700	1439	452	1212	296	1245	
№ вентилятора	Размеры, мм									N	n	n1	n2
	L3	D	D1	d	d1	d2	t1	t2					
BP 80-75 №2,5	256	250	280	7	7	10	100	100	8	8	1	1	
BP80-75 №3,15	220	318	350	7	7	10	100	100	8	12	2	2	
BP 80-75 №4	290	403	430	7	7	10	100	100	8	12	2	2	
BP 80-75 №5	410	510	530	7	7	12	100	100	16	16	3	3	
BP 80-75 №6,3	510	640	660	7	7	12	100	100	16	20	4	4	
BP 80-75 №10	990	1006	1040	10	10	15	150	150	16	20	5	5	



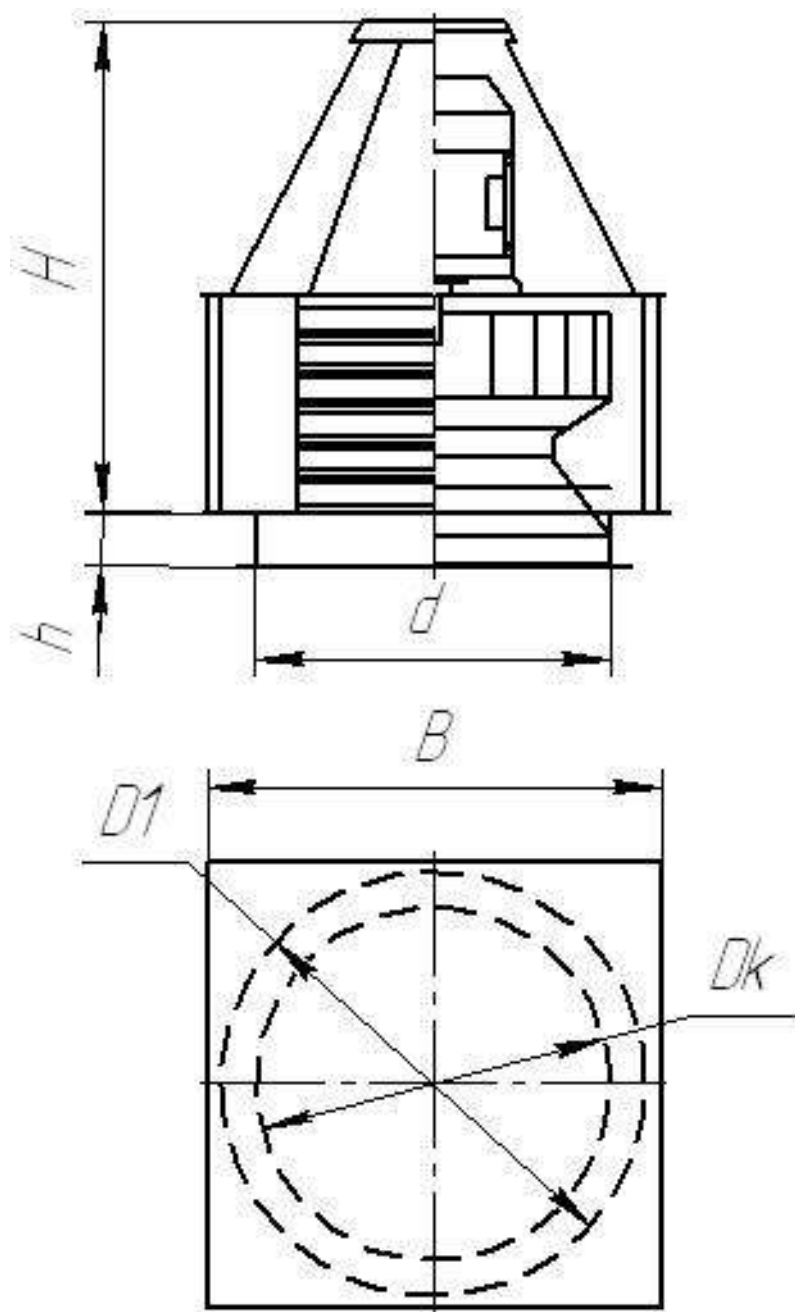
Сводная аэродинамическая характеристика вентиляторов серии ВР 80-75

Приложение 17 Габаритные и присоединительные размеры дефлекторов  
(типовая серия 5.904-51)



Номер дефлектора	Обозначение	D	D1	H	H2	Масса, кг
3	Д315.00.000 315	315	510	450	300	8,0
4	Д315.00.000 400	400	730	640	430	16,7
5	Д315.00.000 500	500	850	840	550	31,8
6	Д315.00.000 630	630	1190	980	680	46,5
7	Д710.00.000 710	710	1320	1027	780	74,8
8	Д710.00.000 800	800	1530	1285	920	104,2
9	Д710.00.000 900	900	1750	1542	1060	139,4
10	Д710.00.000 1000	1000	2000	1764	1220	178,6

Приложение 18 Технические характеристики, габаритные и присоединительные размеры крышных вентиляторов типа ВКР



продолжение приложения 18

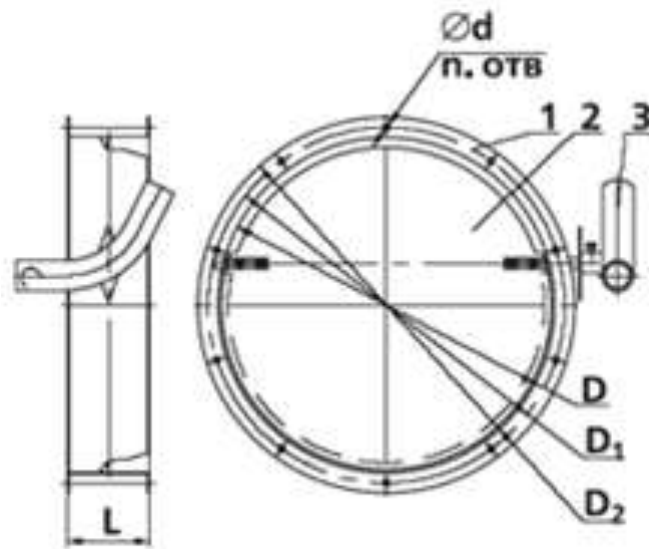
Обозначение	d,мм	D1,мм	h,мм	Dк,мм	B,мм	H,мм
ВКР 3,55	355	595	70	385	610	540
ВКР 4	400	595	70	430	610	570
ВКР 4,5	450	595	70	430	680	620
ВКР 5	500	772	70	530	800	715
ВКР 5,6	560	772	70	530	800	866
ВКР 6,3	630	772	70	660	850	985
ВКР 7,1	710	772	70	660	900	1105
ВКР 8	800	1072	130	830	1100	1140
ВКР 9	900	1072	190	830	1100	1240
ВКР 10	1000	1272	190	1040	1600	1360
ВКР 11,2	1120	1272	190	1040	1600	1370
ВКР 12,5	1250	1522	190	1295	1750	1575

Приложение 19 Технические характеристики, габаритные и присоединительные размеры клапанов типа КО (типовая серия 5.904-41) и АЗЕ (типовая серия 3.904-18)

Обозначение	D, мм	D1, мм	D2, мм	L, мм	d, мм	n	Масса, кг
КО	250	280	310	120	8	6	3,3
КО-1	315	345	375	120	8	8	5,2
АЗЕ 028.000-03	355	385	415	120	8	8	5,7
КО-2	400	430	460	120	8	10	6,7
АЗЕ 028.000-05	450	480	510	120	8	10	7,8
КО-3	500	530	560	120	10	10	8,2
АЗЕ 028.000-07	560	590	620	120	10	10	9,9
КО-4	630	660	690	120	10	12	11,2
КО-5	710	740	770	695	10	12	18,0
АЗЕ 028.000-10	800	830	860	120	10	12	17,6

продолжение приложения 19

A3E 028.000-11	900	940	980	885	10	16	30
КО-6	1000	1040	1080	120	12	16	29,6
КО-7	1250	1295	1335	120	12	18	47



1 – корпус; 2 – створка; 3 - противовес.

Приложение 20 Бланк титульного листа на курсовую работу

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и  
инженерии имени Н.И. Вавилова»

Институт инженерии и робототехники

кафедра «Электрооборудование, энергоснабжение и роботизация»

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине «Технологические энергоносители и системы»

тема: Проектирование системы микроклимата животноводческих помещений

Студента 4 курса, группы Б-ТТ-41  
направления подготовки 13.03.01

---

Ф.И.О.

---

дата, подпись

Руководитель

---

Ф.И.О.

---

дата, подпись