



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция»

**Методические указания**  
к выполнению лабораторной работы  
«Исследование особенностей воздухопроводов  
различных типов»  
по дисциплине

**«Вентиляция»**

Авторы  
Пирожникова А. П.,  
Говорунов М. А.

Ростов-на-Дону, 2020

## Аннотация

Методические указания к выполнению лабораторной работы «Исследование особенностей воздухопроводов различных типов» по дисциплине «Вентиляция» предназначены для бакалавров очной, заочной форм обучения направления 08.03.01 «Строительство»

## Авторы

ст. преподаватель кафедры «ТГСИВ»  
Пирожникова А.П.,  
магистрант группы АМИС311 М.А. Говорунов



## Оглавление

<b>1. Введение .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Теоретические основы .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Порядок выполнения работы .....</b>	<b>6</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А .....</b>	<b>10</b>
<b>Список литературы .....</b>	<b>10</b>

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Целью работы является изучение развития аэродинамических процессов и поведения воздуха в воздуховодах различных типов. Освоение методики проведения анализа применяемых проектных решений относительно сравнения их технико-экономических обоснований.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Воздуховоды имеют самое разнообразное технологическое и санитарно-гигиеническое назначение. Их применяют для подачи воздуха к технологическому оборудованию, главным образом для поддержания процессов горения, транспортировки сыпучих материалов и производственных отходов, вентиляции помещений и др.

Основная форма сечения воздуховода **круглая**, реже **прямоугольная** или **пласкоовальная** (рис. 1). Расчет прямоугольных воздуховодов можно производить, пользуясь формулами и таблицами для круглых воздуховодов. С этой целью вводится понятие эквивалентного диаметра  $d_s$  (или гидравлического радиуса  $R_s$ ). Различают два вида эквивалентных диаметров: по скорости движения воздуха  $d_{св}$  и по расходу воздуха  $d_{ср}$ .

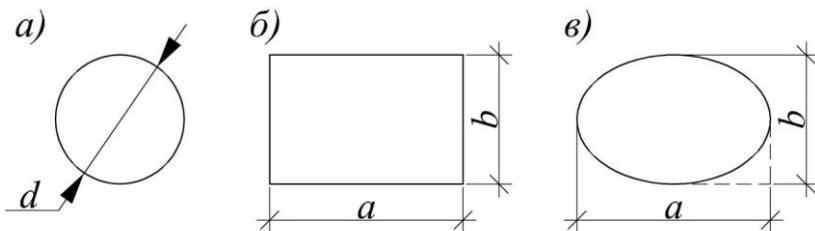


Рис. 1 – Формы сечения воздуховодов:  
а) – круглые; б) – квадратные; в) – плоскоовальные

Под **эквивалентным диаметром по скорости** или **по расходу воздуха** подразумевается такой диаметр, у которого удельная потеря давления на трение –  $R_{тр}$ , та же, что у воздуховода другой формы сечения, при условии равенства скоростей движения воздуха или расхода воздуха в обоих воздуховодах. Основываясь на равенстве удельных потерь давления на трение воздуховода круглого –  $R_{тр}$ , и прямоугольного сечения со сторо-

## Вентиляция

нами **a** и **b** –  $R_{TPnp}$ , можно определить для воздуховода прямоугольного сечения эквивалентный диаметр по скорости  $d_{эв}$ . По условию,  $R_{TPэв} = R_{TPnp}$  и  $v_{эв} = v_{np} = v$ .

Удельная потеря давления на трение для воздуховода любой формы сечения определяется по формуле

$$R_{TP} = \frac{\lambda}{4 \cdot R} \cdot \frac{v^2 \cdot \gamma}{2g},$$

Следовательно,

$$R_{TPnp} = \frac{\lambda}{4 \cdot R_{np}} \cdot \frac{v^2 \cdot \gamma}{2g},$$

и

$$R_{TPэв} = \frac{\lambda}{4 \cdot R_{эв}} \cdot \frac{v^2 \cdot \gamma}{2g},$$

откуда

$$\frac{\lambda}{4 \cdot R_{эв}} \cdot \frac{v^2 \cdot \gamma}{2g} = \frac{\lambda}{4 \cdot R_{np}} \cdot \frac{v^2 \cdot \gamma}{2g} F,$$

После преобразования формулы получается равенство

$$R_{эв} = R_{np},$$

где  $v$  – скорость воздуха в воздуховоде, м/с;

$R$  – радиус поперечного сечения воздуховода, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – скорость свободного падения, м;

$\gamma$  – удельная масса воздуха, м;

$\lambda$  – коэффициент трения;

$R_{эв}$  – гидравлический радиус воздуховода круглого сечения с диаметром, эквивалентным по скорости прямоугольному сечению;

$R_{np}$  – гидравлический радиус воздуховода прямоугольного сечения

Для воздуховода квадратного сечения **a** = **b** и **d<sub>эв</sub>** — **a**.

При равенстве скоростей площади сечений воздуховодов,

а, следовательно, и расходы воздуха в них получают различные. По этой причине выбор формы сечения воздуховодов имеет большое значение, так как технико-экономическое обоснование при применении различных видов воздуховодов может серьезно отличаться. С целью достижения максимальной эффективности и оптимизации работы вентиляционной системы данному аспекту следует уделять особое внимание на стадии проектирования. Также имеют место габаритные, монтажные и эксплуатационные особенности, которые при определенных условиях в той же степени могут повлиять на конечный результат.

Выполнение данной работы направлено на проведение исследования, ориентированного на определение наиболее оптимальной формы сечения воздуховода.

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Для рассматриваемого помещения, предварительно принять расход воздуха –  $G_1 = 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;

2. Определить скорость движения воздуха,  $u$ , м/с, в магистральном воздуховоде, относительно рекомендуемых значений (приложение А);

3. Зная расход,  $G_1$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , и скорость движения воздуха,  $u$ , м/с, определить требуемую площадь живого сечения воздуховода по формуле

$$F_{mp} = \frac{G}{3600 \cdot u}, \quad (1)$$

4. По определенной требуемой площади живого сечения, вычислить диаметр круглого воздуховода по формуле

$$d_{кр} = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}}, \quad (2)$$

5. Относительно известного диаметра круглого воздуховода,  $d_{кр}$ ,  $\text{м}^2$ , определить эквивалентный диаметр прямоугольного и плоскоовального воздуховодов,  $d_{эв}$ ,  $\text{м}^2$ , путем поочередного подбора таких габаритов стенок, которые удовлетворяли бы равенству

## Вентиляция

$$d_{\text{эв}} = \frac{2a \cdot b}{a + b}, \quad (3)$$

где  $d_{\text{эв}} = d_{\text{кр}}$ , м

Зная эквивалентные диаметры воздуховодов,  $d_{\text{эв}}$ , м, каждой формы, определить их площади сечения, пользуясь общепринятыми геометрическими выражениями:

Для круглого сечения

$$F_{\text{кр}}^{\partial} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (4)$$

Для прямоугольного сечения

$$F_{\text{пр}}^{\partial} = a \cdot b, \quad (5)$$

Для эллиптического сечения

$$F_{\text{эл}}^{\partial} = \frac{\pi a \cdot b}{4}, \quad (6)$$

6. Определив действительные площади сечения воздуховодов,  $F^{\partial}$ , м<sup>2</sup>, вычислить действительный расход воздуха,  $G_{\partial}$ , м<sup>3</sup>/ч, для каждого расчетного случая, при равных скоростях воздуха,  $u$ , м/с, (по п.2), по формуле

$$G_{\partial} = F_i^{\partial} \cdot 3600 \cdot v, \quad (7)$$

где  $F^{\partial}$  – действительная площадь живого сечения воздуховода круглой, прямоугольной или эллиптической формы сечения, м<sup>2</sup>

7. Определить числа Рейнольдса для всех рассматриваемых воздуховодов по формуле (8), где диаметры для воздуховодов круглого сечения,  $d_{\text{кр}}$ , м, вычисляются по формуле (2), а для прямоугольной и эллиптической форм сечения,  $d_{\text{эв}}$ , м, по формуле (3)

## Вентиляция

$$Re = \frac{v \cdot d_i}{\nu} , \quad (8)$$

где  $v$  – скорость движения воздуха (по п.2), м/с;  
 $d_i$  – диаметр воздуховода рассматриваемой формы сечения, определенный по формулам (2 и 3), мм;  
 $\nu$  – коэффициент кинематической вязкости воздуха, таблица 1, м<sup>2</sup>/с

Таблица 1 – Значение коэффициента кинематической вязкости воздуха

Температура воздуха, $t_b$ , °C	Коэффициент кинематической вязкости, $\nu$ , м <sup>2</sup> /с
-20	0,0000113
-10	0,0000121
0	0,0000130
10	0,0000139
20	0,0000157
40	0,0000170
60	0,0000192

8. Зная числа Рейнольдса для воздуховодов каждой рассматриваемой формы сечения, определить коэффициенты трения по формуле

$$\lambda_i = 0,11 \left( \frac{k}{d_i} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} , \quad (9)$$

где  $k$  – абсолютная эквивалентная шероховатость поверхности воздуховода из листовой стали, равная 0,1, мм;  
 $d_i$  – диаметр воздуховода рассматриваемой формы сечения, определенный по формулам (2 и 3), мм

9. Относительно известных коэффициентов трения,  $\lambda_i$ , определить по формуле (10) полные потери давления,  $\Delta P_i$ , Па, в одном метре воздуховода при равной скорости движения воздуха,  $u$ , м/с, (по п.2) для всех рассматриваемых форм сечения

## Вентиляция

$$\Delta P_i = \frac{\lambda}{d_i} \cdot l \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}, \quad (10)$$

где  $v$  – скорость движения воздуха, м/с;  
 $\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  
 $l$  – длина воздуховода, м;  
 $d_i$  – диаметр воздуховода рассматриваемой формы сечения, определенный по формулам (2 и 3), мм;  
 $\lambda$  – коэффициент трения

10. Оформить отчет к лабораторной работе, который должен содержать: наименование, номер и цель лабораторной работы, краткое изложение теоретической базы и методики расчетов, проведенного исследования, таблицу результатов вычислений, вывод о проделанной работе.

Результаты вычислений занести в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты вычислений

Характеристика	Сечение воздуховода		
	Круглое	Прямо-угольное	Эллиптическое
Скорость движения воздуха в сечении, $v$ , м/с			
Диаметр воздуховода, $d$ (по формуле 2)		–	–
Сечение воздуховода, $a \times b$ (по формуле 3)	–		
Расход воздуха, $G_d$ , м <sup>3</sup> /ч (по пункту 6)			
Число Рейнольдса, $Re$			
Коэффициент трения, $\lambda$			
Полные потери давления, $\Delta P$ , Па			

В выводе должна быть отражена сущность проведенного исследования и выполнен сравнительный анализ полученных результатов относительно каждого рассматриваемого случая.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Рекомендуемые скорости движения воздуха в воздуховодах, жалюзийных решетках и клапанах приточных и вытяжных систем [1]

Элементы системы	Значение $U_B$
При естественном движении воздуха	
<i>Воздуховоды горизонтальные:</i>	
Приточные разводящие:	$0,8 \cdot U_{\text{верт}}$ , но не более 1,5
Вытяжные сборные:	То же
<i>Жалюзийные решетки и клапана:</i>	
Приточные у пола:	0,2-0,5
Приточные у потолка:	0,5-1
Вытяжные:	0,5-1
При механическом побуждении	
<i>Воздуховоды в зданиях:</i>	
Производственных:	
Магистральные:	До 12
Ответвления:	До 6
Общественных и жилых:	
Магистральные:	До 8
Ответвления:	До 5

Примечание: величина максимальной скорости  $U_B$  при выпуске из жалюзийных решеток варьируется в зависимости от типа применяемого ВР.

$U_{\text{верт}}$  – скорость в вертикальном канале.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Внутренние санитарно-технические устройства. В 2-х ч. Ч.2. Вен-тиляция и кондиционирование воздуха. / В.Н. Богословский, И.А. Шепелев [и др.] / Под ред. И.Г. Старовойрова. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Стройиз-дат, 1977. – 502 с.: ил. – (Справочник проектировщика).