



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция»

**Методические указания**  
к выполнению лабораторной работы  
«Исследование работы последовательно  
соединенных радиальных вентиляторов»  
по дисциплине

**«Насосы вентиляторы и  
компрессоры в системах  
ТГВ»**

Авторы  
Карагодин Ю.Н.,  
Пирожникова А.П.,  
Гаваншрейдер В.А.,

Ростов-на-Дону, 2017

## Аннотация

Насосы, вентиляторы и компрессоры в системах ТГВ: методические указания к выполнению лабораторной работы «Исследование работы последовательно соединенных радиальных вентиляторов»: для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство».

По основным темам изучаемой дисциплины приведены теоретические положения последовательной работы вентиляторов в сети, содержатся описание лабораторной установки, методические указания и порядок выполнения лабораторной работы.

## Авторы

к.т.н., профессор кафедры  
«Теплогазоснабжение и вентиляция»  
Карагодин Ю.Н.

ст. преподаватель кафедры  
«Теплогазоснабжение и вентиляция»  
Пирожникова А.П.

инженер кафедры  
«Теплогазоснабжение и вентиляция»  
Гаваншрейдер В.А.





## Оглавление

### Лабораторная работа №6 Исследование работы последовательно соединенных радиальных вентиляторов

.....	4
1. Общие положения .....	4
2. Цель работы:.....	4
3. Описание лабораторной установки. ....	4
4. Методика и порядок проведения работы.....	5

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО СОЕДИНЕННЫХ РАДИАЛЬНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ

#### 1. Общие положения

Совместная работа вентиляторов применяется в тех случаях, когда один вентилятор не может обеспечить необходимого давления, либо условия работы группы вентиляторных установок таковы, что объединены в одну общую систему и др.

Эффект совместной работы может быть совершенно различным и зависит от индивидуальных характеристик каждого из вентиляторов и характеристики сети.

Совместная работа последовательно соединенных вентиляторов ведет к увеличению давления. Основным положением при этом является: при последовательной работе вентиляторов их полные давления при одинаковой подаче складываются.

#### 2. Цель работы:

2.1. Определить экспериментальным путем индивидуальные и суммарные характеристики (P-Q) двух радиальных вентиляторов при их последовательном соединении и проверить приведенное выше положение.

2.2. Определить опытным путем суммарное сопротивление сети при различных расходах воздуха.

2.3. Проанализировать совместную работу вентиляторов в сети.

#### 3. Описание лабораторной установки.

Лабораторная установка состоит из испытываемых вентиляторов В1 и В2, системы всасывающих и нагнетательных воздуховодов, изображенных на рис. 1.

Режим работы вентиляторов регулируют при помощи шиберных задвижек Ш1, Ш2, Ш3, Ш4 и дросселя Д.

Подачу воздуха определяют путем измерения динамического давления в сечениях II – II, IV – IV, VI – VI и затем рассчитывают по известным формулам.

Давление, развиваемое вентиляторами и потери давления в сети измеряют в характерных сечениях при помощи микроманометров ММН или цифровых тягомер-микроманометров и пневмометрических трубок.

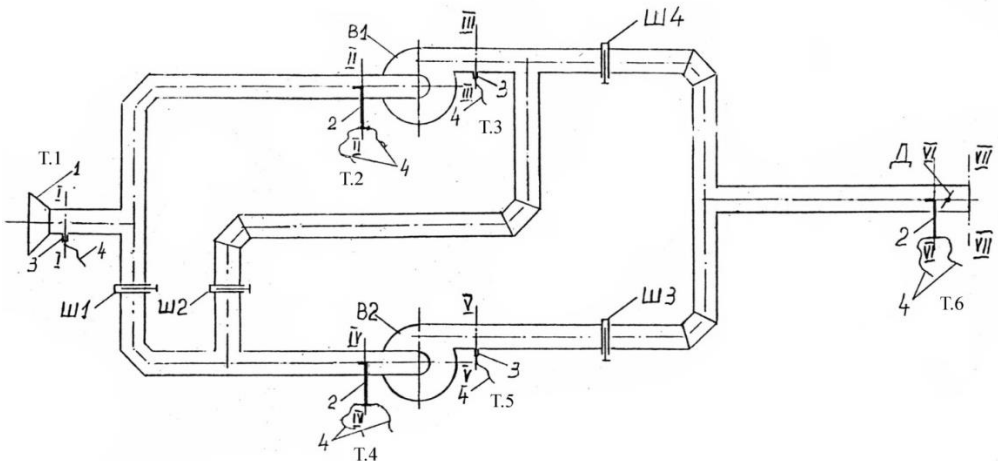


Рис. 1. Схема экспериментальной установки – последовательная и параллельная работа вентиляторов в сети: 1 – калиброванный коллектор; 2 – пневмометрические трубки; 3 – штуцер для измерения статического давления; 4 – резиновые шланги; В1, В2 – радиальные вентиляторы; Ш1, Ш2, Ш3, Ш4 – шиберные задвижки; Д – дроссель-клапан

#### 4. Методика и порядок проведения работы.

4.1. Для снятия характеристики вентилятора В1 полностью закрыть шиберы Ш1, Ш2 и Ш3 и открыть Ш4, затем включить вентилятор В1 (включение производит преподаватель или лаборант). Для вентилятора В2 закрыть шиберы Ш2 и Ш4 и открыть Ш1 и Ш3.

4.2. Измерить полное -  $P_n$ , статическое  $P_{ст}$  и динамическое -  $P_d$  давления в точке 2 при работающем вентиляторе В1 и в точке 4 при работающем вентиляторе В2, а также статическое давление в точке 3 для вентилятора В1, и в точке 5 для вентилятора В2. При снятии характеристики вентилятора В1 вентилятор В2 отключен, и наоборот – В1отключен, а В2 включен. Измерения производят для шести положений дросселя от полностью закрытого до полностью открытого. Результаты измерений заносят в табл. 1.

Таблица 1

Протокол экспериментальных и расчетных данных для построения характеристик вентилятора

Наименование	Обозначение	Размерность	Положение дросселя					
			1	2	3	4	5	6
Полное давление в точке 2 в точке 4	$P_{п2}$ $P_{п4}$	Па Па						
Статическое давлени е в точке 2 в точке 3 в точке 4 в точке 5	$P_{ст2}$ $P_{ст3}$ $P_{ст4}$ $P_{ст5}$	Па Па Па Па						
Динамическое давлени е в точке 2 в точке 4	$P_{д2}$ $P_{д4}$	Па Па						
Осевая скорость в точке 2 в точке 4	$V_{02}$ $V_{04}$	м/с м/с						
Коэффициент поля скоростей в точке 2 в точке 4	$a_2$ $a_4$	- -						
Средняя скорость в сечениях через точку 2 через точку 4	$V_2$ $V_4$	м/с м/с						
Подача вентиляторов В1 В2	$Q_{В1}$ $Q_{В2}$	м <sup>3</sup> /ч м <sup>3</sup> /ч						
Давление развиваемое вентиляторам В1 В2	$P_{В1}$ $P_{В2}$	Па Па						

## Исследование работы параллельно включенных радиальных вентиляторов с учетом индивидуальных участков сети

4.3. Вычислить осевую скорость движения воздуха, м/с, проходящего через сечения в точках 2 и 4 по формуле:

$$V_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot P_d \cdot T_B}{353}}, \quad (4.1)$$

где  $P_d$  – динамическое давление соответственно в точках 2 и 4, Па;

$T_B$  – абсолютная температура воздуха, °К

4.4. Вычислить среднюю скорость потока, м/с, в сечениях, проходящих через точки 2 и 4 по формуле:

$$V = a \cdot V_0, \quad (4.2)$$

где  $a$  – коэффициент поля скоростей, который зависит от режима и скорости движения воздуха в воздуховоде.

Режим движения газа характеризуется величиной безразмерного критерия Рейнольдса, который для воздуха можно определить по формуле:

$$Re = 67000 \cdot V_0 \cdot d, \quad (4.3)$$

где  $d$  – диаметр воздуховода, м;

В нашем случае  $d = 0,125$  м, следовательно,  $Re = 67000 \cdot V_0 \cdot 0,125 = 8375 \cdot V_0$

Пользуясь графической зависимостью, изображенной на рисунке 2 определить величину коэффициента  $a$ .

4.5. Определить подачу вентилятора В1 и В2, м<sup>3</sup>/ч, по формуле:

$$Q = 3600 \cdot F \cdot V = \frac{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,125^2}{4} \cdot V = 44,15 \cdot V, \quad (4.4)$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения круглого воздуховода диаметром 0,125 м в сечениях, проходящих через точки замеров, м<sup>2</sup>

4.6. Определить давления Па, развиваемые вентиляторами В1 и В2 по формулам:

$$P_{B1} = P_{ст3} + P_{д3} - (-P_{ст2} + P_{д2}) = P_{ст3} + P_{ст2}, \quad (4.5)$$

## Исследование работы параллельно включенных радиальных вентиляторов с учетом индивидуальных участков сети

$$P_{B2} = P_{ст5} + P_{д5} - (-P_{ст4} + P_{д4}) = P_{ст5} + P_{ст4} \quad (4.6)$$

Следует помнить, что в этих формулах берется алгебраическая разность давлений, а динамические давления до и после каждого из вентиляторов равны.

4.7. Построить характеристики вентиляторов В1 и В2 в координатах  $P - Q$  по результатам, рассчитанным по формулам (4.1), (4.2), (4.4), (4.5), (4.6) и занесенным в табл. 1 (см. кривые  $(P - Q)$  В1 и  $(P - Q)$  В2), рис. 2.

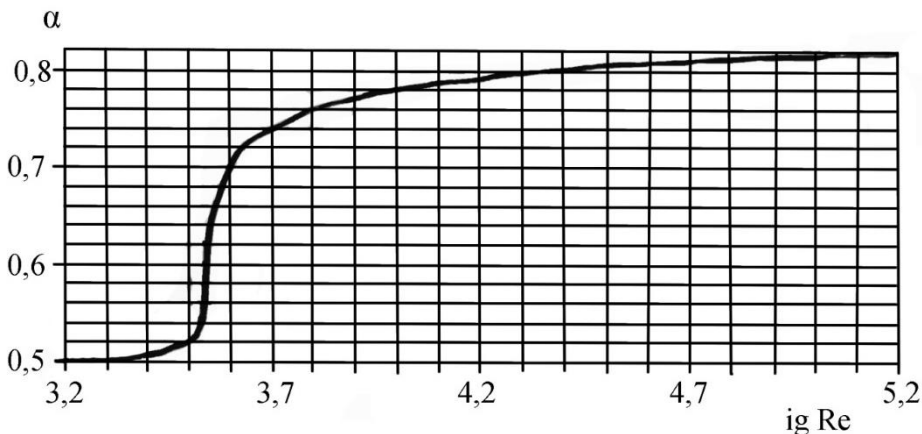


Рис. 2. График зависимости между режимом движения жидкости и скоростями в трубопроводах круглого сечения

4.8. Построить теоретическую суммарную линию давления вентиляторов В1 и В2, используя правило – при одинаковых подачах вентиляторов суммируются развиваемые ими давления, (см. кривую  $P - Q$ ) В1+В2), рис.3.

4.9. Для снятия экспериментальной суммарной характеристики вентиляторов В1+В2 полностью закрыть шиберы Ш1 и Ш4, открыть шиберы Ш2 и Ш3. Включить вентиляторы В1 и В2, включение производит преподаватель или лаборант.

4.10. Измерить полное  $P_n$ , статическое  $P_{ст}$  и динамическое  $P_d$  давления в точке 6. Измерения производят для шести положений дросселя от полностью закрытого до полностью открытого. Результаты измерений заносят в табл. 2.



Таблица 2

Протокол экспериментальных и расчетных данных для построения суммарной экспериментальной характеристики вентиляторов В1 и В2

Наименование	Обозначение	Размерность	Положение дросселя					
			1	2	3	4	5	6
Полное давление в точке б	$P_{пб}$	Па						
Статическое давление в точке б	$P_{стб}$	Па						
Динамическое давление в точке б	$P_{дб}$	Па						
Осевая скорость в точке б	$V_{об}$	м/с						
Коэффициент поля скоростей в точки б	$a_b$	-						
Средняя скорость в сечении точки б	$V_b$	м/с						
Подача вентиляторов В1 и В2	$Q_{В1}=Q_{В2}$	м <sup>3</sup> /ч						
Суммарное давление развиваемое вентиляторами В1 и В2	$P_{В1}+P_{В2}$	Па						

4.11. Вычислить осевую и среднюю скорости движения воздуха, м/с, проходящего через сечение в точке б, используя формулы (4.1), (4.2), (4.3).

4.12. Определить суммарную подачу вентиляторов В1 и В2 (следует помнить, что суммарная подача при последовательной

Исследование работы параллельно включенных радиальных вентиляторов с учетом индивидуальных участков сети

работе вентиляторов равна подаче каждого из них), используя формулу (4.4).

4.13. Построить экспериментальную суммарную линию давления вентиляторов В1 и В2, используя результаты экспериментальных и расчетных данных, приведенных в табл. 2 (см. рис. 3).

4.14. Рассчитать коэффициент сопротивления сети для положения дросселя 3 по формуле:

$$K = \frac{\Delta P}{Q^2}. \tag{4.7}$$

4.15. Задаваясь произвольными значениями производительности от  $Q=0$  до  $Q_{\max}$  м<sup>3</sup>/час, (шесть значений  $Q$ , включая 0 м<sup>3</sup>/час), рассчитать значение  $\Delta P$ сети, Па, по формуле:

$$\Delta P = K \cdot Q^2. \tag{4.8}$$

Заполнить табл. 3.

Таблица 3

Характеристика сети	Номера точек					
	0	1	2	3	4	5
$\Delta P = K \cdot Q^2$						

4.16. Построить характеристику сети в координатах P-Q и нанести ее на характеристики вентиляторов В1 и В2. Используя метод наложения характеристик, найти рабочую точку при работе двух вентиляторов (точка пересечения характеристики сети с суммарной экспериментальной линией давления) и по ней определить параметры работы двух и каждого вентилятора. Данные занести в табл.4.

Таблица 4

Анализ совместной работы вентиляторов

Параметры работы вентиляторов	Двух при последовательной работе	Каждого вентилятора	
		В1	В2
Подача $Q$ , м <sup>3</sup> /час			
Давление $P$ , Па			

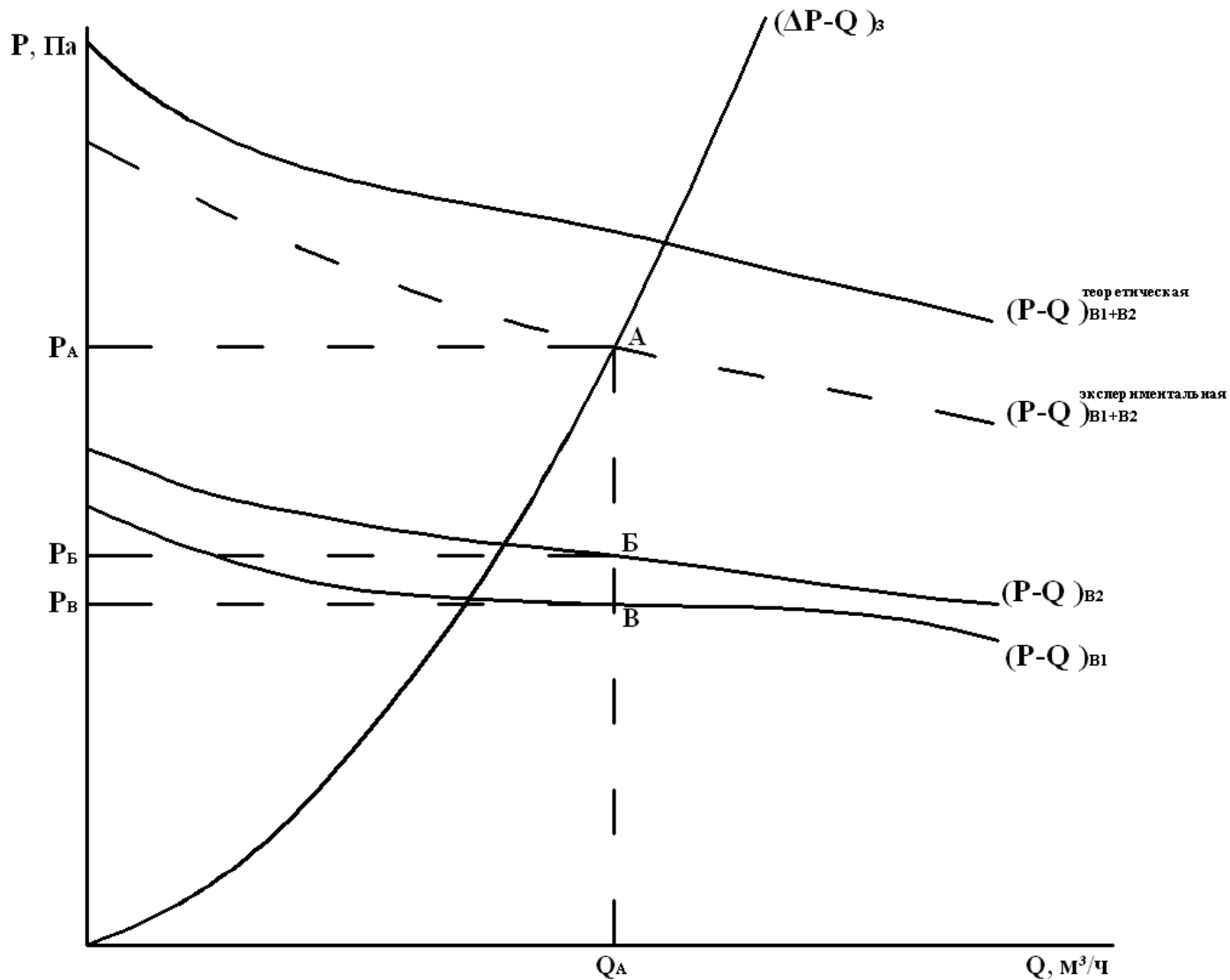


Рис. 3. Определение параметров работы последовательно соединенных вентиляторов B1 и B2