



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
«Исследование работы параллельно
включенных радиальных вентиляторов с
учетом индивидуальных участков сети»
по дисциплине

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

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

Ростов-на-Дону, 2017

Аннотация

Насосы, вентиляторы и компрессоры в системах ТГВ: методические указания к выполнению лабораторной работы «Исследование работы параллельно включенных радиальных вентиляторов с учетом индивидуальных участков сети» для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство».

По основным темам изучаемой дисциплины приведены теоретические положения параллельно включенных радиальных вентиляторов с учетом индивидуальных участков сети, содержатся описание лабораторной установки, методические указания и порядок выполнения лабораторной работы.

Авторы

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

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





Оглавление

Лабораторная работа №5 Исследование работы параллельно включенных радиальных вентиляторов с учетом индивидуальных участков сети4

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

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПАРАЛЛЕЛЬНО ВКЛЮЧЕННЫХ РАДИАЛЬНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ С УЧЕТОМ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ СЕТИ

1. Общие положения

Совместная работа вентиляторов применяется в тех случаях, когда один вентилятор не может обеспечить необходимой подачи, 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 характеристик каждого из вентиляторов, характеристик общей и индивидуальных участков параллельных ветвей сети.

Совместная работа параллельно соединенных вентиляторов ведет к увеличению подачи. Основным положением при этом является правило построения суммарной характеристики параллельно работающих вентиляторов: при одинаковом давлении складываются их подачи.

Если потери давления индивидуальных участков параллельных ветвей пренебрежительно малы по сравнению с сопротивлением общей части сети, то суммарная характеристика двух параллельно работающих вентиляторов строится по выше приведенному правилу и на нее наносится суммарная характеристика сети. Точка пересечения этих суммарных характеристик определяет общую подачу вентиляторов и развиваемое ими давление. Чаще при параллельной работе вентиляторы удалены друг от друга и к общей сети присоединяются с помощью индивидуальных участков параллельных ветвей, имеющих зачастую существенное сопротивление. В этом случае индивидуальные участки сети между точками точками 9-10 (см. рис. 1) рассматривают как элементы вентиляторов В1 и В2. Тогда характеристика каждого вентилятора должна быть скорректирована, то есть приведена к общим точкам (точки 9-10) их совместной работы.

2. Цель работы:

2.1. Определить экспериментальным путем суммарную характеристику $P_{\Sigma}^3=f(Q)$ при параллельном соединении двух радиальных вентиляторов и сравнить ее с $P_{\Sigma}^T=f(Q)$ построенной по выше приведенному правилу.

Исследование работы параллельно включенных радиальных вентиляторов с учетом индивидуальных участков сети

2.2. Определить опытным путем характеристику сети ДРС при различных ее сопротивлениях.

2.3. Проанализировать совместную работу вентиляторов в сети методом наложения характеристик.

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 шибберных задвижек Ш1, Ш2, Ш3, Ш4 и дросселя Д.

Подачу воздуха определяют путем измерения динамического давления в точках 2, 4, 6 и статического давления в точке 1.

Давление, развиваемое вентиляторами и потери давления в сети измеряют при помощи пневмометрических трубок и штуцеров, установленных в точках 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9 и 10 микрометров или цифровых автономных тягомеров-микрометров.

4. Методика и порядок проведения работы

Определение характеристик вентиляторов В1 и В2

4.1. Для снятия характеристики вентилятора В1 полностью закрыть шибберы Ш1, Ш2 и Ш3 и открыть Ш4, затем включить вентилятор В1 (включение производит преподаватель или лаборант). Для вентилятора В2 полностью закрыть шибберы 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 – В1 отключен, а В2 включен. Измерения производят для шести положений дросселя от полностью закрытого до полностью открытого. Результаты измерений заносят в табл. 1.

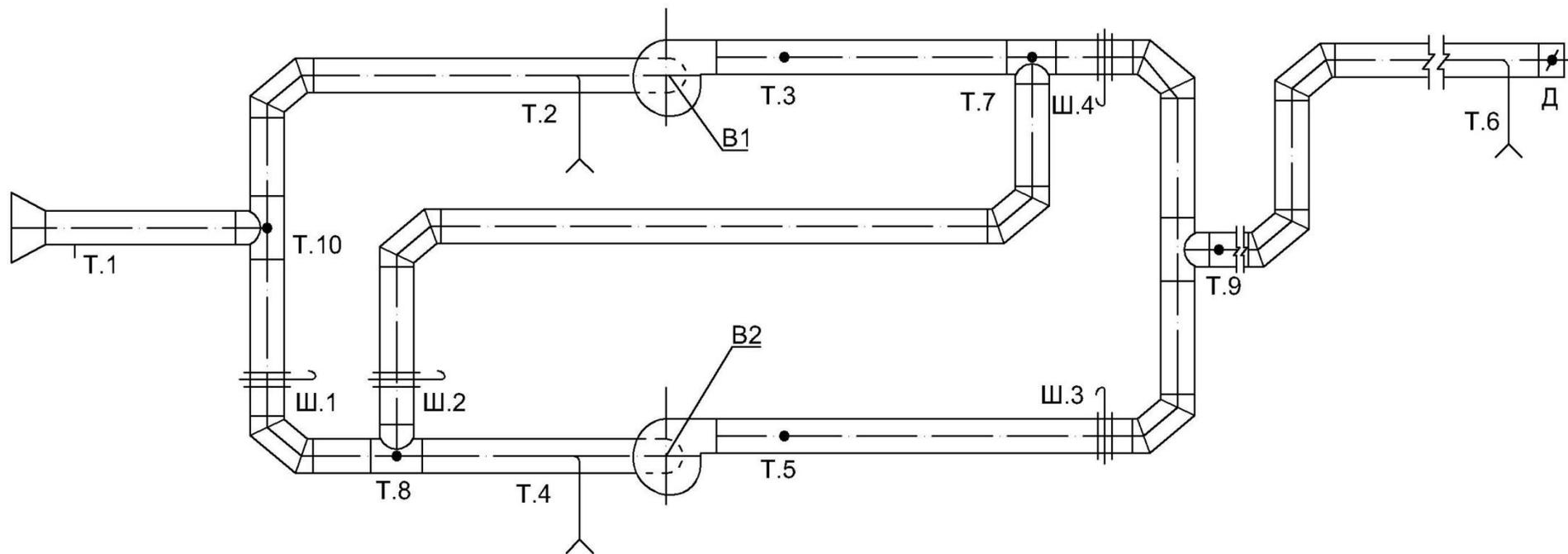


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для исследования работы параллельно включенных радиальных вентиляторов с учетом индивидуальных участков сети:
1 – калиброванный коллектор; 2 – пневмометрические трубки; 3 – штуцер для измерения статического давления; 4 – резиновые шланги; B1, B2 – радиальные вентиляторы; Ш1, Ш2, Ш3, Ш4 – шиберные задвижки; Д – дроссель-клапан

Исследование работы параллельно включенных радиальных вентиляторов с учетом индивидуальных участков сети

Таблица 1

Протокол экспериментальных и расчетных данных для построения характеристик вентиляторов

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 давление 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 давление 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 B1 B2	Q_{B1} Q_{B2}	м ³ /ч м ³ /ч						
Давление развиваемое вентиляторами B1 B2	P_{B1} P_{B2}	Па Па						

Исследование работы параллельно включенных радиальных вентиляторов с учетом индивидуальных участков сети

4.3. Определить осевую скорость движения воздуха, м/с, проходящего через точки 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:

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

где d – диаметр воздуховода, м;

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

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

4.5. Определить подачу вентилятора В1 и В2, м³/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, м²

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

Исследование работы параллельно включенных радиальных вентиляторов с учетом индивидуальных участков сети

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

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

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 а и б на рис. 3).

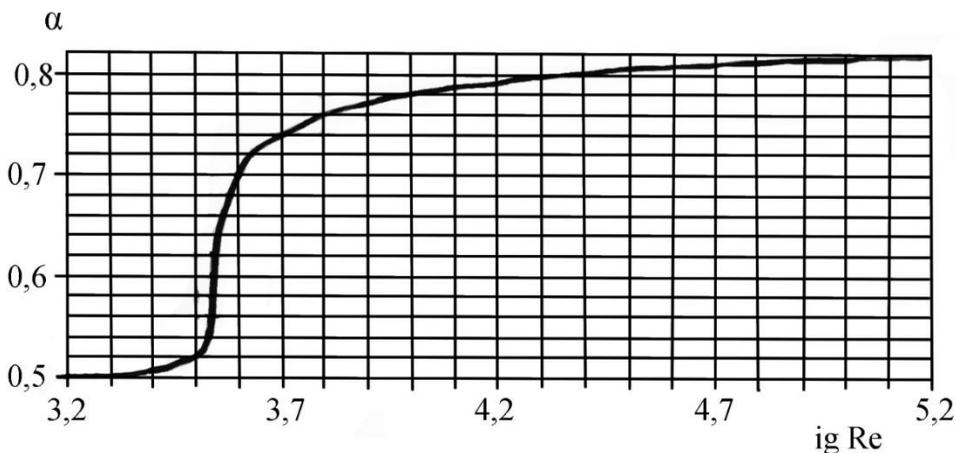


Рис. 2. График зависимости между режимом движения жидкости и скоростями в трубопроводах круглого сечения

Экспериментальное определение суммарной характеристики вентиляторов и характеристики сети

4.8. Полностью открыть шиберы Ш1, Ш3 и Ш4, полностью закрыть шибер Ш2 и дроссель Д. Включить вентиляторы В1 и В2.

4.9. Измерить давление с помощью микроманометров или цифровых тягомеров-микроманометров для одного режима работы вентиляторов, Па (положение дросселя 3):

в точках 2, 4 и 6 полное, статическое и динамическое;

в точках 1, 3, 5, 9 и 10 – статическое.

Результаты замеров занести в табл.2.

Таблица 2

Протокол экспериментальных и расчетных данных для построения характеристик индивидуальных участков вентиляторов и общей сети

Наименование величин	Обозначение	Размерность	Точки замера и расчета при положении дросселя «3»											
			1	2	3	4	5	6	9	10				
Полное давление	P_n	Па												
Статическое давление	$P_{ст}$	Па												
Динамическое давление	P_d	Па												
Осевая скорость	V_0	м/с												
Коэффициент поля скоростей	a	-												
Средняя скорость	V	м/с												
Количество воздуха	Q	м ³ /ч												

4.10. Определить давления, развиваемые вентиляторами – P_{B1} и P_{B2} по формулам 4.5 и 4.6.

4.11. Рассчитать потери давления в общей сети, Па

$$\Delta P_c = (P_{ст10} - P_{ст1}) + (P_{ст6} - P_{ст9}) \quad (4.9)$$

4.12. Рассчитать потери давления, Па, на индивидуальных участках сети вентиляторов $B1$ и $B2$

$$\Delta P_{B1} = P_{B1} - \Delta P_c \quad (4.10)$$

$$\Delta P_{B2} = P_{B2} - \Delta P_c \quad (4.11)$$

Исследование работы параллельно включенных радиальных вентиляторов с учетом индивидуальных участков сети

4.13. Рассчитать коэффициент характеристик индивидуальных участков сети вентиляторов K_{B1} и K_{B2} и общей сети K_c , используя уравнение характеристик сети:

$$\Delta P = K \cdot Q^2 \quad (4.12)$$

4.14. Построить характеристики индивидуальных участков сети вентиляторов В1 и В2. И общей сети (см. кривые д, е, ж на рисунке 3), предварительно заполнив таблицу 3.

Таблица 3

Результаты расчетов параметров индивидуальных участков и общей сети

Производительность сети, Q, м ³ /час	Потери давления участков сети, Па		
	$\Delta P_{B1}=K_{B1} \cdot Q^2$	$\Delta P_{B2}=K_{B2} \cdot Q^2$	$\Delta P_c=K_c \cdot Q^2$
0			
50			
100			
150			
200			
250			
300			
400			

4.15. Построить скорректированные характеристики вентиляторов В1 и В2, вычитая из ординат их действительных характеристик ординаты индивидуальных участков сети этих вентиляторов (см. кривые в и г, на рисунке 3).

Построение суммарной характеристики параллельно работающих вентиляторов В1 и В2 и анализ их работы в сети

4.16. Построить суммарную скорректированную характеристику параллельно работающих вентиляторов – $P^3_{\Sigma}=f(Q_{\Sigma})$ (см. кривую э на рисунке 3). Для этого, меняя положение дросселя от полностью закрытого до полностью открытого, измерить полное и динамическое давление в точке 6 и статическое давление в точках 6 и 9. Результаты замеров занести в табл.4. Очевидно, что суммарное давление для каждого режима работы вентиляторов В1 и В2 – может быть определено из выражения:

Исследование работы параллельно включенных радиальных вентиляторов с учетом индивидуальных участков сети

$$P_{\Sigma}^p = P_{п9} + \Delta P_{с 6-9} \quad (4.13)$$

где $P_{п9} = P_{ст9} + P_{д6}$ – полное давление в точке 9, Па,
 $\Delta P_{с 6-9}$ – потери давления на участке сети между точками 6-9

Таблица 4

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

Наименование величин	Обозначение	Размерность	Положение дросселя					
			1	2	3	4	5	6
Статическое давление в точке 6	$P_{ст6}$	Па						
в точке 9		Па						
Полное давление в точке 6	$P_{п6}$	Па						
Динамическое давление в точке 6	$P_{д6}$	Па						
Осевая скорость воздуха в точке 6	V_{06}	м/с						
Коэффициент поля скоростей	a	-						
Средняя скорость воздуха в точке 6	V_6	м/с						
в точке 1		V_1	м/с					
Производительность сети	Q_{Σ}	м ³ /ч						
Потери давления между точками 6-9	$\Delta P_{с 6-9}$	Па						
Суммарное давление вентиляторов В1 и В2	P_{Σ}^p	Па						

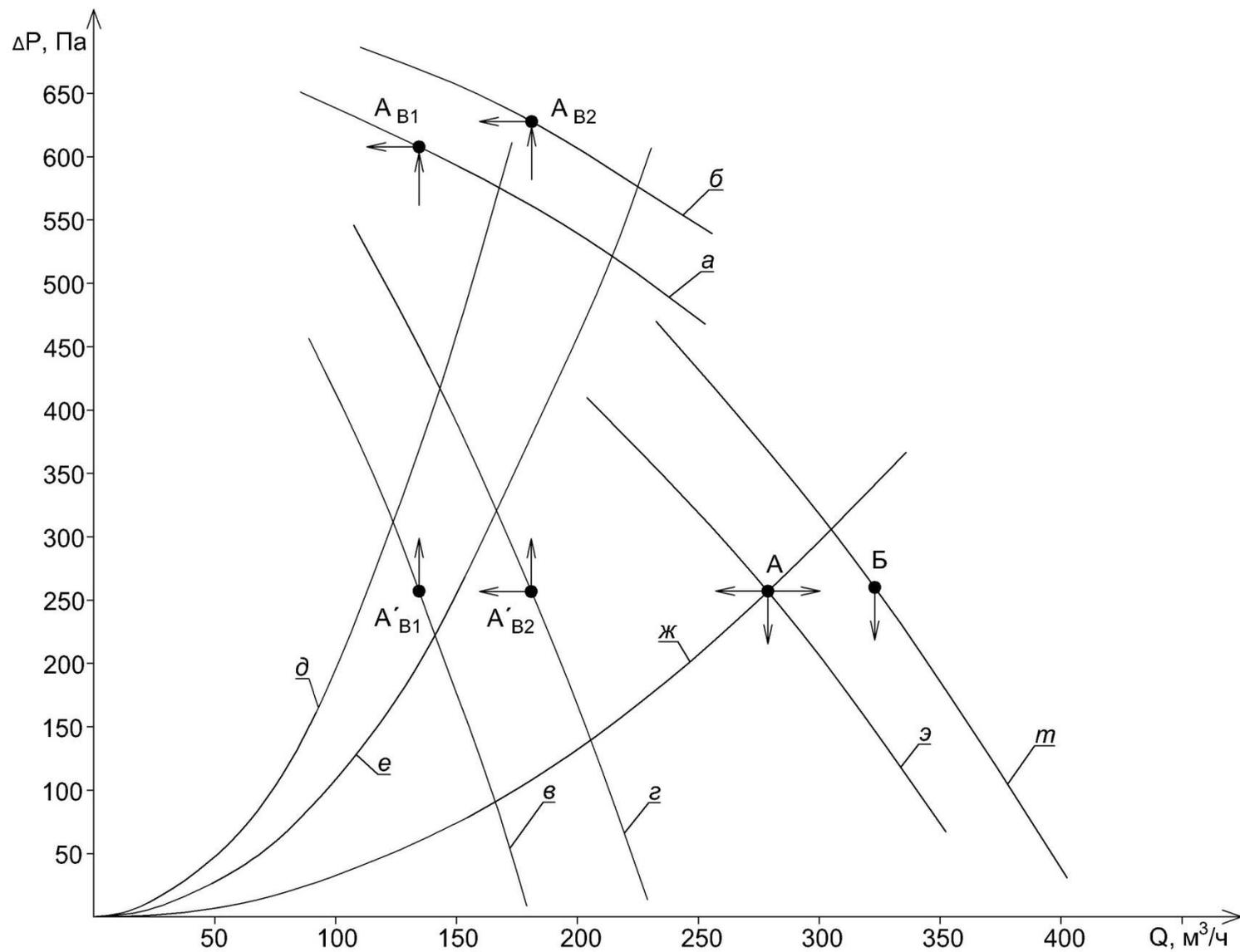


Рис. 3 Графоаналитическое определение параметров работы параллельно включенных вентиляторов V1 и V2 с учетом индивидуальных участков сети

Исследование работы параллельно включенных радиальных вентиляторов с учетом индивидуальных участков сети

4.17. Используя метод наложения характеристик сети на суммарную экспериментальную характеристику вентиляторов, определить параметры работы двух и каждого в отдельности вентиляторов В1 и В2. Сравнить суммарные характеристики вентиляторов экспериментальную и построенную путем сложения скорректированных характеристик (см. кривую т на рис 3). Определить утечки воздуха на индивидуальных участках сети.

Результаты анализа работы вентиляторов при положение дросселя «3» занести в таблицу 5

Таблица 5

Результаты анализа работы вентиляторов при положении дросселя «3»

Наименование величин	Размерность	Параметры работы двух вентиляторов	Параметры работы каждого вентилятора
Подача вентиляторов суммарная экспериментальная	$\text{м}^3/\text{ч}$ $\text{м}^3/\text{ч}$	$(Q_{B1} + Q_{B2})_{T_3} = Q_B$ $(Q_{B1} + Q_{B2})^3 = LQ_A$	$Q_{B1} = Q_{A'B1} = Q_{AB1}$ $Q_{B2} = Q_{A'B2} = Q_{AB2}$
Утечки воздуха в системе	$\text{м}^3/\text{ч}$	$Q_{ут} = Q_B - Q_A$	
Давление вентиляторов скорректированное фактическое	Па Па	$P_{B1} = P_{B2} = P_B$ $P_A = P_B$	$P_{A'B1} = P_{A'B2}$ $P_{\Phi B1} = P_{AB1}$ $P_{\Phi B2} = P_{AB2}$