

Министерство образования и науки Российской Федерации
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

Гидрогазодинамика

Методические указания к практическим занятиям
«Распределение давлений вдоль воздуховода системы вентиляции»

Составители Ю. В. Минин, О. С. Власова

Волгоград
ВолгГАСУ
2016



© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный
архитектурно-строительный университет», 2016

УДК 532.5+533.6](076.5)
ББК 22.253.31/33я73
Г464

Г464 **Гидрогазодинамика** [Электронный ресурс] : методические указания к практическим занятиям «Распределение давлений вдоль воздуховода системы вентиляции» / М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т; сост. Ю. В. Минин, О. С. Власова. — Электронные текстовые и графические данные (0,2 Мбайт). — Волгоград : ВолгГАСУ, 2016. — Учебное электронное издание сетевого распространения. — Систем. требования: PC 486 DX-33; Microsoft Windows XP; Internet Explorer 6.0; Adobe Reader 6.0. — Официальный сайт Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Режим доступа: <http://www.vgasu.ru/publishing/on-line/> — Загл. с титул. экрана.

Методические указания к лабораторным работам подготовлены в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования.

Цель данных методических указаний — дать основные представления по вопросу распределения полного, статического и динамического давления вдоль всасывающего воздуховода.

УДК 532.5+533.6](076.5)
ББК 22.253.31/33я73

Общие данные

От правильной работы вентиляционной системы зависит не только здоровье людей, состав газовой смеси воздуха, но также и эффективность работы людей: высокая производительность труда и хорошее качество изготавливаемых изделий. На многих современных производствах требуется создание устойчивого микроклимата, и его изменение сразу же сказывается на выпуске продукции.

Эффект работы вентиляционной системы прежде всего зависит от работы вентилятора, перемещающего воздух или иную газовую среду. Наблюдения за вентиляционными системами показали, что во многих случаях система работает неудовлетворительно не из-за низкого качества изготовления вентилятора, а вследствие недостаточно правильного его выбора, сделанного без учета особенностей работы вентилятора в сети.

В свою очередь, неправильно выбранный вентилятор зачастую эксплуатируется при более низком коэффициенте полезного действия, что приводит к излишнему расходу электроэнергии. Если учесть, что вентиляторы общего назначения, т. е. те, которые применяются в системах вентиляции, кондиционирования и аспирации, потребляют не менее 4% всей вырабатываемой в стране электроэнергии, то необходимость правильного выбора вентилятора и обеспечения его работы при надлежащем к. п. д. становится совершенно очевидной.

К сожалению, при проектировании вентиляционной системы не всегда уделяется достаточное внимание выбору типа и номера вентиляторов, а также режима их работы, что особенно важно при совместной работе вентиляторов и их регулировании.

Вариант задания к контрольным работам выбирается по последней цифре зачётной книжки (по таблице 1).

Таблица 1- Задание к контрольным работам

Исходные данные	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Расход воздуха (производительность) $L, \text{ м}^3/\text{с}$	0,3	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48
Атмосферное давление $P_a, \text{ Па}$	101002	101003	101004	101005	101006	101007	101008	101009	101010	101011
Плотность воздуха $\rho, \text{ кг}/\text{м}^3$										

Теоретическая часть

Для того чтобы определить, каким образом распределяются давления в вентиляционной сети, стоящей из всасывающего и нагнетательного воздуховодов, по которым с помощью вентилятора перемещается воздух, строим эпюру давлений.

Воздух будет поступать во входное отверстие воздуховода, когда в сечении $I-I$ установится статическое давление, меньше барометрического; разность давлений $P_{\bar{o}} - P_{cmI}$ создает поток воздуха с некоторой скорости v_I .

Напишем уравнение Бернулли для сечений $a-a$ и $I-I$; при этом примем, что сечение $a-a$ расположено на большом расстоянии от входа в трубу, поэтому скорость движения воздуха в сечении принять равной нулю, т.е. $v_a = 0$:

$$P_{cma} + p \mathcal{G}_a^2 / 2 = P_{cmI} + p \mathcal{G}_I^2 / 2.$$

(1)

Полное давление

$$P_{III} = P_{cma} = P_{\bar{o}}; P_{cmI} = P_{\bar{o}} - P_{\partial I}. \quad (2)$$

Если же перейти к давлениям исчисляемым от линии барометрического давления, то получим:

$$-\Delta P_{cmI} = \Delta P_{\partial I} \quad (3)$$

$$\Delta P_{nI} = -\Delta P_{cmI} + \Delta P_{\partial I} = 0 \quad (4)$$

Потери давления при движении воздуха в прямолинейном воздуховоде прямо пропорциональны его длине:

$$\Delta P' = P_{mp} l \quad (5)$$

где P_{mp} - удаленные потери давления, ПА/м.

Уравнение Бернулли для сечений $I-I$ и $II-II$ примет вид:

$$P_{cmI} + P_{\partial I} = P_{cmII} + P_{\partial II} + \Delta P'_{I-II} \quad (6)$$

где $\Delta P'_{I-II}$ - потери давления на участке между сечениями $I-I$ и $II-II$,
или

$$-\Delta P_{cmI} + \Delta P_{\partial I} = -\Delta P_{cmII} + \Delta P_{\partial II} + \Delta P'_{I-II} \quad (7)$$

Но поскольку $-\Delta P_{cmI} = \Delta P_{\partial I}$, получаем:

$$-\Delta P_{cmII} + \Delta P_{\partial II} = -\Delta P_{nII} = -\Delta P'_{I-II} \quad (8)$$

т.е. полное давление во всасывающем воздуховоде равно по абсолютному значению потерям давления на участке от входа в воздуховод до рассматриваемого сечения.

По абсолютному значению полное давление ΔP_{nII} во всасывающем воздуховоде меньше статического ΔP_{cmII} на значение динамического давле-

ния $\Delta P_{\text{от}}$, а абсолютное значение полного давления $P_{\text{нл}}$ больше статического $P_{\text{смл}}$ на значение динамического давления $P_{\text{от}}$.

Распределение давлений в нагнетательном воздуховоде будем рассматривать с его конца, т.е. от выхода из трубы а в атмосферу.

Составляем уравнение Бернулли для сечений IV-IV и б-б:

$$P_{\text{смIV}} + P_{\text{отIV}} = P_{\text{смб}} + P_{\text{об}} + P_{\text{уд}} \quad (9)$$

где $P_{\text{уд}}$ - потери давления на удар при выходе воздуха наружу:

$$P_{\text{уд}} = p \mathcal{G}_{\text{IV}}^2 / 2 \quad (10)$$

$$\Delta P_{\text{смIV}} + \Delta P_{\text{отIV}} = \Delta P_{\text{смб}} + \Delta P_{\text{об}} + p \mathcal{G}_{\text{IV}}^2 / 2 \quad (11)$$

Но поскольку $P_{\text{смб}} = 0$; $\Delta P_{\text{об}} = 0$ и $\Delta P_{\text{отIV}} = p \mathcal{G}_{\text{IV}}^2 / 2$; получаем: $\Delta P_{\text{смIV}} = 0$.

Уравнение Бернулли для сечений III-III и IV-IV имеет вид:

$$P_{\text{смIII}} + P_{\text{отIII}} = P_{\text{смIV}} + P_{\text{отIV}} + \Delta P'_{\text{III-IV}} \quad (12)$$

где $\Delta P'_{\text{III-IV}}$ - потери давления на участке между сечениями III-III и IV-IV

Поскольку $\Delta P_{\text{смIV}} = 0$

$$\Delta P_{\text{смIII}} + \Delta P_{\text{отIII}} = \Delta P_{\text{отIV}} + \Delta P'_{\text{III-IV}} \quad (13)$$

Отсюда

$$\Delta P_{\text{смIII}} = \Delta P_{\text{отIV}} + \Delta P'_{\text{III-IV}} - \Delta P_{\text{отIII}} \quad (14)$$

Если нагнетательный воздуховод имеет постоянную площадь сечения, равную площади сечения выхода из вентилятора, то

$$\Delta P_{\text{смIII}} = \Delta P'_{\text{III-IV}} \quad (15)$$

Следовательно, статическое давление в нагнетательном воздуховоде постоянного по площади сечения, равного площади сечения выхода из вентилятора, равно потерям давления в нем, без учета потерь давления на удар при выходе воздуха в сети, и полностью расходуется на их преодоление.

Полное давление

$$\Delta P_{\text{нл}} = \Delta P'_{\text{III-IV}} + \Delta P_{\text{отIV}} \quad (16)$$

т.е. оно равно сумме потерь давления на участке воздуховода, следующим за рассматриваемым сечением, и потерь давления на удар при выходе воздуха в атмосферу.

Полное давление в сечении выхода из нагнетательного воздуховода равно динамическому давлению в этом сечении (потерям давления на удар), а статическое давление равно нулю.

Для воздухопроводов постоянного сечения статическое давление является отрицательной величиной ($-\Delta P_{\text{см}}$) для всасывающего участка и положительной ($+\Delta P_{\text{см}}$) для нагнетательного участка. Однако в тех случаях, когда нагнетательный воздуховод расширяется в направлении движения воздуха (диффузор), в нем может оказаться отрицательное статическое давление, т.е. разрежение.

Рассмотрим этот случай на примере вентилятора с диффузором.

Напишем уравнение Бернулли для сечений *I-I* и *II-II*:

$$\Delta P_{cmI} + \Delta P_{\partial I} = \Delta P_{cmII} + \Delta P_{\partial II} + \Delta P'_{I-II} \quad (17)$$

Но так как $P_{cmII} = 0$, получаем:

$$\Delta P_{cmI} = \Delta P_{\partial II} + \Delta P'_{I-II} - \Delta P_{\partial I} \quad (18)$$

Величина $\Delta P_{\partial II} + \Delta P'_{I-II}$ в уравнении (18) представляет собой величину общих потерь давления в диффузоре $\Delta P'_{\partial.общ}$, включающую и потерю давления на удар при выходе воздуха из диффузора.

Поэтому уравнение (18) можно написать в следующем виде:

$$\Delta P_{cmI} = \Delta P'_{\partial.общ} - \Delta P_{\partial I} \quad (19)$$

Из этого следует, что в случае, когда общие потери давления в диффузоре меньше динамического давления вентилятора, статическое давление в сечении выходного отверстия вентилятора является отрицательной величиной. При этом воздух движется из зоны меньших абсолютных статических давлений в зоны больших. Это объясняет тем, что абсолютное полное давление в этом случае больше барометрического. Если же потери давления в диффузоре больше динамического давления вентилятора, то статическое давление - положительно.

Распределение давлений вдоль всасывающего воздуховода системы вентиляции

Схема распределения давлений вдоль всасывающего воздуховода системы вентиляции приведена на рисунке 1 приложения.

Задание к первой контрольной работе:

ЗАДАНИЕ №1

Расчетным путем определить распределение полного давления, статического давления и динамического давления вдоль всасывающего воздуховода (рис.1.) в системе вентиляции. При этом расход воздуха L , м³/с; атмосферное давление P_a , Па; плотность воздуха $\rho = 1,2$ кг/м³.

Пример решения задачи:

1. Полное давление в сечении 1 равно атмосферному давлению

$$P_{II} = P_a = 101001 \text{ Па}$$

От линии 0-0 (линия абсолютного вакуума) в сечении 1 откладывается в масштабе полное давление P_{II} . Получаем точку Б.

2. Определяются потери полного давления на входе во всасывающий воздуховод (от сечения 1 до сечения 2)

$$\Delta P_{BX} = \xi_{BX} \cdot \frac{\rho \cdot g_2^2}{2}, \text{Па} \quad (20)$$

где

- ξ_{BX} – коэффициент местного сопротивления (к.м.с.) входа, от сечения 1 до сечения 2;
- g_2 – скорость воздуха в воздуховоде, диаметром 200 мм., (D_2)

ξ_{BX} зависит от относительного радиуса закругления кромки входа $\left(\frac{r}{D_2}\right)$. При-

нимаем $\frac{r}{D_2} = 0,2$. Тогда $\xi_{BX} = 0,016$ (согласно справочнику И.Е. Идельчик [2]).

Согласно уравнению неразрывности

$$L = g \cdot F, \text{ м}^3/\text{с} \quad (21)$$

где

- L – расход воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$;
- g – скорость воздуха, $\text{м}/\text{с}$;
- F – площадь поперечного сечения воздуховода, м^2 .

Тогда из (21)

$$g_2 = \frac{L}{F_2}, \text{ м}/\text{с}. \quad (22)$$

Принимаем расход $L = 0,314 \text{ м}^3/\text{с}$.

Тогда

$$g_2 = \frac{0,314 \cdot 4}{\pi \cdot D_2^2} = \frac{0,314 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,2^2} = \frac{0,314 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,04} = 10 \text{ м}^2/\text{с} \quad (23)$$

Подставляя в уравнение (20) численные значения, получим

$$\Delta P_{BX} = 0,016 \cdot \frac{1,2 \cdot 10^2}{2} = 0,96 \text{ Па} \approx 1 \text{ Па} \quad (24)$$

3. Определяем полное давление $P_{П2}$ в сечении 2. Оно равно полному давлению $P_{П1}$ в сечении 1 минус потери полного давления ΔP_{BX} при движении воздуха от сечения 1 до сечения 2, т.е.

$$P_{П2} = P_{П1} - \Delta P_{BX} = 101001 - 1 = 101000 \text{ Па} \quad (25)$$

От линии 0-0, в сечении 2, откладывается в масштабе полное давление $P_{П2}$. Получаем точку B' .

4. Определяем потери полного давления при движении воздуха от сечения 2 до сечения 3. Потери давления возникают вследствие трения воздуха о внутренние стенки воздуховода.

Для определения потерь напора $h_{тр}$ на трение в XIX веке была получена формула эмпирическим путем и называется формулой Дарси-Вейсбаха.

$$h_{mp} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{g_2^2}{2g}, \text{ м} \quad (26)$$

где

- λ – коэффициент гидравлического трения;
- l – длина участка от сечения 2 до сечения 3, м;
- d – диаметр участка 2-3, м;
- g_2 – скорость движения воздуха на участке 2-3, м/с;
- g – ускорение силы тяжести, м/с².

Связь между давлением и напором выражается формулой

$$P = \rho \cdot g \cdot h, \text{ Па} \quad (27)$$

где λ

- h – напор, м;
- ρ – плотность, кг/м³;
- g – ускорение силы тяжести, м/с².

На практике для определения потерь давления при движении воздуха от сечения 2 до сечения 3 применяют формулу

$$\Delta P_{mp} = R \cdot l, \text{ Па} \quad (28)$$

где

- R – потери давления на трение на 1 м. длины воздуховода, Па/м;
- l – длина прямолинейного участка, м.

Значение R можно найти в справочнике [1].

Значение R зависит от скорости движения воздушного потока по воздуховоду и диаметра. Для рассматриваемого примера $R=5,98$ Па/м.

Подставляя значение R в формулу (28), получим:

$$\Delta P_{mp} = 5,98 \cdot 10 = 59,8 \text{ Па}$$

5. Определяем полное давление в сечении 3. Согласно уравнению Бернулли

$$P_{П3} = P_{П2} - \Delta P_{mp}, \text{ Па} \quad (29)$$

Подставляя численные значения, получим

$$P_{П3} = 101000 - 59,8 = 100940,2 \text{ Па}$$

От линии 0-0, в сечении 3, откладываем полное давление $P_{П3}$. Получаем точку В.

6. Определяем потери полного давления на конфузоре, т.е. на участке от сечения 3 до сечения 4. В конфузоре происходит увеличение скорости. Потери полного давления определяются по формуле

$$\Delta P_k = \xi_k \cdot \frac{\rho \cdot g_4^2}{2} \text{ Па} \quad (30)$$

где

- ξ_k – коэффициент местного сопротивления конфузора;
- g_4 – скорость в сечении 4 (узком сечении);

ρ – плотность воздуха, применяют $\rho=1,2$ кг/м³.

Коэффициент местного сопротивления конфузора ξ_K зависит от отношения длины конфузора l к меньшему диаметру, т.е. $\frac{l}{d}$, и к угла сужения

конфузора α , т.е. $\xi_K = f\left(\frac{l}{d}; \alpha\right)$.

$$\frac{l}{d} = \frac{0,230}{0,160} = 1,44$$

$$\alpha = 10^\circ$$

По справочнику, указанному ранее, находят $\xi_K = 0,1$

Скорость ϑ_4 определяют из уравнения неразрывности (21):

$$\vartheta_4 = \frac{L}{F_4}, \text{ м/с,}$$

где

L – объемный расход воздуха, м³/с;

F_4 – площадь поперечного сечения, м².

$$F_4 = \frac{\pi \cdot d_4^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,16^2}{4} = 0,0201 \text{ м}^2$$

$$\vartheta_4 = \frac{0,314}{0,0201} = 15,6 \text{ м/с}$$

Подставляя численные значения в формулу (30), получаем

$$\Delta P_K = 0,1 \cdot \frac{1,2 \cdot 15,6^2}{2} = 14,6 \text{ Па.}$$

7. Согласно уравнению Бернулли, полное давление в сечении 4 будет

$$P_{П4} = P_{П3} - \Delta P_K, \text{ Па} \quad (31)$$

Подставляя численные значения в формулу (31), получим

$$P_{П4} = 100940,2 - 14,6 = 100925,6 \text{ Па.}$$

От линии 0-0, в сечении 4, откладываем полное абсолютное давление $P_{П4}$. Получаем точку Г.

8. Определяют потери полного давления на участке от сечения 4 до сечения 5. Здесь возникают потери давления на трение.

$$\Delta P_{TP} = R \cdot l, \text{ Па} \quad (32)$$

По справочнику, указанному ранее, $R=18,1$ Па/м.

Подставляя численные значения в формулу (32), получают

$$\Delta P_{TP} = 18,1 \cdot 1 = 18,1 \text{ Па}$$

9. Определяют полное абсолютное давление $P_{П5}$. Согласно уравнению Бернулли

$$P_{П5} = P_{П4} - \Delta P_{TP}, \text{ Па} \quad (33)$$

Подставляя численные значения в формулу (33), получают

$$P_{п5} = 100925,6 - 18,1 = 100907,5 \text{ Па}$$

От линии 0-0, в сечении 5, откладывают полное абсолютное давление $P_{п5}$. Получают точку Д.

10. Определяют потери полного давления в диффузоре (на участке 5-6).

Эти потери определяются как потери на местном сопротивлении.

$$\Delta P_g = \xi_g \cdot \frac{\rho \cdot g_4^2}{2}, \text{ Па} \quad (34)$$

где

ξ_g – коэффициент местного сопротивления диффузора, к.м.с.;

g_4 – скорость воздуха в сечении 4, м/с;

ρ – плотность воздуха, кг/м³.

К.м.с. ξ_g зависит от отношения площадей $\frac{F_5}{F_6}$ и угла раскрытия диффу-

зора α .

$$\text{Принимаем } \alpha = 12^\circ, \text{ а } a \frac{F_5}{F_6} = \left(\frac{d_5}{d_6} \right)^2 = \left(\frac{160}{250} \right)^2 = 0,41.$$

Для этих значений согласно справочнику, указанному ранее,

$$\xi_g = 0,09$$

Подставляя численные значения в формулу (34), получим

$$\Delta P_g = 0,09 \cdot \frac{1,2 \cdot 15,6^2}{2} = 13 \text{ Па}.$$

11. Определяют полное давление в сечении 6, согласно уравнению Бернулли

$$P_{п6} = P_{п5} - \Delta P_g = 100907,5 - 13 = 100894,5 \text{ Па}$$

От линии 0-0, в сечении 6, откладывают полное абсолютное давление $P_{п6}$. Получают точку Е.

12. Определяют потери полного давления на участке 6-7. Здесь возникают потери на трение.

$$\Delta P_{тр} = R \cdot l, \text{ Па} \quad (35)$$

Значение (потери давления на длине 1м) зависит от скорости воздушного потока и диаметра воздуховода.

Скорость в сечении 6 будет

$$g_6 = \frac{L}{F_6} = \frac{L \cdot 4}{\pi \cdot d_6^2} = \frac{0,314 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,25^2} = 6,4 \text{ Па м/с}.$$

Тогда, согласно справочнику, указанному ранее, $R = 1,98$ Па/м. Подставляя численные значения в формулу (35), получим:

$$\Delta P_{тр} = 1,98 \cdot 5 = 9,9 \text{ Па}.$$

13. Определяют полное абсолютное давление в сечении 7. Согласно уравнению Бернулли

$$P_{П7} = P_{П6} - \Delta P, \text{Па}$$

Подставляя численные значения, получим

$$P_{П7} = 100894,5 - 9,9 = 100884,6 \text{Па}$$

От линии 0-0, в сечении 7, откладывают полное абсолютное давление $P_{П7}$. Получают точку Ж.

Полученные точки соединяем линиями. На прямолинейных участках воздуховода возникают только потери давления на трение. Эти потери определяются уравнением

$$\Delta P_{тр} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot g^2}{2} \text{Па}$$

В котором $\lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot g^2}{2} = const = A$.

Поэтому

$$\Delta P_{тр} = A \cdot l, \text{Па} \quad (36)$$

где

$\Delta P_{тр}$, l – переменные.

Уравнение (36) представляет собой уравнение прямой линии. Поэтому точки B' и B , Γ и D , E и $Ж$ соединяем прямыми линиями. В конфузоре (участок от сечения 3 до сечения 4) и диффузоре (участок от сечения 5 до сечения 6) потери давления определяют по формуле

$$\Delta P = \xi \cdot \frac{\rho \cdot g^2}{2}, \text{Па.} \quad (37)$$

Обозначим

$$\xi \cdot \frac{\rho}{2} = \beta \quad (38)$$

Подставим (37) в (38), получим:

$$\Delta P = \beta \cdot g^2, \text{Па.} \quad (39)$$

Уравнение (39) представляет собой уравнение параболы. Параболу можно построить, имея, хотя бы, три точки. Поэтому для промежуточного сечения между сечениями 3 и 4, 5 и 6 определяют скорость из уравнения неразрывности

$$V = \frac{L}{F}, \text{ м/с,}$$

где

L – расход воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$;

F – площадь поперечного сечения промежуточного сечения, м^2 .

Определяют потери полного давления от сечений 3 и 5 до промежуточного сечения по формуле (37). Определяют полное абсолютное давление в промежуточном сечении (по уравнению Бернулли) и откладывают его на графике от линии 0-0. Получают третью точку и через три точки проводят кривую.

Распределение давлений вдоль нагнетательного воздуховода системы вентиляции

Схема распределения давлений вдоль нагнетательного воздуховода системы вентиляции приведена на рисунке 2 приложения.

Задание ко второй контрольной работе:

ЗАДАНИЕ №2

Расчетным путем определить распределение полного давления, статического давления и динамического давления вдоль нагнетательного воздуховода (рис.2.) в системе вентиляции. При этом расход воздуха L , м/с; атмосферное давление P_a , Па; плотность воздуха $\rho = 1,2$ кг/м³.

Пример решения задачи:

Вентилятор, диффузор, нагнетательный воздуховод. Расход $L = 1130 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$. Определить: эпюры полных, статических и динамических давлений.

Решение:

1. Распределение давлений в нагнетательном воздуховоде рассматриваются с его конца, т.е. от выхода воздуха из трубы в атмосферу. Составляем уравнение Бернулли для сечений 3-3 и б-б. Сечение б-б проведено там, где поток невозмущен.

$$P_{П3} = P_{Пб} + \Delta P_{уд} \quad (40)$$

Где $P_{П3}$ - полное абсолютное давление в сечении 3-3

$P_{Пб}$ - полное абсолютное давление в сечении б-б

$\Delta P_{уд}$ - потери давления на удар при выходе воздуха наружу из воздуховода

Учитывая, что полное давление равно сумме статического и динамического давлений.

$$P_{П} = P_{СТ} + P_{дин} \quad (41)$$

Получим уравнение (41) в виде:

$$P_{СТ3} + P_{дин3} = P_{СТб} + P_{динб} + \Delta P_{уд} \quad (42)$$

Где $P_{дин3}$ - динамическое давление в сечении 3-3

$P_{СТ3}$ - статическое абсолютное давление в сечении 3-3

$P_{СТб}$ - статическое абсолютное давление в сечении б-б

$P_{динб}$ - динамическое давление в сечении б-б

Динамическое давление в сечении 3-3

$$P_{дин3} = \frac{\rho g_3^2}{2}$$

Статическое абсолютное давление в сечении б-б

$$P_{стб} = P_a$$

Где P_a - атмосферное давление (барометрическое давление)

Динамическое давление в сечении б-б

$$P_{динб} = 0$$

Потери давления на удар $\Delta P_{уд} = \frac{\rho g_3^2}{2}$

Подставляя значения перечисленных давлений в уравнение (42), получим:

$$P_{ст3} = \frac{\rho g_3^2}{2} = P_a + 0 + \frac{\rho g_3^2}{2} \quad (43)$$

Получаем:

$$P_{ст3} = P_a = 101001 \text{ Па} \quad (44)$$

2. Таким образом, статическое абсолютное давление на выходе из воздуховода, в сечении 3-3 равно атмосферному давлению.

От линии 0-0 в сечении 3-3 откладываем статическое давление $P_{ст3}$. Получим точку Б. Она лежит на линии атмосферного (барометрического) давления А-А.

3. Скорость g_3 в сечении 3-3

$$g_3 = 6,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Динамическое давление в сечении 3-3

$$P_{дин3} = \frac{\rho g_3^2}{2} = \frac{1,2 \cdot 6,4^2}{2} = 24,6 \text{ Па}$$

Откладываем это значение в сечении 3-3 вверх от точки Б. Получим точку Д. Расстояние точки Д от линии 0-0 – это полное абсолютное давление $P_{п3}$ в сечении 3-3.

$$P_{п3} = P_{ст} + P_{дин3} = 101001 + 24,6 = 101025,6 \text{ Па}$$

4. Определим потери полного давления при движении воздуха от сечения 2-2 до сечения 3-3.

$$\Delta P_{тр(2-3)} = R \cdot l$$

Где R - потери давления на трение на длине 1 м

l - длина участка воздуховода, м

$R=1,98 \text{ Па/м}$ (выбирается в зависимости от вида материала воздуховода по справочнику проектировщика [1])

$$\Delta P_{TP(2-3)} = 1,98 \cdot 20 = 39,6 \text{ Па}$$

5. Определяем полное давление в сечении 2-2

$$P_{П2} = P_{П3} + \Delta P_{TP(2-3)} = 101025,6 + 39,6 = 101065,2 \text{ Па}$$

Откладываем в сечении 2-2 в масштабе полное давление $P_{П2}$ (от линии 0-0). Получаем точку Е.

6. Определим потери полного давления на участке 1-2 (в диффузоре). Эти потери определяются, как потери на местном сопротивлении.

$$\Delta P_{диф} = \xi_g \cdot \frac{\rho \vartheta_1^2}{2}$$

К.м.с. ξ_g диффузора зависит от отношения площадей $\frac{F_1}{F_2}$ (на входе в него и выходе) и от угла раскрытия диффузора α .

$$\frac{F_1}{F_2} = \left(\frac{160}{250} \right)^2 = 0,41$$

Принимаем $\alpha = 12^\circ$, тогда к.м.с. диффузора будет $\xi_g = 0,09$

Скорость $\vartheta_1 = 15,6$ м/с (принимается по справочнику проектировщика по диаметру воздуховода [1])

Соответственно потери полного давления в диффузоре будут

$$\Delta P_{диф} = 0,09 \cdot \frac{1,2 \cdot 15,6^2}{2} = 13 \text{ Па}$$

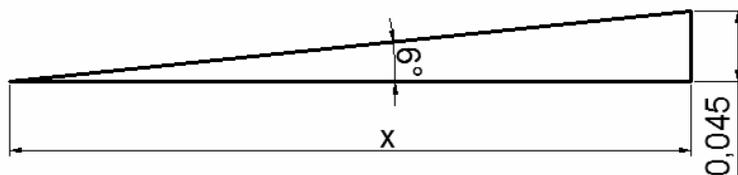
7. Определяем полное давление в сечении 1-1

$$P_{П1} = P_{П2} + P_{диф} = 101065,2 + 13 = 101078,2 \text{ Па}$$

Откладываем в сечении 1-1 полное давление $P_{П1}$

(от линии 0-0). Получаем точку Ж.

8. Найдем длину диффузора



$$\frac{0,045}{x} = \text{tg} 6^\circ \quad x = \frac{0,045}{\text{tg} 6^\circ} = \frac{0,045}{0,1051} = 0,430 \text{ м}$$

9. Соединяем линией точки Д, Е, Ж. Это линия полных давлений внутри нагнетательного воздуховода. С её помощью определяют полное абсолютное давление, отсчитываемое от линии 0-0, или полное избыточное давление, отсчитываемое от линии А-А (со знаком «+») в любой точке воздуховода. Удобнее иметь дело с полным избыточным давлением и поэтому в

вентиляции и кондиционированием воздуха рассматривают только лишь избыточные давления.

10. Строится линия статических давлений. Выше доказано, что статическое абсолютное давление в сечении 3-3 равно атмосферному давлению.

11. Скорость ϑ_2 в сечении 2-2

$$\vartheta_2 = \vartheta_3 = 6,4 \text{ м/с}$$

Динамическое давление в сечении 2-2

$$P_{\text{дин}2} = \frac{\rho \vartheta_2^2}{2} = \frac{1,2 \cdot 6,4^2}{2} = 24,6 \text{ Па}$$

Откладывается это значение вниз от точки Е в сечении 2-2. Получим точку В.

Расстояние точки В от линии 0-0 – это статическое абсолютное давление $P_{\text{ст}2}$ в сечении 2-2, т.к.

$$P_{\text{ст}2} = P_{\text{П}2} - P_{\text{дин}2}$$

Расстояние точки В от линии А-А – это статическое избыточное давление в сечении 2-2.

12. Скорость ϑ_1 в сечении 1-1

$$\vartheta_1 = \frac{L_1}{3600 \cdot F_1} = \frac{1130}{3600 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 0,16^2}{4} \right)} = 15,6 \text{ м/с}$$

Динамическое давление в сечении 1-1

$$P_{\text{дин}1} = \frac{\rho \vartheta_1^2}{2} = \frac{1,2 \cdot 15,6^2}{2} = 146 \text{ Па}$$

Откладываем это значение в сечении 1-1 вниз от точки Ж. Получим точку Г. Расстояние точки Г от линии 0-0 – это статическое абсолютное давление $P_{\text{ст}1}$ в сечении 1-1, т.к.

$$P_{\text{ст}1} = P_{\text{П}1} - P_{\text{дин}1}$$

Расстояние точки Г от линии А-А – это статическое избыточное давление в сечении 1-1.

13. Точки Б, В, Г соединим прямыми линиями, это линия статических давлений внутри воздуховода. С помощью этой линии определяется статическое абсолютное давление, отсчитываемое от линии 0-0 или статическое избыточное давление отсчитываемое от линии А-А (со знаком «+» или «-») в любой точке воздуховода.

14. Соответственно динамическое давление в любой точке воздуховода представляет собой расстояние до вертикали от линии БВГ до линии ДЕЖ.

Библиографический список

1. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 частях. Часть 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Книга 2 / Б. В. Баркалов, Н. Н. Павлов, С. С. Амирджанов и др.; Под ред. Н. Н. Павлова и Ю. И. Шиллера. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1992. - 416 с., ил. - (Справочник проектировщика).
2. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям/ Под ред. М. О. Штейнберга.— 3-е изд., перераб. и доп.— М.; Машиностроение, 1992.— 672 с: ил.
3. Жуков, Н.П. Техническая гидромеханика (гидравлика) : учебное пособие / Н.П. Жуков. – Изд-во ТГТУ, 1999. – с. 136.
4. Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский. – 6-е изд. – М. : Наука, 1987.
5. Емцев, Б.Т. Техническая гидромеханика / Б.Т. Емцев. – 2-е изд. – М. : Машиностроение, 1987.

План выпуска учеб.-метод. документ. 2016 г., поз. 33

Публикуется в авторской редакции

Подписано в свет 28.08.2016.

Гарнитура «Таймс». Уч.-изд. л. 1,0. Объем данных 0,2 Мбайт

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1
<http://www.vgasu.ru>, info@vgasu.ru