

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

Система стандартов безопасности труда

СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ
Методы аэродинамических испытаний

Occupational safety standards system.
Ventilation systems. Aerodinamical tests methods

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 5 сентября 1979 г. № 3341 дата введения установлена

01.01.81.

Постановлением Госстандарта от 24.01.86 № 182 снято ограничение срока действия

Настоящий стандарт распространяется на аэродинамические испытания вентиляционных систем зданий и сооружений.

Стандарт устанавливает методы измерений и обработки результатов при проведении испытаний вентиляционных систем и их элементов для определения расходов воздуха и потерь давления.

1. МЕТОД ВЫБОРА ТОЧЕК ИЗМЕРЕНИЙ

1.1. Для измерения давлений и скоростей движения воздуха в воздуховодах (каналах) должны быть выбраны участки с расположением мерных сечений на расстояниях не менее шести гидравлических диаметров D_h , м за местом возмущения потока (отводы, шиберы, диафрагмы и т. п.) и не менее двух гидравлических диаметров перед ним.

При отсутствии прямолинейных участков необходимой длины допускается располагать мерное сечение в месте, делящем выбранный для измерения участок в отношении 3 : 1 в направлении движения воздуха.

Примечание. Гидравлический диаметр определяется по формуле

$$D_h = \frac{4F}{\pi},$$

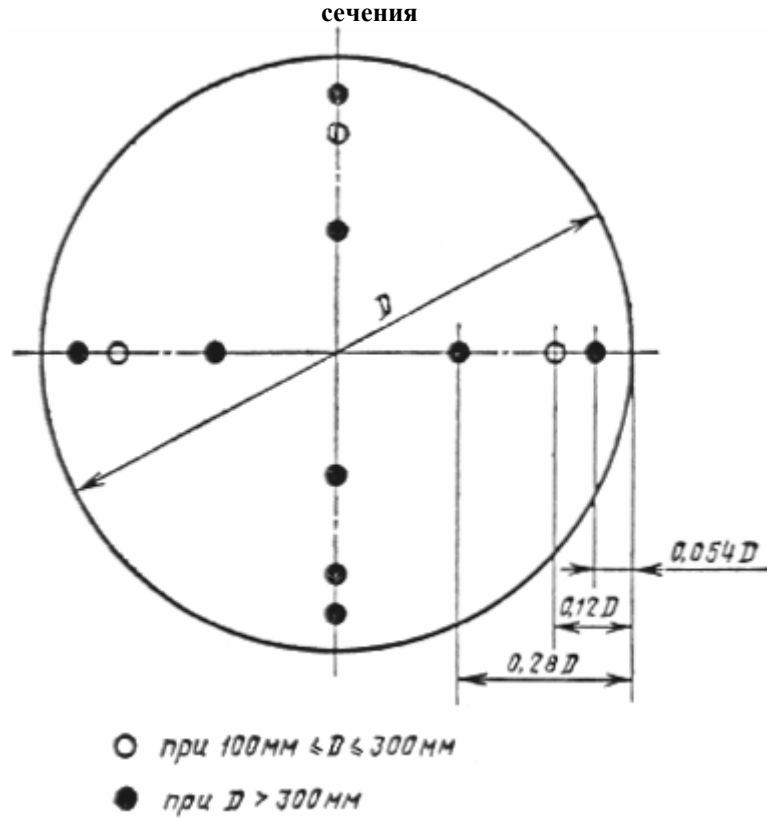
где F , м² и π , м, соответственно, площадь и периметр сечения.

1.2. Допускается размещать мерное сечение непосредственно в месте внезапного расширения или сужения потока. При этом размер мерного сечения принимают соответствующим наименьшему сечению канала.

1.3. Координаты точек измерений давлений и скоростей, а также количество точек определяются формой и размерами мерного сечения по черт. 1 и 2. Максимальное отклонение координат точек измерений от указанных на чертежах не должно превышать $\pm 10\%$. Количество измерений в каждой точке должно быть не менее трех.

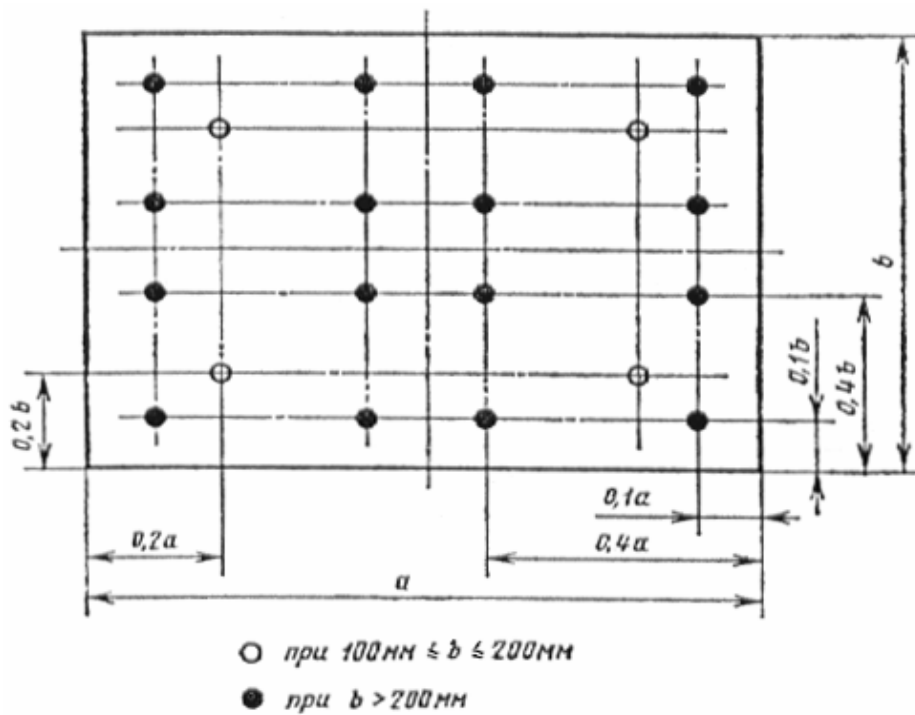
1.4. При использовании анемометров время измерения в каждой точке должно быть не менее 10 с.

Координаты точек измерения давлений и скоростей в воздуховодах цилиндрического сечения



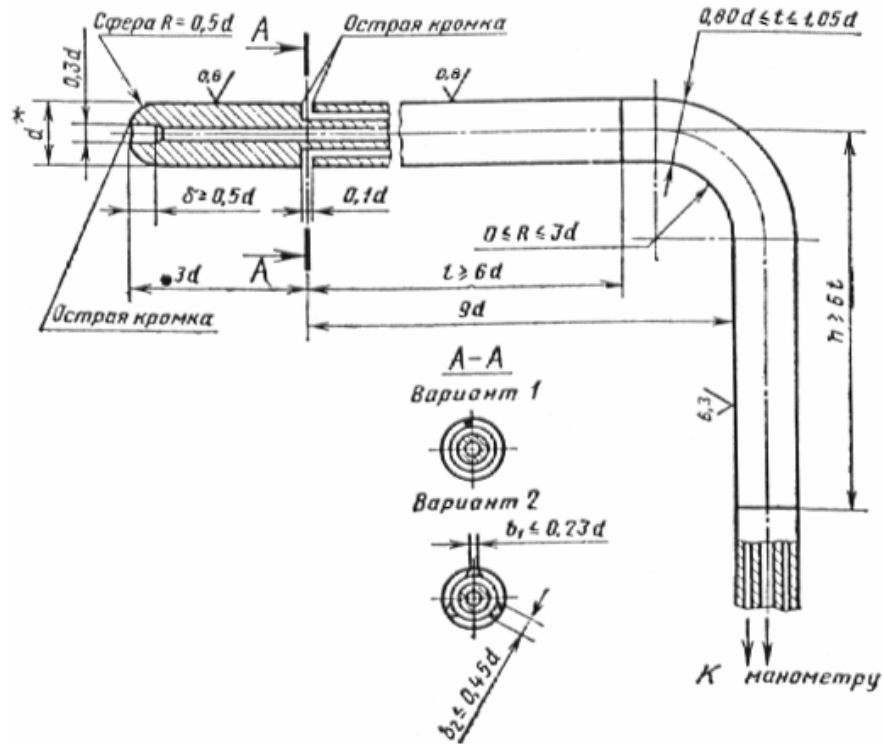
Черт. 1

Координаты точек измерения давлений и скоростей в воздуховодах прямоугольного сечения



Черт. 2

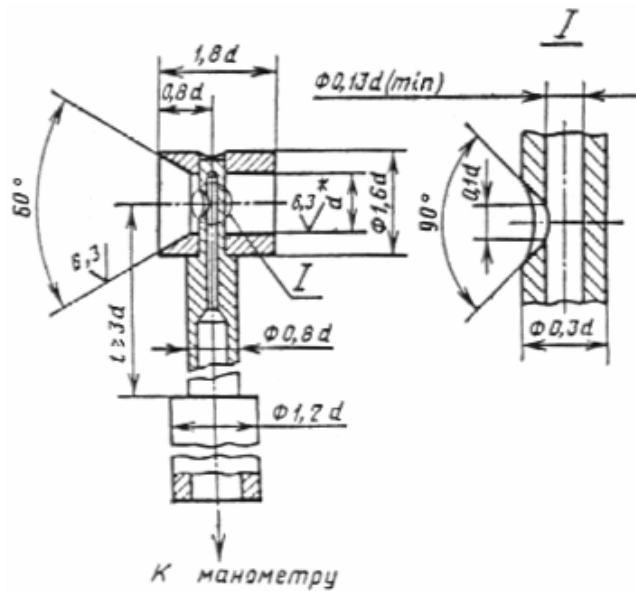
Основные размеры приемной части комбинированного приемника давления



* Диаметр d не должен превышать 8 % внутреннего диаметра круглого или ширины (по внутреннему обмеру) прямоугольного воздуховода.

Черт. 3

Основные размеры приемной части приемника полного давления



* Диаметр d не должен превышать 8 % внутреннего диаметра круглого или ширины (по внутреннему обмеру) прямоугольного воздуховода.

Черт. 4

2. АППАРАТУРА

2.1. Для аэродинамических испытаний вентиляционных систем должна применяться следующая аппаратура:

а) комбинированный приемник давления — для измерения динамических давлений потока при скоростях движения воздуха более 5 м/с и статических давлений в установившихся потоках (черт. 3);

б) приемник полного давления — для измерения полных давлений потока при скоростях движения воздуха более 5 м/с (черт. 4);

в) дифференциальные манометры класса точности от 0,5 до 1,0 по ГОСТ 18140-84 и тягомеры по ГОСТ 2405-88 — для регистрации перепадов давлений;

г) анемометры по ГОСТ 6376—74 и термоанемометры — для измерения скоростей воздуха менее 5 м/с;

д) барометры класса точности не ниже 1,0 — для измерения давления в окружающей среде;

е) ртутные термометры класса точности не ниже 1,0 по ГОСТ 13646—68 и термопары — для измерения температуры воздуха;

ж) психрометры класса точности не ниже 1,0 по ТУ 25.1607.054-85 и психрометрические термометры по ГОСТ 112-78 — для измерения влажности воздуха.

Примечание. При измерениях скоростей воздуха, превышающих 5 м/с в потоках, где затруднено применение приемников давления, допускается использовать анемометры по ГОСТ 6376-74 и термоанемометры.

2.2. Конструкции приборов, применяемых для измерения скоростей и давлений запыленных потоков, должны позволять их очистку от пыли в процессе эксплуатации.

2.3. Для проведения аэродинамических испытаний в пожаровзрывоопасных производствах должны применяться приборы, соответствующие категории и группе производственных помещений.

3. ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЯМ

3.1. Перед испытаниями должна быть составлена программа испытаний с указанием цели, режимов работы оборудования и условий проведения испытаний.

3.2. Вентиляционные системы и их элементы должны быть проверены и обнаруженные дефекты устранены.

3.3. Показывающие приборы (дифференциальные манометры, психрометры, барометры и др.), а также коммуникации к ним следует располагать таким образом, чтобы исключить воздействие на них потоков воздуха, вибраций, конвективного и лучистого тепла, влияющих на показания приборов.

3.4. Подготовку приборов к испытаниям необходимо проводить в соответствии с паспортами приборов и действующими инструкциями по их эксплуатации.

4. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЯ

4.1. Испытания следует проводить не ранее чем через 15 мин после пуска вентиляционного агрегата.

4.2. При испытаниях, в зависимости от программы, измеряют:
барометрическое давление окружающей воздушной среды B_a , кПа (кгс/см²);
температуру перемещаемого воздуха по сухому и влажному термометру, соответственно, t и t_{ϕ} , °С;

температуру воздуха в рабочей зоне помещения t_a , °С;

динамическое давление потока воздуха в точке мерного сечения p_{di} , кПа (кгс/м²);

статическое давление воздуха в точке мерного сечения p_{si} , кПа (кгс/м²);

полное давление воздуха в точке мерного сечения p_i , кПа (кгс/м²);

время перемещения анемометра по площади мерного сечения τ , с;

число делений счетного механизма оборотов механического анемометра за время τ обвода сечения n .

Примечания:

1. Измерения статического или полного давлений производят при определении давления, развиваемого вентилятором, и потерь давления в вентиляционной сети или на ее участке.

2. Значение полного (p , кПа, кгс/м²) и статического (p_s , кПа, кгс/м²) давлений представляют собой соответствующие перепады полных и статических давлений потока с барометрическим давлением окружающей среды. Перепад считается положительным, если соответствующее значение превышает давление окружающей среды, в противном случае p и p_s — отрицательны.

4.3. При измерении давлений и скоростей потока в воздуховодах и расположении мерного сечения на прямолинейном участке длиной не менее $8D_h$ допускается проводить измерения статического давления потока воздуха и в отдельных точках сечения - полного давления комбинированным приемником давления.

4.4. Зазоры между измерительными приборами и отверстиями, через которые они вводятся в закрытые каналы, должны быть уплотнены во время испытаний, а отверстия закрыты после проведения испытаний.

5. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

5.1. На основе величин, измеренных в соответствии с программой, определяют:

относительную влажность перемещаемого воздуха φ , %;

плотность перемещаемого воздуха ρ , кг/м³ (кгс·с²/м³);

скорости движения воздуха v , м/с;

расход воздуха L , м³/с;

потери полного давления в вентиляционной сети или в отдельных ее элементах Δp , кПа (кгс/м²);

коэффициент потерь давления вентиляционной сети или ее элемента ζ .

5.2. Относительную влажность перемещаемого воздуха определяют по показаниям сухого и влажного термометров в соответствии с паспортом прибора.

5.3. Плотность перемещаемого воздуха определяют по формуле

$$\rho = \frac{B_a + p'}{RK_\varphi(t + 273)},$$

где p' — статическое или полное давление потока, измеренное комбинированным приемником давления или приемником полного давления в одной из точек мерного сечения;

K_φ — коэффициент, зависящий от температуры и влажности перемещаемого воздуха. Значение K_φ определяется по табл. 1.

Зависимость коэффициента K_φ от температуры и влажности перемещаемого воздуха

Таблица 1

$t, ^\circ\text{C}$	10		20		30		40		50	
$\varphi, \%$	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100
K_φ	0,998	1,003	1,000	1,005	1,004	1,012	1,010	1,025	1,020	1,040

5.4. Динамическое давление p_d кПа (кгс/м²) средней скорости движения воздуха определяют по измеренным в z точках (черт. 1 или 2) комбинированным приемником давления величинам динамических давлений p_{di} по формуле

$$p_d = \left(\frac{\sum_{i=1}^z p_{di}^{0,5}}{z} \right)^2.$$

5.5. Скорость движения воздуха v_i , м/с в точке мерного сечения по измерениям динамического давления p_{di} определяют согласно формуле

$$v_i = \left(\frac{2}{\rho} p_{di} \right)^{0,5}.$$

5.6. Среднюю скорость движения воздуха v_m , м/с, в мерном сечении по измерениям динамического давления в z точках (по черт. 1 или 2) определяют по формуле

$$v_m = \left(\frac{2}{\rho} p_d \right)^{0,5}.$$

5.7. При измерениях анемометрами скорость движения воздуха в отдельных точках мерного сечения определяют по показаниям прибора n и графику индивидуальной тарировки прибора $v(n)$; при этом среднюю скорость движения воздуха v_m определяют по формуле

$$v_m = \frac{\sum_{i=1}^z v_i}{z}.$$

5.8. Объемный расход L , м³/с, воздуха определяют по формуле

$$L = F \cdot v_m.$$

5.9. Статическое давление p_s потока в мерном сечении определяют по следующим формулам:

а) $p_s = \frac{\sum_{i=1}^z (p_i - p_{di})}{z}$ при измерениях полных и динамических давлений;

б) $p_s = \frac{\sum_{i=1}^z p_{si}}{z}$ при измерениях статических давлений;

в) $p_s = \frac{\sum_{i=1}^z \left(p_i - \rho \frac{v_i^2}{2} \right)}{z}$ при измерениях скоростей потока и полных давлений.

5.10. Полное давление p потока в мерном сечении рассчитывают по формулам

$$p = \frac{\sum_{i=1}^z p_i}{z} \quad \text{или} \quad p = \frac{\sum_{i=1}^z (p_{si} + p_{di})}{z}.$$

5.11. Потери полного давления элемента сети определяют по формуле

$$\Delta p = p_1 - p_2.$$

где p_1 и p_2 — полные давления, определенные по п. 5.10, в мерных сечениях 1 и 2, расположенных, соответственно, на входе в элемент и на выходе из него.

5.12. Потери полного давления элемента сети, расположенного на входе в сеть, определяют по формуле

$$\Delta p = p_2.$$

5.13. Потери полного давления элемента сети, расположенного на выходе из сети, определяют по формуле

$$\Delta p = p_1.$$

5.14. Коэффициент потерь давления элементов сети определяют по формуле

$$\zeta = \frac{\Delta p}{p_d},$$

где p_d — динамическое давление (по п. 5.4) в мерном сечении, выбранном в качестве характерного.

5.15. Динамическое давление p_{dv} , кПа (кгс/м²), вентилятора определяют по формуле

$$p_{dv} = \frac{\rho}{2} \left(\frac{L}{F_v} \right)^2,$$

где F_v — площадь выходного отверстия вентилятора.

5.16. Статическое давление p_{sv} , кПа (кгс/м²), вентилятора определяют по формуле

$$p_{sv} = p_{s2} - p_{s1} - p_{d1},$$

где p_{s1} и p_{s2} — соответственно статические давления в мерных сечениях 1 и 2 перед и за вентилятором, определенные по п. 5.9;

p_{d1} — динамическое давление в мерном сечении 1, на входе в вентилятор, определенное по п. 5.4.

5.17. Полное давление вентилятора p_v , кПа (кгс/м²), равно суммарным потерям Δp_Σ сети и определяется по формуле

$$p_v = p_2 - p_1.$$

Примечание. Безразмерные параметры, характеризующие аэродинамические свойства собственно вентилятора (его коэффициенты полного ψ_v , статического ψ_s и динамического ϕ_{dv} давлений, а также коэффициент расхода воздуха ϕ_v) определяют, если это предусмотрено программой испытаний, по формулам, приведенным в ГОСТ 10921-90.

5.18. В случаях, предусмотренных программой испытаний, производят расчет предельной погрешности определения расхода воздуха по результатам измерений. Порядок расчета при измерениях пневмометрическим насадком в сочетании с дифференциальным манометром дан в рекомендуемом приложении.

6. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

6.1. При проведении аэродинамических испытаний вентиляционных систем должны соблюдаться требования безопасности согласно ГОСТ 12.4.021-75.

6.2. Проведение аэродинамических испытаний не должно ухудшать проветривание и приводить к скоплению взрывоопасной концентрации газов.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Рекомендуемое

РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ВОЗДУХА КОМБИНИРОВАННЫМ ПРИЕМНИКОМ ДАВЛЕНИЯ В СОЧЕТАНИИ С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ МАНОМЕТРОМ

Из уравнений пп. 4.3—4.8 следует:

$$L = F \left(\frac{2}{\rho} \right)^{0,5} \frac{\sum_{i=1}^z (p_{di})^{0,5}}{z}$$

При этом предельная относительная погрешность определения расхода воздуха в процентах выражается следующей формулой:

$$\delta_L = (2\sigma_L + \delta_\varphi),$$

где σ_L — среднеквадратичная относительная погрешность, обусловленная неточностью измерений в процессе испытаний;

δ_φ — предельная, относительная погрешность определения расхода воздуха, связанная с неравномерностью распределения скоростей в мерном сечении; величины δ_φ даны в табл. 1 настоящего приложения. Величина σ_L представляется в виде:

$$\sigma_L = \left(4\sigma_D^2 + \frac{1}{4}\sigma_B^2 + \frac{1}{4}\sigma_t^2 + \frac{1}{4}\sigma_p^2 \right)^{0,5},$$

где σ_D — среднеквадратичная погрешность определения размеров мерного сечения, зависящая от гидравлического диаметра воздуховода; при $100 \text{ мм} \leq D_h \leq 300 \text{ мм}$ величина $\sigma_D = \pm 3 \%$, при $D_h > 300 \text{ мм}$ $\sigma_D = \pm 2 \%$;

σ_p , σ_B , σ_t — среднеквадратичные погрешности измерений, соответственно, динамического давления P_d потока, барометрического давления B_a , температуры t потока, величины σ_p , σ_B , σ_t даны в табл. 2 настоящего приложения.

Пользуясь табл. 1 и 2 и приведенными формулами вычисляют предельную погрешность определения расхода воздуха.

Таблица 1

Предельная относительная погрешность δ_φ , вызванная неравномерностью распределения скоростей в мерном сечении

Форма мерного сечения	Число точек измерений	δ , %, при расстоянии от места возмущения потока до мерного сечения в гидравлических диаметрах D_h				
		1	2	3	5	> 5
Круг	4	20	16	12	6	3
	8	16	12	10	5	2
	12	12	8	6	3	2
Прямо-угольник	4	24	20	15	8	4
	16	12	8	6	3	2

Таблица 2

Среднеквадратичные погрешности σ_p , σ_B , σ_t показаний приборов

Показание прибора в долях длины шкалы	$\sigma_p, \sigma_B, \sigma_t$, %, для приборов класса точности	
	10	0,5
1,00	$\pm 0,5$	$\pm 0,25$
0,75	$\pm 0,7$	$\pm 0,24$
0,50	$\pm 1,0$	$\pm 0,5$
0,25	$\pm 2,0$	$\pm 1,0$
0,10	$\pm 5,0$	$\pm 2,5$
0,05	$\pm 10,0$	$\pm 5,0$

Пример. Мерное сечение расположено на расстоянии 3-х диаметров за коленом воздуховода

диаметром 300 мм (т. е. $\sigma_D = \pm 3 \%$). Измерения производят комбинированным приемником давления в 8-ми точках мерного сечения (т. е. по табл. 1 $\delta_\phi = + 10 \%$). Класс точности приборов (дифманометр, барометр, термометр) — 1,0. Отсчеты по всем приборам производятся, примерно, в середине шкалы, т. е. по табл. 2, $\sigma_p = \sigma_B = \sigma_t = \pm 1,0 \%$. Предельная относительная погрешность измерения расхода воздуха составит:

$$\delta_L = 2 \left(4 \cdot 3^2 + \frac{1}{4} \cdot 1 + \frac{1}{4} \cdot 1 + \frac{1}{4} \cdot 1 \right)^{0,5} + 10 = \pm 12 + 10 = + 22 \%, - 2 \%$$