

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ**Система стандартов безопасности труда****СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ****Методы аэродинамических испытаний****Occupational safety standards system. Ventilation systems. Aerodinamical tests methods**

Дата введения 1981-01-01

ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 5 сентября 1979 г. N 3341

Ограничение срока действия снято постановлением Госстандарта от 24.01.86 N 182

ПЕРЕИЗДАНИЕ. Март 2001 г.

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

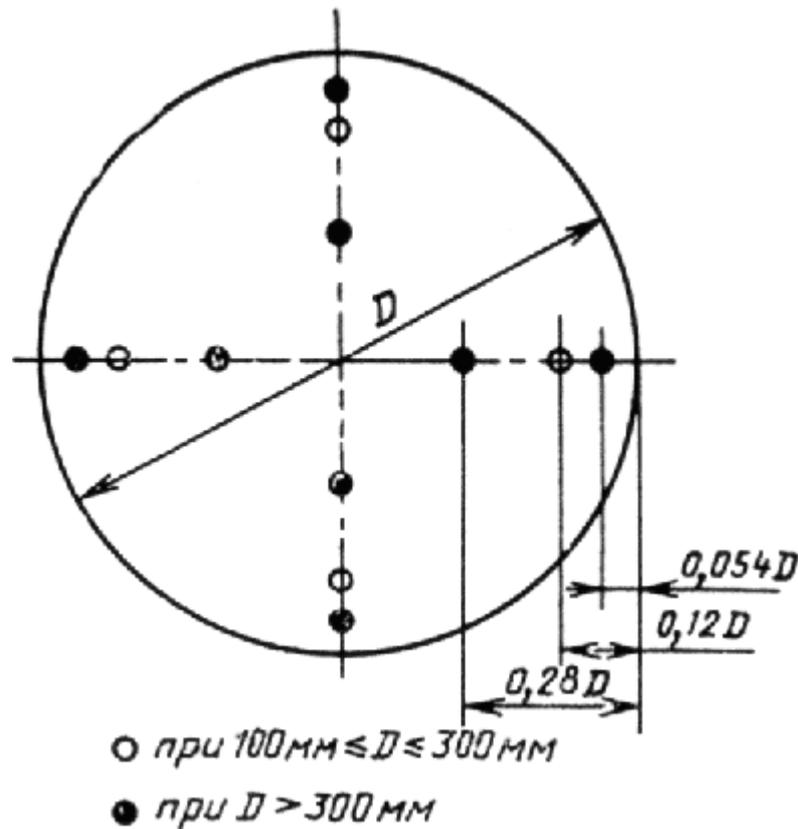
$$D_h = \frac{4F}{\Pi},$$

где F , м^2 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.

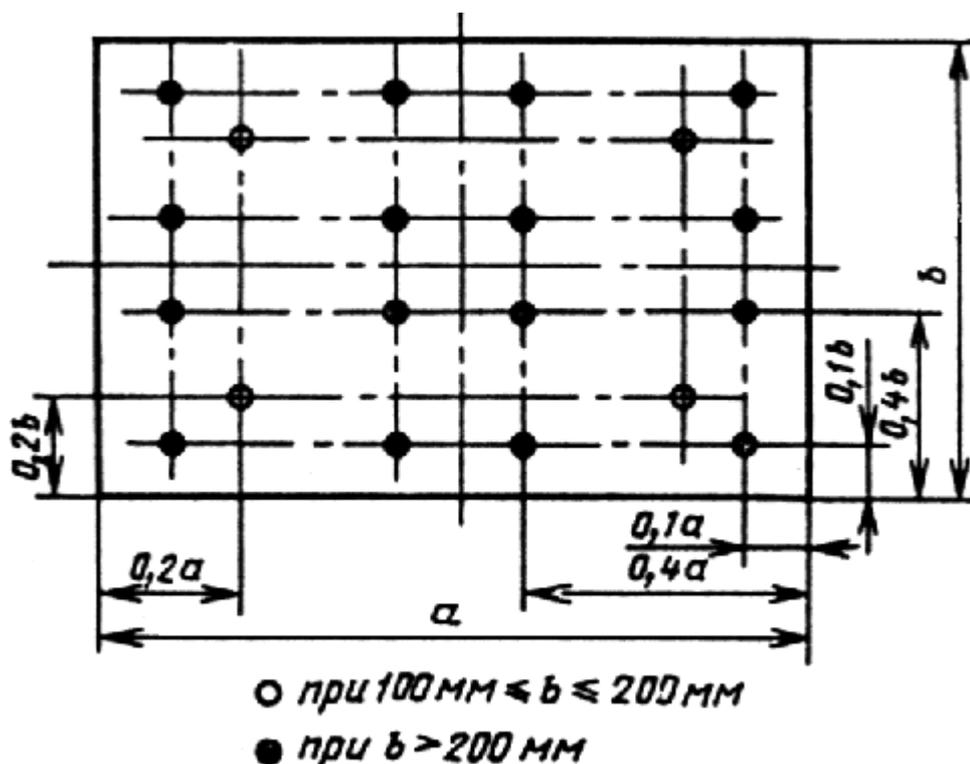
1.3. Координаты точек измерений давлений и скоростей, а также количество точек определяются формой и размерами мерного сечения по черт.1 и 2. Максимальное отклонение координат точек измерений от указанных на чертежах не должно превышать $\pm 10\%$. Количество измерений в каждой точке должно быть не менее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

Координаты точек измерения давлений и скоростей в воздуховодах цилиндрического сечения



Черт.1

Координаты точек измерения давлений и скоростей в воздуховодах прямоугольного сечения



Черт.2

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

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;

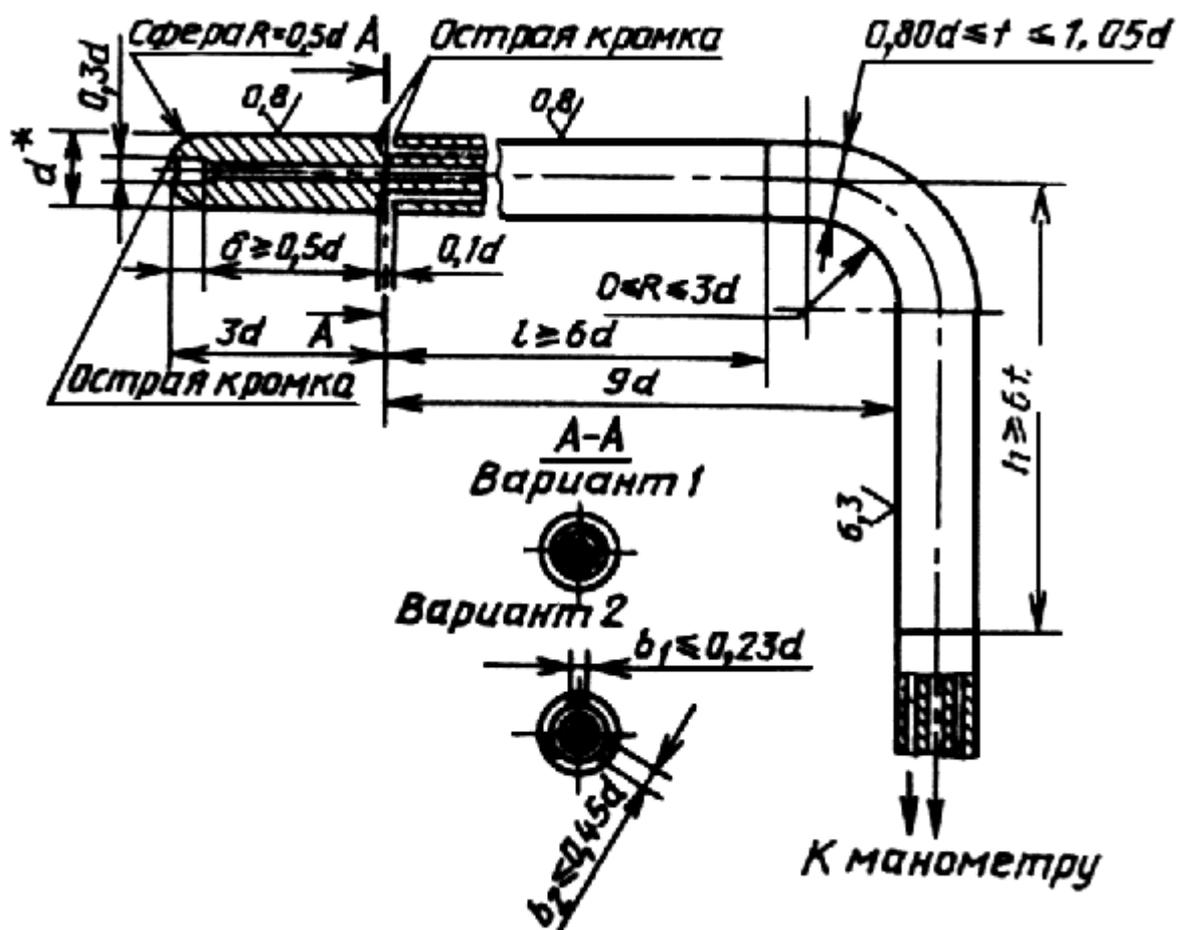
г) анемометры по ГОСТ 6376-74 и термоанемометры - для измерения скоростей воздуха менее 5 м/с;

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.

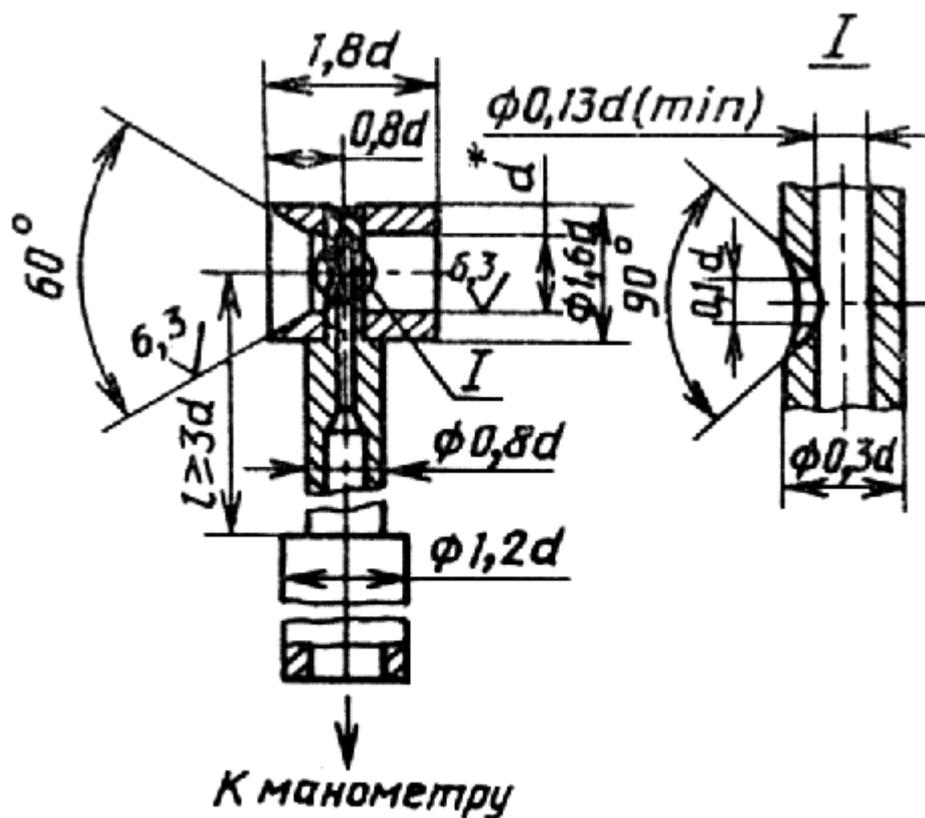
Основные размеры приемной части комбинированного приемника давления



* 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

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 ИСПЫТАНИЙ

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 P_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 .

При
мечания:

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

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

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}	0,9 98	1,00 3	1,00 0	1,00 5	1,0 04	1,01 2	1,01 0	1,0 25	1,02 0	1,04 0

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:

$$a) P_s = \frac{\sum_{i=1}^z (P_i - P_{di})}{z} \text{ при измерениях полных и динамических давлений;}$$

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

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

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

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

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/м^2), 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 1.

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.

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
Прямоугольник	4	24	20	15	8	4
	16	12	8	6	3	2

Величина σ_L представляется в виде:

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

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.

Таблица 2

Среднеквадратичные погрешности σ_p , σ_B , σ_t показаний приборов

Показание прибора в долях длины шкалы	σ_p , σ_B , σ_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	±10,0	±5,0
------	-------	------

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

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 $\delta_\varphi = +10\%$). 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:

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