

Выбор прибора для наладки систем вентиляции и кондиционирования

Коротков М.А., Адаев И.С., Левин И.А., ООО НПО «ЭКО-ИНТЕХ»

При наладке и регулировке систем вентиляции и кондиционирования возникает вопрос: какой прибор использовать для измерения таких параметров воздушного потока, как скорость и объемный расход? На рынке представлено большое количество приборов: крыльчатые анемометры с различными диаметрами крыльчаток, термоанемометры, дифференциальные манометры с различными пневмометрическими (напорными) трубками, комбинированные приборы и так далее. Выбор прибора зависит от того, где проводятся измерения – на вентиляционной решетке или непосредственно в воздуховоде, каков диапазон скоростей, температура, запыленность. В этой статье приводятся принципиальные различия между приборами, а также даны советы по выбору приборов в зависимости от задачи наладчика. Технические характеристики приведенных в статье приборов указаны приблизительно, так как существует множество моделей с различными параметрами.

Конструктивные особенности приборов

На рис. 1 показана линейка приборов для измерения параметров воздушного потока на примере одной из фирм-производителей, в порядке перечисления: термоанемометр, крыльчатый анемометр, дифференциальный манометр, пневмометрические трубки, комбинированный прибор со сменными зондами, воронки для определения объемного расхода.

Прибор / характеристики	Термоанемометр	Крыльчатый анемометр	Дифференциальный манометр (дифманометр) с напорной трубкой
Чувствительный элемент	«Обогреваемая струна»	Крыльчатка	Датчик давления
Принцип измерения	При прохождении через струну потока воздуха она охлаждается, и меняется ее сопротивление, которое пропорционально скорости воздуха.	Скорость определяется по числу оборотов вращающейся под действием потока воздуха крыльчатки.	Напорные трубки (Пито, НИИОГАЗ и др.) имеют два канала, соединяемые шлангами со штуцерами дифманометра. Они воспринимают полное и статическое давление в воздуховоде, по которым прибор измеряет динамический напор, на основе которого вычисляются скорость потока и объемный расход.
Область применения	Воздуховоды, решетки, аттестация рабочих мест. Применяется в основном для измерения малых скоростей	Диаметр крыльчатки: D=16-25мм – воздуховоды, D=60-100мм - решетки	Воздуховоды
Приблизительный диапазон измерения	0,1 ... 20-30 м/с	от 0,2 ... 0,6 м/с до 15 ... 40 м/с	2-4 ... 20-100 м/с Скорость потока в соответствии с ГОСТ 17.2.4.06-90 должна быть не менее 4 м/с. На практике минимальная скорость может быть от 2 до 10 м/с в зависимости от диапазона измерения давления. Максимальная скорость ограничивается конструктивными особенностями трубки и техническими средствами проведения поверки.
Относительная погрешность по скорости	около 5%	3-5%	3-5%
Средняя рабочая температура зонда (трубки)	-20 ... +70 °С	-20 ... +70 °С	-40 ... +600 °С

Примечание. Функция усреднения, расчета объемного расхода, а в случае с дифманометром и функция расчета скорости могут быть заложены в прибор или отсутствовать.

Примечание. Дифференциальный манометр чаще всего более надежный и доступный прибор, нежели анемометры.



Рис. 1. Приборы фирмы «KIMO Instruments».

Комбинированный (многофункциональный) прибор – совокупность перечисленных в таблице выше приборов. Представляет собой измерительный блок с возможностью подключения различных зондов: пневмометрических трубок, зондов-крыльчаток, термоанемометров, зондов скорости вращения, зондов температуры и влажности и др.

Воронки используются совместно с анемометрами для измерения объемного расхода на вентиляционных решетках и диффузорах. С воронками процесс измерения становится проще и точнее, т.к. проводится один замер, а не несколько в случае работы только с анемометром с последующим усреднением результатов. Необходимо, чтобы воронка полностью накрывала решетку (диффузор), то есть размер и форма воронки должны соответствовать размеру и форме решетки (диффузора). При использовании воронки в прибор вносится ее коэффициент, поэтому чаще всего анемометр можно использовать только той фирмы, которая производит и воронки к нему.

Примечание. Когда задача наладчика состоит из измерения нескольких параметров (например, давление, скорость, влажность, температура), удобнее всего воспользоваться комбинированным прибором, но это далеко не всегда дешевле, чем приобрести по отдельности дифманометр, анемометр, гигрометр и т.п.

Ограничения по использованию приборов.

Не рекомендуется использовать термоанемометры и трубки Пито для измерения в потоках воздуха с большой запыленностью, а термоанемометры также и в высокоскоростных потоках (более 20 м/с). В трубках Пито отверстие, воспринимающее полное давление, небольшого диаметра, и оно может засориться (в этом случае лучше использовать трубку НИИОГАЗ или подобные). А в термоанемометре может порваться чувствительный элемент – «обогреваемая струна». Большая запыленность может быть, например, при производстве цемента, муки, сахара, в металлургии, при наладке вентсистем в период строительства и др.

Нежелательно использование приборов вне диапазонов рабочих температур для измерительного блока и зондов. При высоких температурах рекомендуем использовать пневмометрические трубки из нержавеющей стали или высокотемпературные крыльчатки из специальных сплавов, нежели скоростные зонды, изготовленные с пластиковыми элементами. Например, при измерениях в газоходах, где чаще всего преобладают высокие температуры.

При проведении замеров необходимо, чтобы чувствительный элемент зонда был направлен строго навстречу потоку воздуха. При отклонении от этой оси увеличивается погрешность измерений, причем, чем больше угол отклонения, тем больше погрешность.

Измерение скорости потока и объемного расхода на вентиляционной решетке.

Для проведения измерений можно использовать любой анемометр или термоанемометр, но замеры будут быстрее, правильнее и точнее, если использовать анемометр с крыльчаткой большого диаметра $D=60-100$ мм, т.к. в этом случае диаметр крыльчатки будет сопоставим с размерами решетки. Для упрощения измерений и уменьшения погрешности можно использовать воронку вместе с прибором. Если необходимо проводить замеры в труднодоступных местах (например, под потолком), можно использовать либо телескопический зонд, либо зонд с удлинителем.

Анемометр с крыльчаткой большого диаметра $D=60-100$ мм – наиболее подходящий прибор, так как с ним проводится минимальное количество измерений, что дает более точный результат и минимум затраченного времени.

Анемометр с крыльчаткой малого диаметра D=16-25мм и термоанемометр. При использовании этих приборов необходимо провести большее количество измерений, нежели при использовании анемометра с крыльчаткой большого диаметра. Это занимает больше времени, а также уменьшает точность измерений ввиду того, что увеличивается вероятность отклонения от оси измерений при каждом замере.

При использовании любого из вышеперечисленных приборов желательно, чтобы он имел функцию расчета объемного расхода, а также усреднения по времени и количеству замеров. В противном случае придется эти значения рассчитывать самостоятельно. Для начала необходимо провести измерения скорости потока в нескольких точках, распределенных по решетке, например, как показано на рис. 2, после чего рассчитывать среднюю скорость по формуле:

$$v_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n} \text{ [м/с]}, \quad \text{где } v_i \text{ [м/с] - величина скорости одного измерения, } n \text{ - кол-во измерений,}$$

а из нее уже получать значение объемного расхода:

$$Q = v_{cp} \times F \times 3600 \text{ [м}^3\text{/ч]}, \quad \text{где } v_{cp} \text{ [м/с] - средняя скорость потока, } F \text{ [м}^2\text{] - площадь поперечного сечения на измеряемом участке (решетки).}$$

Анемометры с функциями расчета и усреднения облегчают работу наладчика – автоматизируют процесс расчета значений параметров воздушного потока, хотя измерения по точкам сечения все равно приходится проводить, а также вводить в прибор площадь сечения.

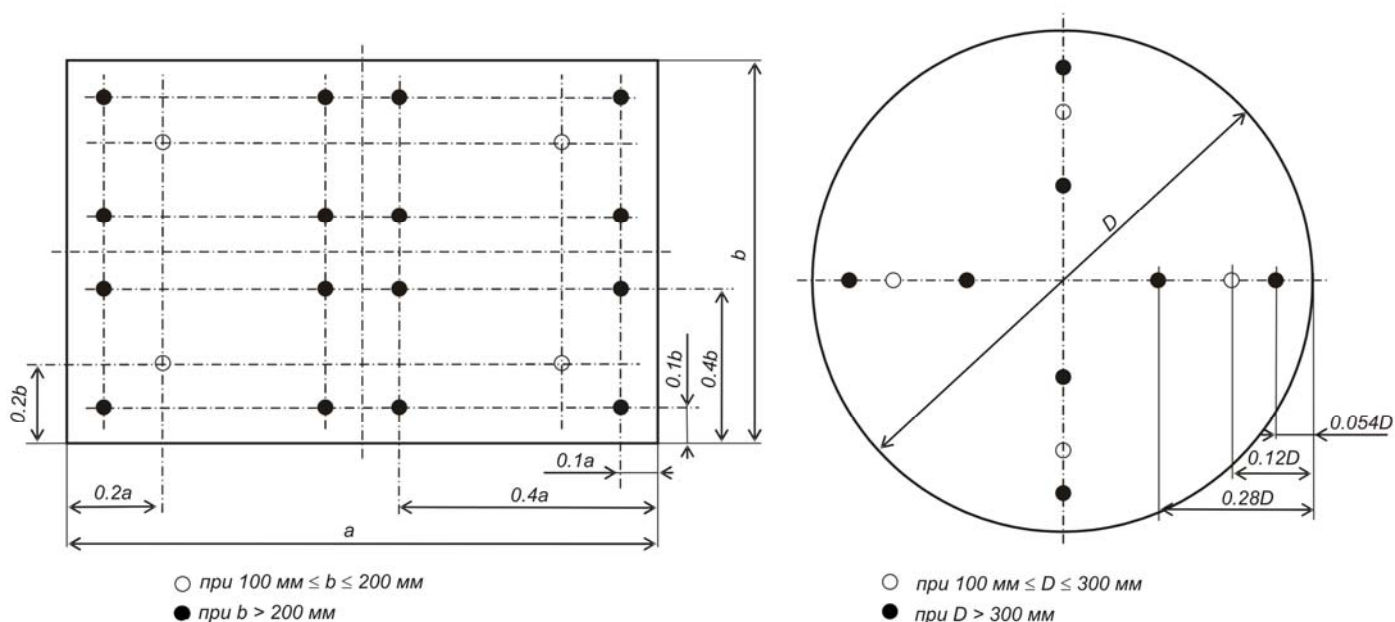


Рис. 2. Распределение точек замеров в прямоугольном и круглом сечении воздуховода (решетки) по ГОСТ 12.3.018-79.

Воронки и другие принадлежности. При использовании прибора с воронкой отпадает необходимость проведения множества замеров, что дает более точный результат измерений и экономит время. Проводится всего лишь один замер. В случае с диффузором без воронки вообще очень трудно обойтись. После установки воронки с анемометром на вентиляционную решетку (диффузор), как показано на рис. 3, однородный поток воздуха будет устремлен прямо на чувствительный элемент прибора, благодаря чему будет измерена средняя скорость. Анемометры с функцией расчета объемного расхода отображают его автоматически. При этом надо учесть, что у каждой воронки есть свой коэффициент преобразования, который необходимо предварительно ввести в прибор. Если прибор не рассчитывает объемный расход, то его можно вычислить самостоятельно по формуле:

$$Q = K_v \times v_{cp} \text{ [м}^3\text{/ч]}, \quad \text{где } v_{cp} \text{ [м/с] - средняя скорость потока, } K_v \text{ - коэффициент воронки.}$$

Иногда замеры необходимо производить в труднодоступных местах, когда решетки находятся на потолке или сразу под потолком. В этих случаях, чтобы не пользоваться стремянкой, можно использовать зонды с телескопической рукояткой или удлинители зондов.

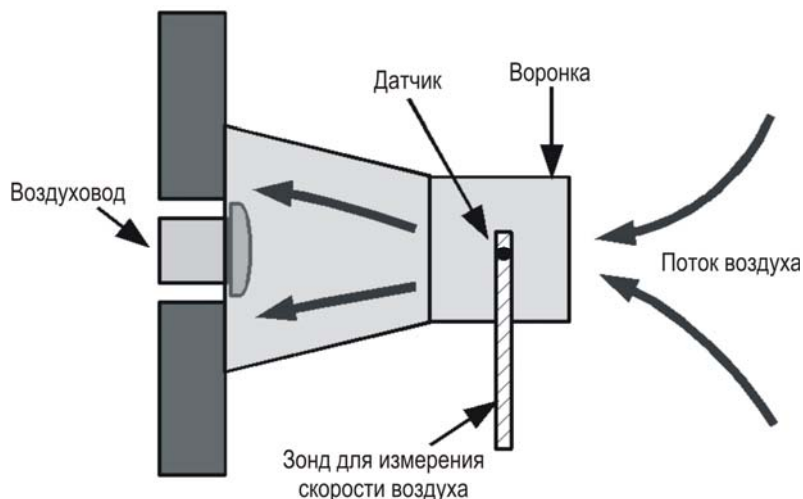


Рис. 3. Установка воронки на вентиляционную решетку

Измерение скорости потока и объемного расхода непосредственно в воздуховоде (газоходе).

Перед работой надо убедиться, что в стенке воздуховода есть отверстие, диаметр которого соответствует диаметру измерительного зонда. Необходимо, чтобы это отверстие было на прямом участке воздуховода, так как в этом случае воздушный поток максимально однороден. Прямой участок должен быть длиной не менее пяти диаметров воздуховода. Точка замера выбирается с условием, что до нее должно быть расстояние, равное трем диаметрам воздуховода, и после нее – двум диаметрам.

Для проведения замеров используются термоанемометры, крыльчатые анемометры с малым диаметром крыльчатки $D=16-25$ мм и дифференциальные манометры с пневмометрическими трубками. Если в воздуховоде бывают малые скорости (< 2 м/с), то дифференциальный манометр для их измерения не подходит. В этом случае используются крыльчатые анемометры или термоанемометры. Ограничения по использованию приборов приведены выше. Когда воздуховод расположен достаточно высоко, можно использовать зонды с телескопической рукояткой или удлинители зондов, в случае с пневмометрической трубкой – выбирать ее соответствующей длины.

Хотим обратить внимание, что в процессе замера чувствительный элемент прибора должен быть направлен строго навстречу потоку, иначе погрешность заметно увеличится.

Анемометры с крыльчаткой $D=16-25$ мм и термоанемометры можно применять в чистых воздушных потоках для измерения низких (< 2 м/с) и более высоких скоростей, а анемометры с крыльчаткой также и в запыленных потоках. При высоких температурах ($> 80^{\circ}\text{C}$) используются высокотемпературные крыльчатки.

Измерения проводятся в тех же точках, что и в случае с вентиляционной решеткой. Примерное расположение точек замеров показано на рис. 2.

При использовании анемометров в зависимости от того, есть ли у прибора функция расчета объемного расхода и функция усреднения по времени и количеству замеров, искомые значения средней скорости и объемного расхода либо рассчитывает прибор, либо вычисляются самостоятельно по указанным выше формулам.

Дифференциальные манометры с пневмометрической трубкой используются при высоких температурах ($> 80^{\circ}\text{C}$) и/или скоростях более 2 м/с. Приборы можно условно разделить на две группы: одни измеряют только перепад давлений (динамический напор), другие еще имеют функцию усреднения и рассчитывают скорость потока и объемный расход. Обращаем внимание, что у пневмометрических трубок, также как и у воронок, есть коэффициенты, которые также предварительно необходимо ввести в прибор. Кроме того, в прибор также надо вводить площадь сечения воздуховода и температуру потока. Можно использовать дифманометры с автоматическим каналом ввода температуры и пневмометрические трубки со встроенной термопарой для упрощения вычислений. Не советуем использовать пневмометрическую трубку Пито в запыленных потоках, в этом случае лучше проводить измерения с трубкой НИИОГАЗ.

Измерения проводятся в тех же точках, что и в случае с вентиляционной решеткой. Примерное расположение точек замеров показано на рис. 2.

Для дифманометров из первой группы, которые не имеют функции расчета скорости потока и объемного расхода (например, ДМЦ-010), упрощенные формулы для расчета искомых значений приведены ниже. Точные формулы с расчетом плотности среды в общем случае см. в ГОСТ 17.2.4.06-90.

Динамический напор, измеряемый прибором:

$$Pd = Pt - Ps \text{ [Па или мм вод.ст.]},$$

где P_t – полное давление, P_s – статическое давление.

Скорость потока в точке замера:

$$v_i = 0,07523 \times \sqrt{Pd_i \times (T_p + 273) \times K_T} \text{ [м/с]}$$

для Pd_i в [Па] и

$$v_i = 0,2356 \times \sqrt{Pd_i \times (T_p + 273) \times K_T} \text{ [м/с]}$$

для Pd_i в [мм вод.ст.],

где Pd_i – динамический напор в точке замера, T_p [°C] – температура среды, K_T – коэффициент пневмометрической трубки.

Среднее значение скорости потока:

$$v_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n} \text{ [м/с]},$$

где v_i [м/с] – величина скорости одного измерения, n – кол-во измерений.

Объемный расход:

$$Q = v_{cp} \times F \times 3600 \text{ [м}^3\text{/ч]},$$

где v_{cp} [м/с] – средняя скорость потока, F [м²] – площадь поперечного сечения на измеряемом участке.

Блок-схема выбора прибора.



Популярные приборы.

Наша фирма НПО «ЭКО-ИНТЕХ» профессионально занимается приборами для измерения параметров воздушного потока: производство, продажа, поверка, ремонт. Мы готовы проконсультировать и помочь в выборе прибора. Но из множества приборов, представленных на рынке, хотелось бы выделить наиболее популярные по итогам продаж. По мнению наших многочисленных клиентов, именно эти приборы имеют хорошие показатели по отношению «цена / качество».

1. Термоанемометр KIMO VT 50.
2. Крыльчатый анемометр KIMO LV 50.
3. Дифференциальный цифровой манометр с обработкой данных ДМЦ-01М.
4. Пневмометрические трубки НИИОГАЗ и Пито.
5. Комбинированные приборы KIMO AMI 300 и Testo 435.

Литература.

1. ГОСТ 17.2.4.06-90 «Методы определения скорости и расхода газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения».
2. ГОСТ 8.361-79 «Расход жидкости и газа. Методика выполнения измерений по скорости в одной точке сечения трубы».
3. ГОСТ 12.3.018-79 «Системы вентиляционные. Методы аэродинамических испытаний».