

# Датчики расхода газа компании Honeywell

**А. Маргелов**

**Статья знакомит с семейством уникальных газовых расходомеров компании Honeywell, не имеющих подвижных частей и предназначенных для измерения массового расхода воздуха и различных газов в бытовой, медицинской и промышленной аппаратуре. Коротко описан принцип действия, характеристики реальных приборов и особенности их применения.**

## УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

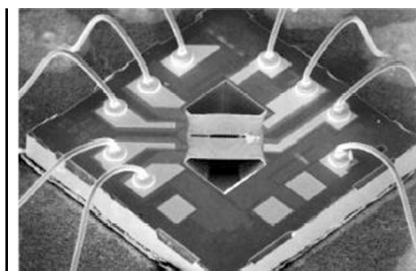
На практике в большинстве случаев непосредственное измерение больших и средних величин массового расхода воздуха с относительно невысокой точностью производится механическими способами (расходомеры с крыльчаткой). Им присущи малая долговременная стабильность параметров, невозможность измерять очень малые потоки и относительно большие размеры устройств измерителей. Гораздо лучшие результаты дают методы косвенного измерения расхода, основанные на перерасчете сигналов с прецизионных датчиков температуры или абсолютного (дифференциального) давления, определенным образом включенных в газовую магистраль.

Именно косвенный метод измерения массового расхода газа заложен в основу всех датчиков Honeywell. Совершенное владение технологией разработки и производства МЭМС устройств позволило компании создать уникальный микромостовой измерительный элемент, обеспечивающий расходомеры Honeywell быстрым временем отклика, высокой чувствительностью, повторяемостью и очень низким гистерезисом (рис. 1). Чип включает нагревательный элемент и два расположенных по его обе сторо-

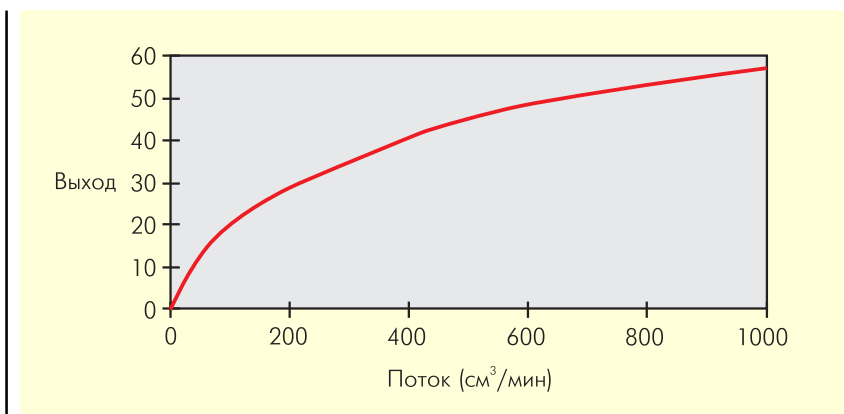
ны термочувствительных датчика. Эти компоненты выполнены из тонких платиновых пленок, осажденных между двумя слоями нитрида кремния. Путем анизотропного травления нитрида кремния с нижней стороны формируются два моста. Каждый мост включает один температурный сенсор и половину нагревателя. Причем каждый мост может быть определен как для входного, так и для выходного потока газа. Принцип действия этой системы основан на механизме передачи потоком газа относительного количества теплоты над поверхностью измерителя с дальнейшей регистрацией разности температур термодатчиков моста на входе и выходе. Необходимое направление и распределение потока газа над поверхностью измерителя обеспечивает строго определенная внутренняя геометрия измерительной камеры датчика. В процессе работы нагревательный элемент достигает температуры на 160 °С выше, чем окружающая температура. При нулевом потоке газа над поверхностью измерителя выходное напряжение моста равно нулю. В момент же действия потока газа термодатчик, расположенный первым по ходу потока, охлаждается, а тер-

модатчик, что находится на противоположной стороне, нагревается. В результате происходит разбалансировка и на выходе появляется напряжение, величина и знак которого пропорциональны объему и направлению газа, проходящего в единицу времени через измерительную камеру датчика. Типовая характеристика преобразования датчика с милливольтовым выходом и диапазоном измерения 1 л/мин приведена на рис. 2.

Благодаря малым размерам чувствительного элемента, экстремально низкой термической массе и высокому температурному градиентам расходомерам Honeywell свойственны очень малое время отклика (около 1 мс), высокая повторяемость и низкий гистерезис. Поскольку датчики являются соразмерными с пропорциональной методикой измерения, максимальная точность достигается вблизи нулевых потоков. Ввиду очень низкой энергии потребления датчики Honeywell совершенно безопасны устройства. Все эти преимущества плюс компактный дизайн сделали эти приборы пригодными для множества различных применений. В настоящее время расходомеры Honeywell успешно используются как в бытовой, так и медицинской



**Рисунок 1** Структура чувствительного элемента датчиков расхода газа Honeywell



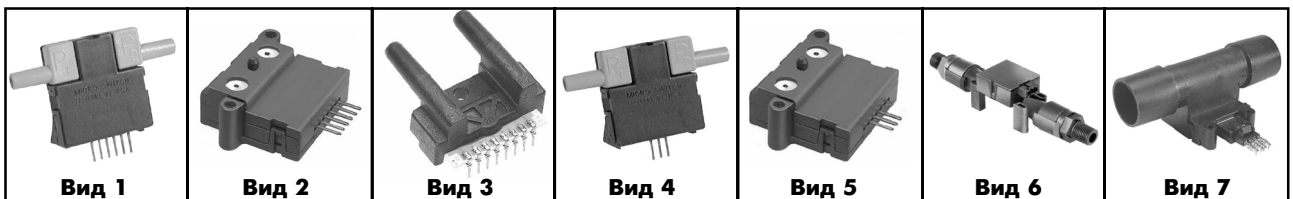
**Рисунок 2** Типовая характеристика преобразования датчика с диапазоном 1 л/мин

Таблица 1. Сравнительные характеристики некоторых датчиков расхода газа Honeywell с милливольтвым выходным сигналом

Наименование	Диапазон измерения, см <sup>3</sup> /мин	Калибровочный газ	Выходной сигнал	U <sub>пит</sub> , В	P <sub>потр макс</sub> , мВт	Темп. дрейф смещения, мВ	Повторяемость и гистерезис, %	Максимальное время отклика, с	T <sub>раб</sub> , °C	Внешний вид
AWM2100V	±200	воздух	30,0 мВ при 100 см <sup>3</sup> /мин	8,0...15,0	50,0	±0,20	±0,35	3,0	-20...+85	вид 1
AWM2150V	±30	воздух	11,8 при 100 см <sup>3</sup> /мин	8,0...15,0	50,0	±0,20	±0,35	3,0	-20...+85	вид 1
AWM2200V	±10 мбар	воздух	20,0 при 5 мбар	8,0...15,0	50,0	±0,20	±0,35	3,0	-20...+85	вид 1
AWM2300V	±1000	воздух	50,0 при 650 см <sup>3</sup> /мин	8,0...15,0	50,0	±0,20	±1,00	3,0	-20...+85	вид 1
AWM42150VH	±25	азот	8,50 при 25 см <sup>3</sup> /мин	8,0...15,0	60,0	±0,20	±0,35	3,0	-40...+125	вид 2
AWM42300V	±1000	азот	54,7 при 1000 см <sup>3</sup> /мин	8,0...15,0	60,0	±0,20	±0,50	3,0	-40...+125	вид 2
AWM92100V	±200	воздух	77,0 при 200 см <sup>3</sup> /мин	8,0...15,0	50,0	±2,00	±0,35	3,0	-20...+85	вид 3
AWM92200V	±5 мбар	воздух	38,0 при 5 мбар	8,0...15,0	50,0	±2,00	±0,35	3,0	-20...+85	вид 3

Таблица 2. Сравнительные характеристики некоторых датчиков расхода газа Honeywell с нормализованным выходным сигналом

Наименование	Диапазон измерения, см <sup>3</sup> /мин	Калибровочный газ	Выходной сигнал	U <sub>пит</sub> , В	P <sub>потр макс</sub> , мВт	Темп. дрейф смещения, мВ	Повторяемость и гистерезис, %	Максимальное время отклика, с	T <sub>раб</sub> , °C	Внешний вид
AWM3100V	+200	воздух	5,0 В при 200 см <sup>3</sup> /мин	8,0...15,0	60,0	±25,0	±0,50	3,0	-20...+85	вид 4
AWM3150V	+30	воздух	3,4 В при 25 см <sup>3</sup> /мин	8,0...15,0	60,0	±100,0	±1,00	3,0	-20...+85	вид 4
AWM3200V	+5 мбар	воздух	5,0 В при 5 мбар	8,0...15,0	60,0	±25,0	±0,50	3,0	-20...+85	вид 4
AWM3300V	+1000	воздух	5,0 В при 1000 см <sup>3</sup> /мин	8,0...15,0	60,0	±25,0	±1,00	3,0	-20...+85	вид 4
AWM3200CR	+5 мбар	азот	20,0 мА при 5 мбар	10,0	50,0	±2,0 мА	±0,50	60,0	-20...+85	вид 4
AWM3201CR	+1,25 мбар	азот	20,0 мА при 1,25 мбар	10,0	50,0	±2,0 мА	±0,50	60,0	-20...+85	вид 4
AWM3303V	+1000	азот	5,0 В при 1000 см <sup>3</sup> /мин	8,0...15,0	100,0	±0,05	±1,00	3,0	-20...+85	вид 4
AWM43300V	+1000	азот	5,0 В при 1000 см <sup>3</sup> /мин	8,0...15,0	60,0	±25,0	±0,50	3,0	-40...+125	вид 5
AWM43600V	+6000	азот	5,0 В при 6000 см <sup>3</sup> /мин	8,0...15,0	75,0	±25,0	±1,00	3,0	-40...+125	вид 5
AWM5101VA	+5000	аргон	5,0 В при 5000 см <sup>3</sup> /мин	8,0...15,0	100,0	±50,0	±0,50	60,0	-20...+70	вид 6
AWM5101VC	+5000	СО <sub>2</sub>	5,0 В при 5000 см <sup>3</sup> /мин	8,0...15,0	100,0	±50,0	±0,50	60,0	-20...+70	вид 6
AWM5101VN	+5000	азот	5,0 В при 5000 см <sup>3</sup> /мин	8,0...15,0	100,0	±50,0	±0,50	60,0	-20...+70	вид 6
AWM5102VA	+10000	аргон	5,0 В при 10000 см <sup>3</sup> /мин	8,0...15,0	100,0	±50,0	±0,50	60,0	-20...+70	вид 6
AWM5102VC	+10000	СО <sub>2</sub>	5,0 В при 10000 см <sup>3</sup> /мин	8,0...15,0	100,0	±50,0	±0,50	60,0	-20...+70	вид 6
AWM5102VN	+10000	азот	5,0 В при 10000 см <sup>3</sup> /мин	8,0...15,0	100,0	±50,0	±0,50	60,0	-20...+70	вид 6
AWM5103VA	+15000	аргон	5,0 В при 15000 см <sup>3</sup> /мин	8,0...15,0	100,0	±50,0	±0,50	60,0	-20...+70	вид 6
AWM5103VC	+15000	СО <sub>2</sub>	5,0 В при 15000 см <sup>3</sup> /мин	8,0...15,0	100,0	±50,0	±0,50	60,0	-20...+70	вид 6
AWM5103VN	+15000	азот	5,0 В при 15000 см <sup>3</sup> /мин	8,0...15,0	100,0	±50,0	±0,50	60,0	-20...+70	вид 6
AWM5104VA	+20000	аргон	5,0 В при 20000 см <sup>3</sup> /мин	8,0...15,0	100,0	±50,0	±0,50	60,0	-20...+70	вид 6
AWM5104VC	+20000	СО <sub>2</sub>	5,0 В при 20000 см <sup>3</sup> /мин	8,0...15,0	100,0	±50,0	±0,50	60,0	-20...+70	вид 6
AWM5104VN	+20000	азот	5,0 В при 20000 см <sup>3</sup> /мин	8,0...15,0	100,0	±50,0	±0,50	60,0	-20...+70	вид 6
AWM720P1	+200000	воздух	5,0 В при 200000 см <sup>3</sup> /мин	8,0...15,0	60,0	±25,0	±0,50	60,0	-20...+85	вид 7



и промышленной аппаратуре. Основные области их применения это:

- системы вентиляции и кондиционирования;
- системы климат-контроля;
- системы распределения кислорода в больницах;
- аппараты искусственной вентиляции легких;

- газовые хроматографы;
- системы контроля утечки газов.

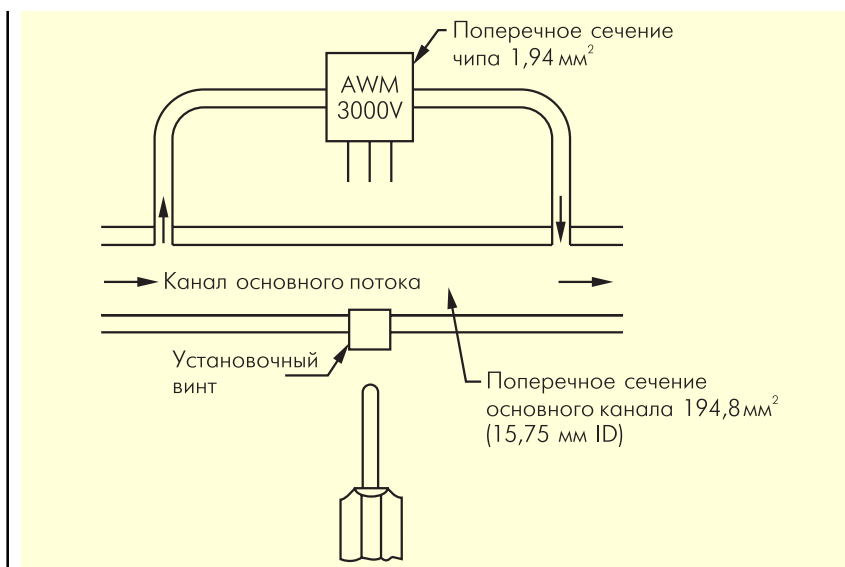
### ТИПЫ ДАТЧИКОВ, ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОСОБЕННОСТИ

По степени интеграции все датчики расхода газа Honeywell можно ус-

ловно разбить на две группы. Это датчики с милливольтвым выходом и датчики с нормализованным выходным сигналом. Первая группа характеризуется, с одной стороны, невысокой стоимостью, а с другой — требует внешние схемы управления нагревателем, питания микромоста и инструментального усилителя сигнала. Здесь следует отметить, что в технической документации на такие

Таблица 3. Химическая совместимость с различными газами

Газ	AWM2000	AWM3000	AWM40000	AWM5000
Воздух	+	+	+	+
Азот	+	+	+	+
Кислород	+	+	+	+
Аргон	+	+	+	+
Гелий	+ при $U_{пит}=15B$	+ при $U_{пит}=15B$	+ при $U_{пит}=15B$	+ при $U_{пит}=15B$
Водород	+ для AWM2100VH, AWM2300VH, AWM42150VH	+ для AWM2100VH, AWM2300VH, AWM42150VH	+ для AWM2100VH, AWM2300VH, AWM42150VH	+ для AWM2100VH, AWM2300VH, AWM42150VH
Природный газ	+	+	+	+
Закись азота	+	+	+	+
Наркотические газы	-	-	Только AWM43600V	+
Углекислый газ	+	+	+	+
Окись азота	+ только сухой газ	+ только сухой газ	+ только сухой газ	+ только сухой газ
Оксид серы	+ только сухой газ	+ только сухой газ	+ только сухой газ	+ только сухой газ
Водяной пар	+ только не конденсат	+ только не конденсат	+ только не конденсат	+ только не конденсат
Аммиак газообразный	+ только сухой газ с концентрацией <1%	+ только сухой газ с концентрацией <1%	+ только сухой газ с концентрацией <1%	+ только сухой газ с концентрацией <1%
Хлор газообразный	+ с концентрацией < 0,1%	+ с концентрацией < 0,1%	+ с концентрацией < 0,1%	+ с концентрацией < 0,1%
Сероводород	+ с концентрацией < 0,1%	+ с концентрацией < 0,1%	+ с концентрацией < 0,1%	+ с концентрацией < 0,1%



**Рисунок 3** Измерение больших расходов газа при помощи включения датчика в обводной канал

приборы всегда приведены простые варианты практической реализации этих схем (рис. 3). В таблице 1 приведены основные технические характеристики датчиков, требующих внешнюю обвязку. Ко второй группе следует отнести полностью интегрированные приборы с нормализованным выходным сигналом. Эти датчики имеют все необходимые встроенные схемы управления и обработки сигнала. Их основные характеристики приведены в таблице 2.

Как видно из таблиц, верхний предел измерения датчиков Honeywell составляет 200 л/мин. Однако множество приложений требуют измерения значительно больших объемов расхода газа. Для этого можно воспользоваться са-

мым распространенным на практике методом расширения диапазона измерения — это включение датчика в так называемый байпас, то есть обводной канал (рис. 3). В этом случае только часть от общего потока газа проходит через датчик. Величина этого потока определяется байпас-коэффициентом. Однако нужно отметить, что чем меньше этот коэффициент, тем более стабильный и предсказуемый будет выходной сигнал датчика. На сайте компании Honeywell имеется подробная методика проектирования и расчета подобных систем.

При эксплуатации датчиков очень важно учитывать химическую совместимость материалов, из которых изготов-

лены датчики, с газами, расход которых измеряется. Датчики расхода газа Honeywell имеют ограниченное количество контактирующих с внешней средой материалов, среди которых кремний, нитрид кремния, золото, оксид алюминия, эпоксидный уплотнитель, фтор углерод, полиэфир, полиэфирамид и нержавеющая сталь. Использование в конструкции датчика этих относительно химически не активных компонентов позволяет приборам уверенно работать с множеством различных газовых сред при относительной влажности до 95 % (табл. 3).

Вместе с этим необходимо отметить, что использование датчика в запыленных средах может привести к засорению чувствительного элемента частицами пыли и грязи. Это, в свою очередь, может привести к полной деградации характеристик прибора. Поэтому настоятельно рекомендуется применение 5-микронного фильтра на входе.

Более подробную информацию о датчиках компании Honeywell можно найти по адресу <http://content.honeywell.com/sensing/products> или запросить у официального дистрибьютора компании КОМПЭЛ ([www.compel.ru](http://www.compel.ru)), [sensors@compel.ru](mailto:sensors@compel.ru).

**Москва:**  
Тел.: (495) 995-0901  
Факс: (495) 995-0902  
E-mail: [msk@compel.ru](mailto:msk@compel.ru)

**Санкт-Петербург:**  
Тел.: (812) 327-9404  
Факс: (812) 327-9403  
E-mail: [spb@compel.ru](mailto:spb@compel.ru)