

# Тепловые МЭМС-датчики расхода Omron.

## Обзор технологии, продуктов и применений

Цель статьи — ознакомить читателей с широкой линейкой и высоким уровнем характеристик МЭМС-датчиков массового расхода, скорости потока и дифференциального давления от компании Omron. Данная группа датчиков расхода Omron основана на одной и той же высокочувствительной термоанемометрической технологии, реализованной на одном кристалле в виде комбинации МЭМС-структуры и тонких пленок. МЭМС-кристаллы датчиков Omron дополняются интеллектуальными ASIC с запатентованной схемой температурной компенсации и инновационными технологиями управления потоками, включая внешнюю систему сегрегации пыли, что обеспечивает высокий уровень характеристик и обширный набор технических преимуществ. Актуальность данной группы МЭМС-продуктов обусловлена современными потребностями в точном контроле параметров потоков воздуха и других некоррозионных сред в различных областях — в первую очередь в ОВК (системы отопления, вентиляции и кондиционирования) и медицине.

Светлана СЫСОЕВА

### Введение

Omron [1] — широко известная японская компания, лидирующая в области разработки инновационных технологий для автоматизации, в том числе технологий МЭМС для различных применений в датчиках и актюаторах.

Наличие IP-портфолио в несколько тысяч патентов, набор инновационных технологий и процессов, производственные возможности — все это логически обусловило выбор

данной компании в качестве поставщика для широкого круга клиентов по всему миру. Omron — инновационная компания, реализующая идеи клиентов и способствующая росту их бизнеса.

Компания Omron — пионер в сфере инновационных сенсорных технологий, в том числе технологий микрообработки для производства МЭМС, которые сейчас находят широкое применение в промышленности, медицине, автоэлектронике, смартфонах и смарт-домах. Опыт Omron в данной об-

ласти включает продажу МЭМС-датчиков по всему миру и сотрудничество с крупными партнерами, среди которых широко известная компания STMicroelectronics.

МЭМС-датчики Omron характеризуются высоким уровнем воплощения технологии и достигнутым уровнем измерительных характеристик, надежностью, точностью, качеством в сочетании с малым размером, низким потреблением мощности и невысокой ценой.

Omron располагает собственными фаундри, которые производят огромное число МЭМС-кристаллов, доступных в виде закорпусированных датчиков или модулей для различных клиентских применений.

Линейка МЭМС-датчиков включает три основные группы сенсорных решений для оптимального расхода, сбережения используемых ресурсов и автоматизации [1]. Линейка МЭМС-датчиков Omron объединяет:

- МЭМС-датчики расхода и других параметров потока серии D6F;
- тепловые МЭМС — ИК-термопили (массивы ИК-термопар) серии D6T;
- МЭМС-датчики давления.

Многие МЭМС-датчики Omron демонстрируют лучшие в классе характеристики и находят широкое применение в различных отраслях промышленности, медицины и потребительском секторе. Линейка устройств предусматривает версии с аналоговым или цифровым выходом, особыми технологиями и опциями для взаимодействия со средой,



Рис. 1. Спектр МЭМС-датчиков массового расхода, скорости потока или дифференциального давления воздуха и других газов серии D6F Omron

включая стандартные и жесткие условия эксплуатации.

Серия D6F (рис. 1) — наиболее обширная группа МЭМС-датчиков, объединяющая почти три десятка моделей для контроля массового расхода, скорости потока или дифференциального давления воздуха и других газов посредством одного и того же теплового метода измерений.

Спектр применений данной группы датчиков включает системы ОВК, промышленную автоматизацию и медицину, а назначение состоит в точном контроле основных параметров и обеспечении непрерывного замкнутого цикла работы основных функциональных узлов, блоков или агрегатов для управления потоками воздуха. В частности, эти приборы используются для регулирования положения клапанов ОВК, управления двигателем вентилятора, обнаружения засоренных фильтров, для контроля респираторов, аппаратов СИПАП, мониторов апноэ и т. д.

МЭМС-датчики серии D6F Omron сочетают тепловую технологию МЭМС и тонких пленок с особыми опциями и методами для контроля различных сред и управления потоками. Это позволило компании полностью покрыть диапазон измерений от мл/мин до более полусотни л/мин, оптимально адаптировать технологию для конкретных применений МЭМС-датчиков в различных условиях и достичь высокого уровня измерительных характеристик для каждого почти из тридцати устройств, составляющих данную линейку МЭМС-датчиков Omron [1].

### МЭМС-датчики расхода серии D6F. Общие технические аспекты и преимущества

Группа датчиков серии D6F использует один и тот же сенсорный кристалл (рис. 2), основанный на технологии МЭМС и характеризующийся весьма малыми размерами (1,55×1,55×0,4 мм) в сочетании с высокой чувствительностью и разрешающей способностью (могут быть измерены 1 см/с или менее), быстрым временем срабатывания (время отклика <5 мс) и типично низким энергопотреблением [1–3].

Измерительный принцип основан на измерении температурной разницы между двумя термопилами (массивами последовательно включенных термопар), которая пропорциональна массовому расходу воздуха через сенсорный кристалл (рис. 2б). Дифференцирующие признаки технологии Omron складываются из особенностей воплощения МЭМС-технологии и уровня достигнутых характеристик.

МЭМС-кристалл D6F включает два термопила — размещенных «вверх по течению» (Upstream thermopile) и «вниз по течению» (Downstream Thermopile) нагретого воздуха параллельно плоскости кристалла [2]. Воздух нагревается нагревателем, размещенным над

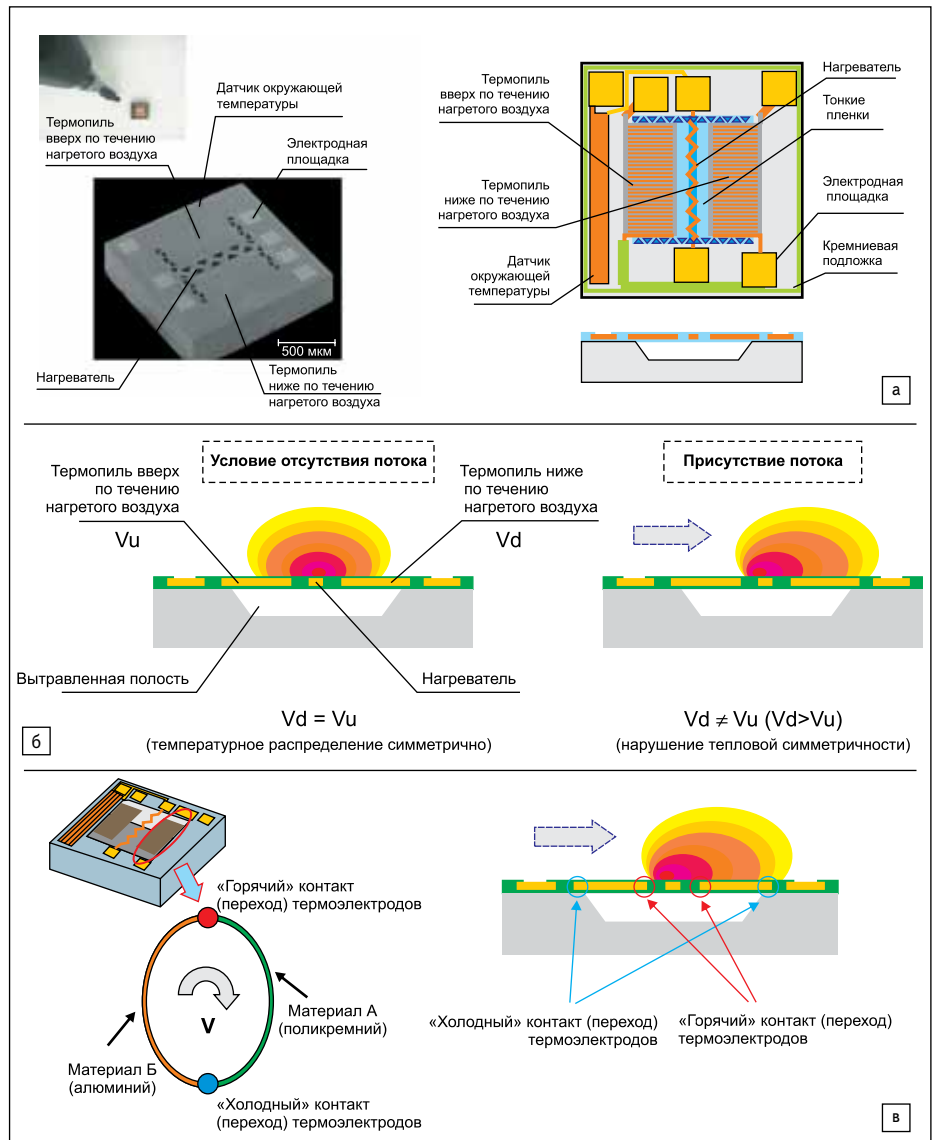


Рис. 2. Сенсорный МЭМС-кристалл D6F:

а) устройство; б) измерительный принцип; в) детализация принципа измерений на уровне термопар (эффект Зеебека)

вытравленной полостью вдоль одной центральной оси кристалла параллельно термопилам таким образом, что начальное температурное распределение нагретого воздуха симметрично относительно центральной оси кристалла.

Оба термопила дают на выходе одинаковые по величине ЭДС и напряжения.

Термопила — это набор последовательно включенных термопар, функционирование которых основано на эффекте Зеебека (рис. 2в).

Термопары состоят из двух проводников (обычно металлов), которые генерируют выходное напряжение в присутствии температурного градиента.

В МЭМС-датчиках расхода Omron одним из материалов термопары является алюминий, а вторым — поликремний. Эти материалы соединены таким образом, что они способны регистрировать температурный градиент в направлении (например, можно

обозначить его  $X$ ), перпендикулярном центральной оси кристалла (оси  $Y$ ), вдоль которой помещен нагреватель.

Технология Omron формирует тонкопленочный слой сенсорных элементов на поверхности МЭМС-кристалла и обеспечивает высокую тепловую чувствительность и механические свойства.

Температура на горячих контактах (переходах) термопар зависит от скорости расхода воздуха, а на холодных переходах температура остается такой же, как и окружающая, вследствие высокой проводимости кремния. Если контакты проводящих элементов (термоэлектродов) термопары находятся при разных температурах, то в цепи термопары возникает ЭДС (термо-ЭДС), величина которой однозначно определяется температурой «горячего» и «холодного» контактов и природой материалов термоэлектродов. В сочетании с электроизмерительным прибором это дает термоэлектрический термометр на кристалле.

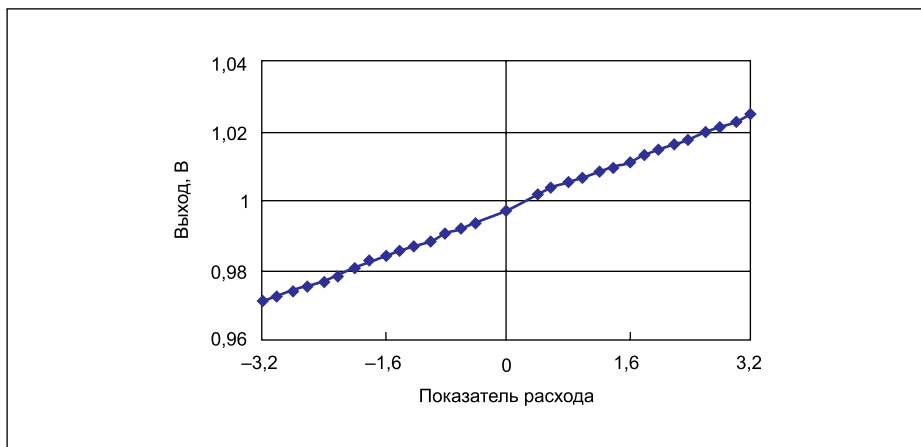


Рис. 3. Типичный выходной сигнал датчика D6F-01A в малом диапазоне стандартных см<sup>3</sup>/мин

В датчиках Omron анализируется разница сигналов напряжения на выходах двух термопилей. Выходной сигнал напряжения датчика расхода Omron вычисляется в виде:

$$V_{out} = V_{off} + (V_d - V_u) \times Gain,$$

где  $V_{off}$  — некоторое начальное смещение сигнала;  $V_d$ ,  $V_u$  — сигналы напряжения на выходах термопилей;  $Gain$  — усиление.

При нулевом расходе термопили вырабатывают одинаковые термо-ЭДС и дают нулевое выходное напряжение.

Воздействие внешнего потока воздуха в чувствительном направлении (оси Y) вызывает физическое смещение шарика воздуха в сторону одного из термопилей, нарушение первоначальной симметричности температурного распределения и неравенство выходных сигналов термопилей — ЭДС, снимаемых в виде ненулевого аналогового напряжения.

Величина данного неравенства позволяет оценивать массовый расход или скорость расхода воздуха.

Ключевое техническое преимущество датчиков D6F — высокое разрешение.

Типичный выходной сигнал датчика D6F-01A в малом диапазоне см<sup>3</sup>/мин (sccm<sup>1</sup>) показан на рис. 3 [2]. D6F-01A имеет разрешающую способность измерений массового расхода воздуха в 0,2 sccm (что составляет 0,0002 SLM<sup>2</sup>). Это составляет 0,02% измерительного диапазона в 1 SLM.

Преимущество высокого разрешения — характеристика всех без исключения датчиков данной линейки, которая лежит в основе достижения высокой измерительной точности. Ряд других преимуществ включает повторяемость, способность обеспечивать стабильные характеристики в широком диапазоне температур и рабочих условий, низкое падение давления [2]. Эти и другие признаки

характеризуют вполне конкретные модели датчиков, объединенные в серию D6F.

### Продуктовая линейка Omron

МЭМС-датчики Omron охватывают весь диапазон показателей расхода в различных применениях.

Линейка датчиков расхода серии D6F Omron насчитывает почти тридцать моделей, разработанных с расчетом на вполне

определенные диапазоны измерений, типы газов и применения (рис. 1, табл. 1 [6–8]). Распределение датчиков расхода серии D6F в зависимости от скорости расхода и типа газа показано на рис. 4.

### Примеры основных продуктов — датчики массового расхода воздуха

Примеры включают датчики D6F-01A1-110 и D6F-02A1-110, которые рассчитаны на стандартные диапазоны в 1 л/мин и 2 л/мин соответственно [1–2, 6–8].

Измерения массового расхода посредством этих МЭМС-датчиков характеризуются высокой точностью и повторяемостью, способностью обеспечивать стабильные параметры в широком диапазоне температур.

Стандартным типом газов для обоих названных выше датчиков является воздух.

Датчики серии D6F-xxx2 способны проводить измерения нестабильных и импульсных потоков, а также измерения воспламеняющихся газов благодаря своему металлическому корпусу. Группа датчиков для измерений расхода газов LPG<sup>3</sup>/LNG<sup>4</sup> объединяет устройства D6F-01N2-000 (для LNG (13A), D6F-05N2-000 (для LNG (13A), D6F-02L2-000 (для LPG). Измерительные диапазоны расшифровываются из названий серий и составляют 1, 5 и 2 л/мин соответственно.

Таблица 1. Линейка МЭМС-датчиков расхода серии D6F Omron

Артикул	Применимый газ	Диапазон расхода	Напряжение питания	Выход сигнала напряжения	Монтаж	
Двухосевой датчик измерения скорости расхода						
D6F-D	Воздух	±1 м/с 0°–360°	DC 4,5–5,5 В	RS-485	—	
МЭМС-датчики дифференциального давления						
D6F-PH0025AD1	Воздух	0–250 Па	DC 2,3–3,6 В	Цифровой выход I <sup>2</sup> C	Соединитель типа «бамбук»	
D6F-PH0505AD3		±50 Па				
D6F-PH5050AD3		±500 Па				
Датчики массового расхода — компактный и высокоточный						
D6F-01A1-110	Воздух	0–1 л/мин	DC 10,8–26,4 В	Аналоговый выход 1–5 В DC (нелинейный выход)	Соединитель типа «бамбук»	
D6F-02A1-110		0–2 л/мин				
Датчики для LNG (13A) газа						
D6F-01N2-000	LNG	0–1 л/мин	DC 10,8–26,4 В	Аналоговый выход 1–5 В DC (нелинейный выход)	Rc1/4 резьба	
D6F-05N2-000		0–5 л/мин				
D6F-02N2-000		0–2 л/мин				
Датчики массового расхода						
D6F-03A3-000	Воздух	0–3 л/мин	DC 10,8–26,4 В	Аналоговый выход 1–5 В DC (нелинейный выход)	M5×3,1 резьба	
D6F-10A5-000		0–10 л/мин			φ5	
D6F-20A5-000		0–20 л/мин				
D6F-50A5-000		0–50 л/мин				
D6F-05N6-000	LNG	0–5 л/мин	DC 10,8–26,4 В	—	Rc1/4 резьба	
D6F-10A6-000	Воздух	0–10 л/мин			Аналоговый выход 1–5 В DC (нелинейный выход)	Rc1/4 резьба
D6F-20A6-000		0–20 л/мин				
D6F-50A6-000		0–50 л/мин				
D6F-10A61-000	Воздух	0–10 л/мин	DC 10,8–26,4 В	Аналоговый выход 1–5 В DC (нелинейный выход)	NPT1/8 резьба	
D6F-20A61-000		0–20 л/мин				
D6F-50A61-000		0–50 л/мин				
D6F-50A62-000		0–50 л/мин				
Датчики для измерений массового расхода						
D6F-P0001A1 для монтажа на печатной плате	Воздух	0–0,1 л/мин	DC 4,75–5,25 В	Аналоговый выход 0,5–2,5 В DC (нелинейный выход)	Соединитель типа «бамбук»	
D6F-P0010A1 для монтажа на печатной плате		0–1 л/мин				
D6F-P0010A2 для установки с использованием соединителя						
Датчики скорости потока						
D6F-W01A1	Воздух	0–1 м/с	DC 10,8–26,4 В	Аналоговый выход 1–5 В DC (нелинейный выход)	—	
D6F-W04A1		0–4 м/с				
D6F-W10A1		0–10 м/с				
D6F-W03A1	Воздух	0–3 м/с	DC 3,15–3,45 В	Аналоговый выход 0,5–2 В DC (нелинейный выход)	—	

1 sccm: Standard cc per minute (стандартный куб. см/мин).

2 SLM: Standard liter per minute, стандартный л/мин, 1 SLM = 1000 sccm).

3 LPG: Liquefied Propane Gas.

4 LNG: Liquefied Natural Gas.

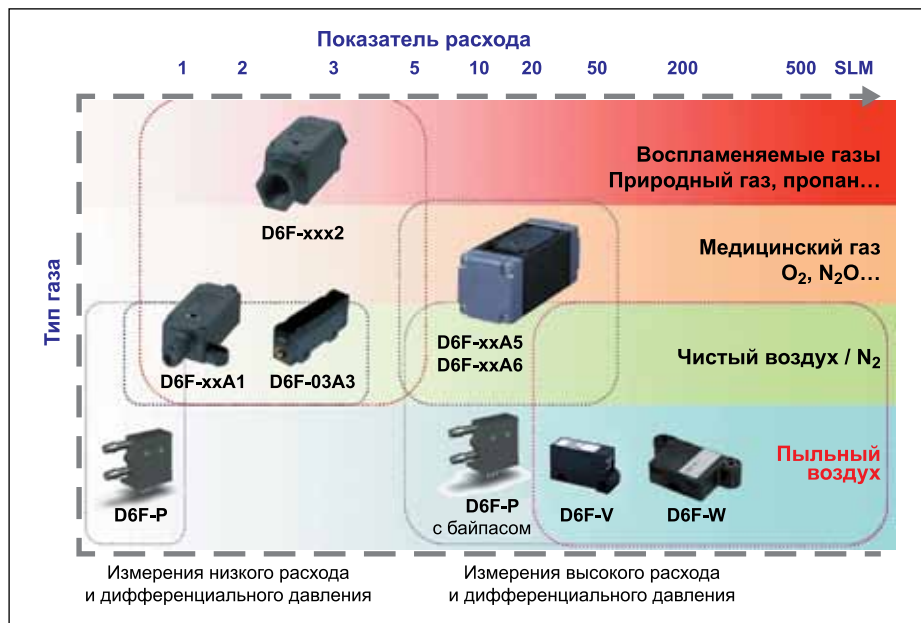


Рис. 4. Распределение датчиков расхода серии D6F в зависимости от скорости расхода и типа газа

Датчик D6F-03A3 — это тонкое легкое устройство шириной лишь 8 мм, предназначенное для контроля расхода воздуха в диапазоне до 3 SLM, с высокоскоростным срабатыванием до 5 м/с.

Датчики серий D6F-xxA5/D6F-xxA6/D6F-xxA61, а также D6F-50-A62 составляют группу датчиков высокого расхода воздуха в 10, 20 и 50 SLM. К данной группе относится и устройство D6F-05N6-000, разработанное для LNG типа газа, но оно рассчитано на контроль диапазонов расхода в 5 SLM. Датчики снабжены резьбовым механическим интерфейсом с впускным патрубком-коллектором.

В заключение рассмотрим линейку продуктов, которую составляют так называемые датчики скорости потока (velocity flow sensors) с уникальными признаками [1–2, 6–8]. В данную группу входят:

- датчики серии D6F-W с уникальной и оригинальной системой сегрегации пыли, имеющие диапазоны расходуемого воздуха до 1 л/мин (D6F-W01A1), 4 л/мин (D6F-W04A1) и 10 л/мин (D6F-W10A1),

измеряемые с высокой точностью и разрешением;

- датчики серии D6F-V — недорогое упрощенное решение для измерения скорости потока воздуха в диапазоне до 3 м/с для потребительского рынка с системой сегрегации пыли в малом корпусе.

К ним примыкают датчики серии D6F-P с двунаправленной системой сегрегации пыли, разработанные для применений контроля расхода в диапазонах 0,1 и 1 л/мин в системах СИПАП/CPAP (Continuous Positive Airway Pressure) и ОВК/HVAC, а также для замещения дифференциальных датчиков давления.

#### Система сегрегации пыли DSS (Dust Segregation System)

Сенсорная структура датчиков D6F-W и D6F-V снабжена специальной системой сегрегации пыли (рис. 5).

Специально разработанный корпус датчика основан на принципе работы центрифуги и принудительно удаляет частицы пыли из окружающего воздуха.

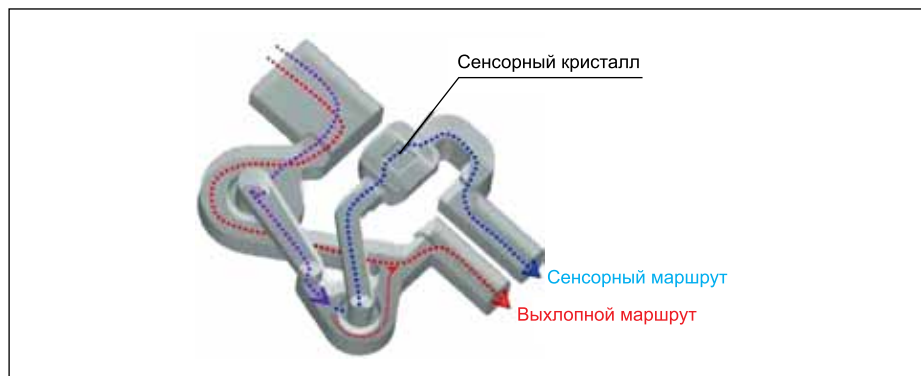


Рис. 5. Система сегрегации пыли датчиков D6F-W и D6F-V

В итоге большинство частиц не передается над сенсорным кристаллом и разряжается через выхлопной маршрут.

В результате численного анализа вероятность входа частиц диаметром  $< 2$  мкм в сенсорную область была снижена по сравнению с обычной структурой в 200 раз.

Датчик D6F-P имеет двунаправленную систему сегрегации пыли (рис. 6а), основанную на том же принципе работы центрифуги.

Разница между датчиками дифференциального давления и расхода проиллюстрирована на рис. 6б. Дифференциальные датчики давления имеют меньшую чувствительность и дают выходные характеристики приемлемого уровня только в условиях сравнительно высокого расхода. Низкая чувствительность, слабый сигнал и малое разрешение вблизи нулевых отметок в результате могут не обеспечивать высоконадежные измерения низкого расхода. В условиях и высокого, и низкого расхода датчики массового расхода серии D6P показывают высокую чувствительность, высокий уровень сигнала, высокое разрешение и повторяемость датчиков.

В корпусах датчиков D6F-P реализованы варианты монтажа на плате и с соединителем.

#### Новые продукты

Сравнительно недавно (в период 2011–2013 гг.) в состав линейки стандартных продуктов Omron вошло семейство датчиков дифференциального давления D6F-PH и двухосевой МЭМС-датчик расхода D6F-D (все остальные продукты — одноосевые) [1, 6].

#### MEMS-датчики дифференциального давления D6F-PH

D6F-PH — это относительно новая серия компактных, высокоточных устройств (табл. 2), разработанных на основе предшествующей серии D6F-P и характеризующихся повышенной устойчивостью к окружающей среде.

МЭМС-датчик дифференциального давления D6F-PH — следующее предложение от Omron с кристаллом датчика теплового потока на основе тех же передовых технологий МЭМС.

Данное устройство использует тот же МЭМС-кристалл Omron для оценки массового расхода и ту же внешнюю структуру, что и датчик D6F-P0010A1.

Но есть и отличия: внутренний путь течения — перепрофилирован с тем, чтобы создать датчик низкого расхода (70 мл/мин) с высоким импедансом.

Как датчики дифференциального давления измеряют расход?

В проточном канале внутри датчика создается сужение, что вызывает в жидкости или газе общий перепад давления, который и измеряется. Поскольку этот перепад давления относится к плотности и скорости измеряемого потока жидкости или газа, сравнение

**Таблица 2.** Датчики дифференциального давления на основе тепловой технологии МЭМС и тонких пленок серии D6F-PH

Модель	Применимый флюид*	Измерительный диапазон
D6F-PH0025AD1	Воздух	0–250 Па (0–1 in. H <sub>2</sub> O)
D6F-PH0505AD3		–50... +50 Па (±0,2 in. H <sub>2</sub> O)
D6F-PH5050AD3		–500... +500 Па (±2 in. H <sub>2</sub> O)

**Примечание.** \* — Датчики калибруются для других газов.

разницы давлений выше и ниже по течению от сужения позволяет производить измерения расхода для датчиков давления.

D6F-PH — тепловой датчик, который, как и предшественник D6F-P, способен измерять характеристики потока с превосходной чувствительностью и воспроизводимостью в средах низкого давления и в более широком диапазоне давлений, чем датчики дифференциального давления емкостного и пьезоэлектрического типа. Встроенная ASIC осуществляет цифровую коррекцию линейности и температурную коррекцию, что делает D6F-PH устройством более точным и менее подверженным влиянию температуры, чем обычные датчики с аналоговым выходом.

Ключевые признаки:

- высокая точность в  $\pm 3\%$  от полного диапазона;
- линеаризованные и температурно компенсированные датчики;
- цифровой выход I<sup>2</sup>C;
- высокое сопротивление потока позволяет уменьшить влияние байпас-конфигураций.

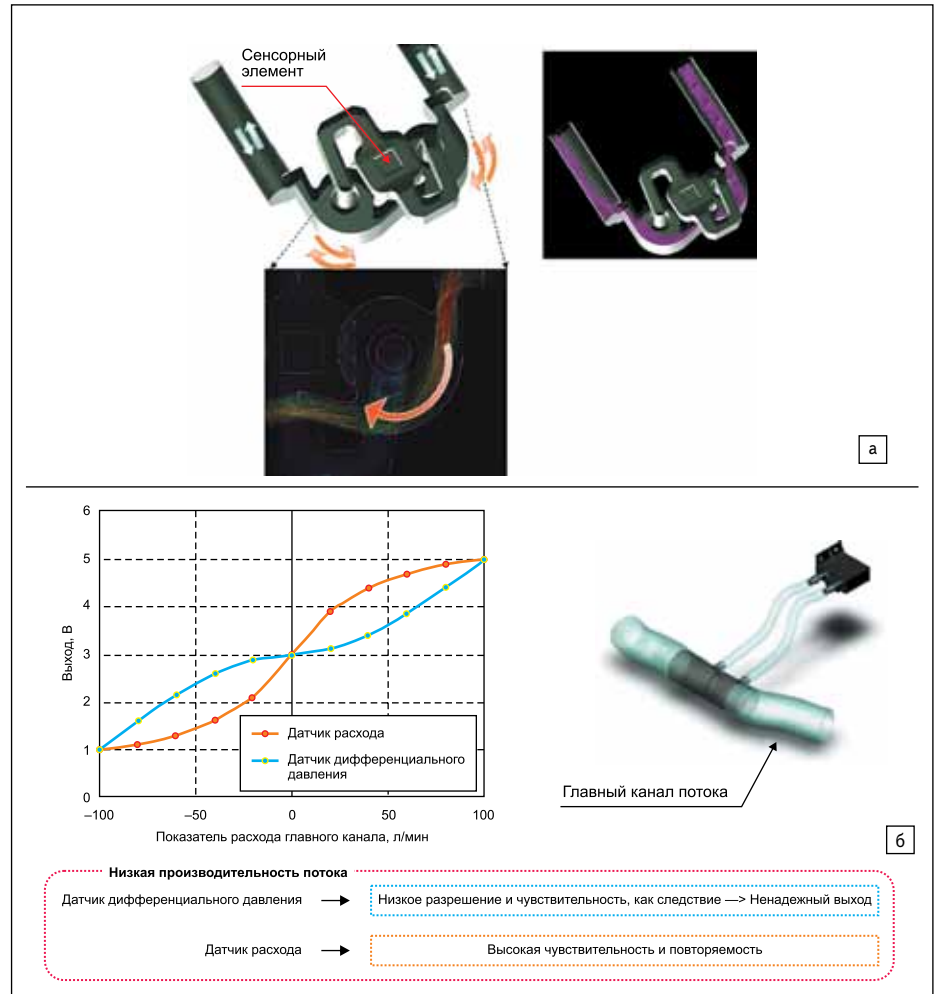
За счет увеличения сопротивления потока (аэродинамического, гидродинамического или гидравлического сопротивления) датчика инженеры Omron уменьшили влияние длины и диаметра труб, что привело к более стабильным измерениям.

При использовании байпас-конструкции (конструкции обходного типа или сходной с дифференциальными датчиками давления) данный продукт показал нечувствительность к вариациям длины обходной трубки.

Продукт предназначен для HVAC-рынка — для управления клапаном HVAC, однако область его применений этим не ограничена.

Специалисты Omron считают, что D6F-PH позволит оптимизировать бизнес- и бытовые системы вентиляции и кондиционирования с тем, чтобы осуществлять контроль за эффективным использованием энергии, а также повысить точность контроля расхода газов и мониторинга цифрового медицинского оборудования, в том числе наркозных аппаратов и респираторов.

Уменьшенный размер датчика повышает гибкость его установки в различных системах. Размеры датчика были уменьшены до 26×22×18 мм благодаря новой конструкции проточного канала, что позволило в полной мере использовать новейшие тех-



**Рис. 6.** Датчики серии D6F-P с двунаправленной системой сегрегации пыли — приборы для измерений массового расхода и дифференциального давления: а) двунаправленная система сегрегации пыли датчиков D6F-P; б) сравнение выходных характеристик датчиков дифференциального давления и расхода

нологии анализа потока. Сокращение посадочного места при монтаже устройства на плате будет способствовать дальнейшему уменьшению размеров системы.

Датчики дифференциального давления D6F-PH Omron выполняют также детектирование чувствительного элемента — «открытой схемы», «короткого замыкания» и «напряжения питания», что обеспечивает значительное повышение надежности.

### Примеры применения МЭМС-датчиков расхода и дифференциального давления серии D6F Omron

#### Применения в системах ОВК/HVAC

Типичные примеры использования МЭМС-датчиков расхода Omron в системах ОВК/HVAC (рис. 7а) включают:

- обнаружение забитых фильтров;
- каналные радиаторы;
- применение для охлаждения и вентиляции;
- мониторинг объема потока;
- контроль расхода.

Точные скорости потока поддерживаются благодаря обеспечению замкнутого цикла контроля положения клапана или двигателя вентилятора.

Для применения в системах ОВК/HVAC и охлаждения рекомендованы датчики D6F-W, D6F-V. Эти приборы способны точно определять объем или скорость воздуха, который течет в трубопровод или воздуховод, например, климатического оборудования. Датчики являются основным элементом при построении систем контроля за вентиляцией и кондиционированием воздуха в здании.

#### Применение для обнаружения засорения фильтров

Датчик обнаруживает спад давления, и при превышении некоторого порога посылается предупреждающий сигнал, что указывает на необходимость замены фильтра (рис. 7б).

Засорение фильтра может быть обнаружено и с помощью байпас-конфигурации. В данном случае дифференциальное давление вверх и вниз по течению от фильтра растет пропорционально величине загрязнений,

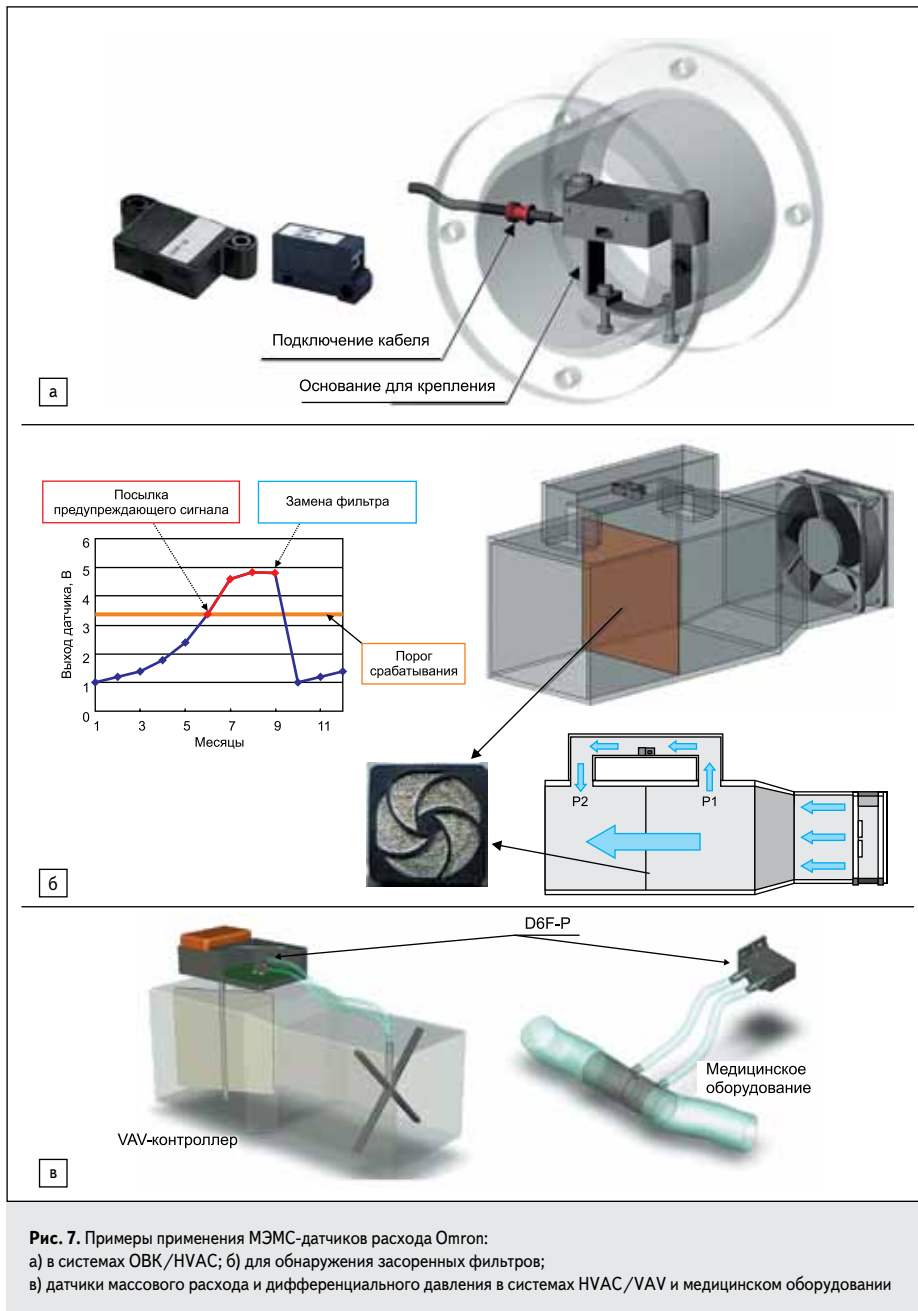


Рис. 7. Примеры применения МЭМС-датчиков расхода Omron: а) в системах ОВК/ HVAC; б) для обнаружения засоренных фильтров; в) датчики массового расхода и дифференциального давления в системах HVAC/VAV и медицинском оборудовании

Существует возможность каскадного соединения (daisy chain) датчиков и визуализации широкой области распределения расхода.

Примеры применения:

- воздушные кондиционеры;
- системы нагрева и кондиционирования;
- альтернатива для измерений тепловой дисперсии;
- очистители воздуха и другие.

## Заключение

Сегодня Omron предлагает широчайшую линейку МЭМС-датчиков расхода воздуха для различных применений, созданных на основе комбинированной термоанемометрической технологии МЭМС и тонких пленок, дополненной интеллектуальными ASIC и уникальным внешним дизайном для контроля потоков.

Линейка продуктов данной группы в основном составлена из широкого модельного ряда датчиков массового расхода в диапазоне от 1 л/мин до 50 л/мин и нескольких моделей интеллектуальных датчиков скорости потока с системой сегрегации пыли. По заказам клиентов возможны и другие, более расширенные диапазоны, а новое семейство датчиков D6F-P функционирует в диапазоне малого расхода 0–1 л/мин. С недавнего времени стали доступны и датчики дифференциального давления на основе серии D6F-P, и двухосевые датчики расхода серии D6F-D.

Все МЭМС-датчики расхода, скорости потока и дифференциального давления, принадлежащие к данной группе, гарантируют высокочувствительные, температурно-компенсированные, точные измерения для широкого набора применений и типов сред, что составляет их серьезные конкурентные преимущества в типичных и потенциальных областях применения — ОВК, промышленности и медицине.

## Литература

1. [www.omron.com](http://www.omron.com)
2. D6F Series MEMS Flow Sensors. Материалы презентаций для клиентов Omron.
3. [http://www.components.omron.com/components/web/PDFLIB.nsf/0/28C93D6A63119354862574F60079D2B8/\\$file/Omron+Flash11.4.08\\_2A.swf](http://www.components.omron.com/components/web/PDFLIB.nsf/0/28C93D6A63119354862574F60079D2B8/$file/Omron+Flash11.4.08_2A.swf)
4. [http://www.components.omron.com/components/web/PDFLIB.nsf/0/69C2BBEA938A23FE862574BA0068B12D/\\$file/Omron+OCB+Flow+Sensor+Video.wmv](http://www.components.omron.com/components/web/PDFLIB.nsf/0/69C2BBEA938A23FE862574BA0068B12D/$file/Omron+OCB+Flow+Sensor+Video.wmv)
5. [http://www.components.omron.com/components/web/webfiles.nsf\\$FILES/techgroup.html?ID=CNEN-6SUP6N](http://www.components.omron.com/components/web/webfiles.nsf$FILES/techgroup.html?ID=CNEN-6SUP6N)
6. <http://www.omron.com/ecb/products/search/?cat=5&did=1&prd=mems-flow&lang=en>
7. <http://components.omron.eu/Products/MEMS--Sensors/Mass--Flow--Sensors>
8. <http://components.omron.eu/Products/MEMS--Sensors/Velocit--Flow--Sensors>

и выходное напряжение датчика, размещенного в байпас-канале, повышается.

Для данного применения в обоих вариантах рекомендованы те же датчики D6F-W и D6F-V.

### Измерения расхода и дифференциального давления

Датчики D6F-P могут измерять расход и дифференциальное давление в байпас-схеме трубопровода, что используется как в системах HVAC/VAV (Variable Air Volume (VAV) — системы с переменным расходом воздуха) для обнаружения засорения фильтров, мониторинга расхода, так и в медицинском оборудовании для контроля вентиляторов/респираторов, в аппаратах СРАР/СИПАП (СИПАП — режим искусственной вентиляции легких постоянным положительным давлением, на-

звание происходит от англ. Constant Positive Airway Pressure, CPAP) и в апноэ-мониторах (рис. 7в).

### Новый продукт — двухосевой МЭМС-датчик расхода D6F-D. Общие сведения и применение

Датчик D6F-D объединяет два сенсорных элемента в одном корпусе для выполнения двухосевых измерений не только скорости (с точностью в 3% полного диапазона в диапазоне до 1 м/с по каждой оси), но и направления расхода в диапазоне 0–360° с точностью  $\pm 15^\circ$  [1, 6].

Датчик включает не только два сенсорных элемента, но и всю электронику формирования сигнала в соответствии с интерфейсом RS-485.