

Метрологические характеристики датчиков МИДА-ДА-15-Э в условиях вакуума

Ю.А.Васьков¹, Е.Г.Савченко¹, В.М.Стучебников¹, А.В. Тюрин²,
С.И. Саликеев³

¹ ООО МИДАУС, Ульяновск, Россия

² АО «Вакууммаш», Казань, Росси

³ ВТЭУ КНИТУ (КХТИ), Казань, Россия

E-mail: mida@mv.ru, seg@midaus.com

Аннотация. Приведены характеристики высокоточных цифровых (RS485/Modbus) датчиков абсолютного давления на основе структур «кремний на сапфире» для вакуумной техники.

С 2019 г. в Промышленной Группе МИДА выпускаются эталонные датчики абсолютного, избыточного давления, разрежения, давления-разрежения класса 0,05 %. Для применения в вакуумной технике разработан эталонный датчик абсолютного давления МИДА-ДА-15-Э с фланцевым присоединением KF25 (рис. 1,2).

В эталонных датчиках используются тензопреобразователи на основе гетероэпитаксиальных структур «кремний на сапфире», что обеспечивает высокую точность, стабильность и надежность приборов [1]. Эти датчики обеспечивают суммарную погрешность не более 0,05 % в диапазоне давлений от атмосферного до $1 \cdot 10^{-2}$ мм рт.ст. при температуре окружающей среды от +10 °С до +40 °С [2]. Коррекция нелинейности и температурной погрешности выполняется в электронном блоке датчика, при этом термочувствительным элементом является мостовая измерительная схема тензопреобразователя, что позволяет снять вопрос о равенстве температуры преобразователя и термочувствительного элемента. Настройка и последующее считывание результатов измерений осуществляется посредством интерфейсов RS-485. Для взаимодействия с датчиками используется протокол Modbus.



Рис. 1. Эталонный датчик абсолютного давления МИДА-ДА-15-Э с фланцем KF25

Следует отметить высокое быстродействие таких датчиков, достигаемое за счет применения производительного микроконтроллера и высокоскоростного АЦП. Так, минимальное время обновления результатов измерения для датчиков МИДА-15 равно 25 мс. Максимальное время ответа зависит от таких настроек, как количество точек усреднения, использование аппаратного фильтра, интервал проведения измерений.

Разрешающую способность датчика удалось улучшить до 0,3 Па по сравнению с разрешением около 2 Па у более ранних приборов при диапазоне датчика 40 (100) кПа [2].



Рис.2. Эталонный датчик абсолютного давления МИДА-ДА-15-Э с хомутом для присоединения к вакуумной системе

Датчики МИДА-15-Э внесены в реестр средств измерений РФ. В конце 2019 года произошло расширение аккредитации метрологической службы ООО МИДАУС, и теперь предприятие имеет право на самостоятельную первичную и периодическую поверку приборов давления класса 0,05 %.

В лаборатории Испытаний и Перспективных Исследований АО «Вакууммаш» и лаборатории Бесконтактные вакуумные насосы каф. ВТЭУ КНИТУ (КХТИ) было проведено сличение датчика МИДА-ДА-15-Э на давление 100 кПа с поверочной установкой ВОУ-2 по вакуумметру Мак-Леода, а также с датчиком INFICON CDG025D с метрологическими характеристиками, приведенными в таблице 1.

Таблица 1. Метрологические характеристики датчика INFICON CDG025D

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений давления, мм рт.ст.	от $7,5 \cdot 10^{-5}$ до 0,1
	от $7,5 \cdot 10^{-4}$ до 10
	от $7,5 \cdot 10^{-3}$ до 1000
Пределы допускаемой основной относительной погрешностью измерений давления, %.	± 10

Сличение проводилось в нормальных климатических условиях. В процессе измерений помимо погрешности оценивались такие показатели как: колебания показаний, влияние вибрации на показания датчиков, необходимость «обнуления» датчика перед началом измерения.

Результаты сличения показаний датчика МИДА-ДА-15-Э, установленного через гибкий подвес, с поверочной установкой ВОУ-2 приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результат сличения датчика МИДА и поверочной установки ВОУ-2

Давление в камере по эталону ВОУ-2	Показания датчика МИДА-ДА-15-Э	Относительная погрешность	Колебания показаний		
			min	max	%
мм рт.ст.	мм рт.ст.	%	мм рт.ст.		
1	2	3	4	5	6
2,17E-02	2,25E-02	3,7	0,02198	0,02296	4,46
2,20E-02	2,11E-02	-4,1	0,02080	0,02131	2,45
4,20E-02	4,19E-02	-0,4	0,04164	0,04212	1,15
4,32E-02	4,24E-02	-1,9	0,04194	0,04289	2,27
5,36E-02	5,11E-02	-4,8	0,05069	0,05142	1,44
5,34E-02	5,19E-02	-2,8	0,05170	0,05208	0,74
7,95E-02	7,90E-02	-0,6	0,07867	0,07936	0,88
7,98E-02	7,98E-02	0,0	0,07959	0,08001	0,53
9,36E-02	9,45E-02	0,9	0,09424	0,09466	0,45
9,35E-02	9,51E-02	1,6	0,09489	0,09523	0,36
9,33E-02	9,51E-02	1,9	0,09498	0,09517	0,20
2,06E-01	2,08E-01	1,0	0,20795	0,20841	0,22
4,76E-01	4,83E-01	1,4	0,48272	0,48307	0,07
7,90E-01	8,01E-01	1,4	0,80059	0,80107	0,06
1,19E+00	1,21E+00	1,2	1,20597	1,20645	0,04
2,78E+00	2,83E+00	1,9	2,83442	2,83518	0,03

На рис. 3 данные из таблицы представлены в графическом виде. Планки указывают величину колебаний показаний датчика.

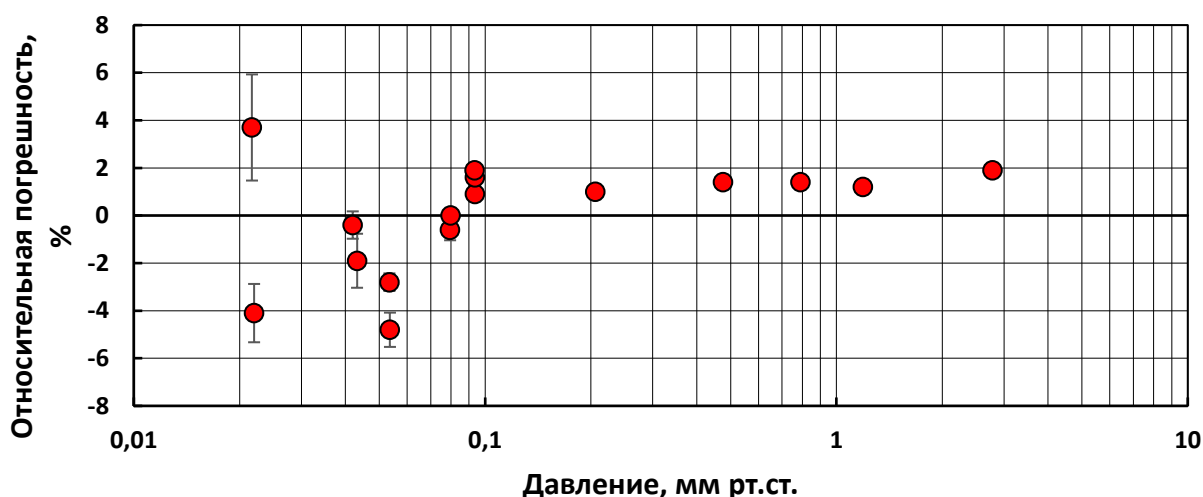


Рис.3. Относительная погрешность датчика давления МИДА-ДА-15-Э в диапазоне давлений от 0,02 до 3 мм рт.ст. при сличении с поверочной установкой ВОУ-2

Погрешность датчика МИДА при сличении показаний с датчиком INFICON CDG025D продемонстрирована на рис. 4.

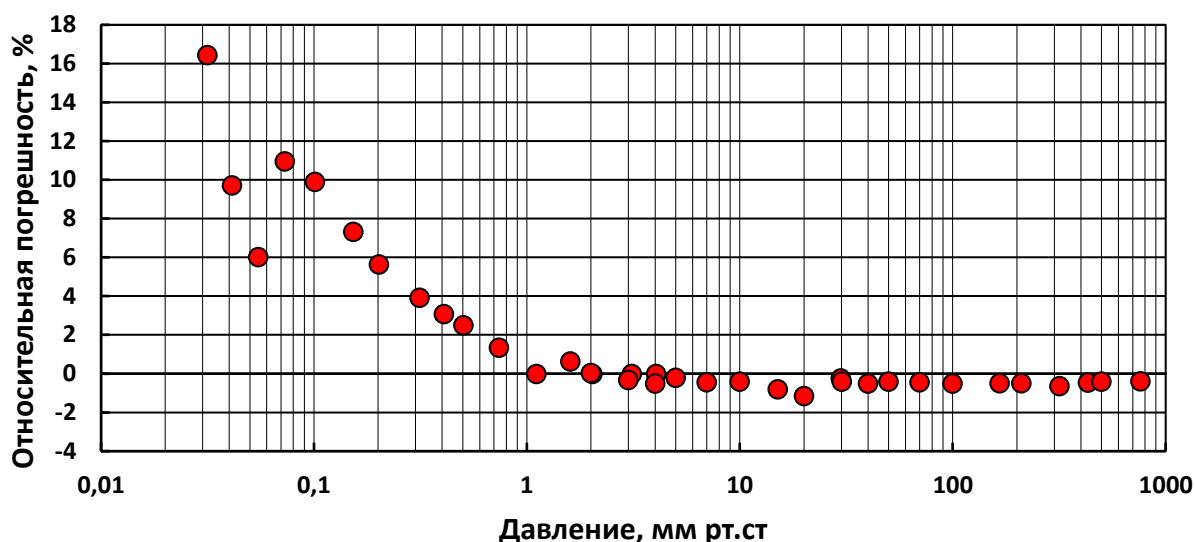


Рис.4. Относительная погрешность датчика давления МИДА-ДА-15-Э при сличении с датчиком INFICON

Добиться таких результатов, помимо оптимизации конструкции и технологических процессов при производстве тензопреобразователей для данных датчиков, помог переход на АЦП большей разрядности (24 bit вместо 16 bit).

Представленные выше результаты получены после «обнуления» датчика МИДА, которое возможно проводить как с помощью откачки до глубокого вакуума, так и путём корректировки показаний по атмосферному давлению. Оба варианта «обнуления» реализованы в ПО МИДА [3]. Результаты измерений датчика МИДА-ДА-15-Э (до и после «обнуления») по показаниям датчика INFICON CDG025D приведены в таблице 3.

Таблица 3. Показания датчика МИДА до и после «обнуления»

	Давление в камере по INFICON мм рт.ст.	Показания датчика МИДА-ДА-15-Э мм рт.ст.	Относительная погрешность %
до «обнуления»	2,32E-02	4,92E-02	112,36
после «обнуления»	3,16E-02	3,68E-02	16,45

Заключение

Датчики МИДА-ДА-15-Э обеспечивают приемлемую точность измерения в диапазоне давлений от атмосферного до $1 \cdot 10^{-1}$ мм рт.ст.; в случае, если на датчик не будет передаваться вибрация, возможно снизить диапазон измерений до $1 \cdot 10^{-2}$ мм рт.ст. Датчики МИДА-ДА-15-Э охватывают широкий диапазон давлений одним датчиком, в отличие от датчиков INFICON, где для этих целей использовалось три датчика. Наличие цифрового выходного сигнала также является ощутимым достоинством.

Из отрицательных моментов надо отметить зависимость точности показаний от вибрации (что свойственно любым измерителям давления мембранного типа). Также для получения приемлемой точности перед каждым измерением необходимо «обнулять» датчик.

Также стоит отметить, что на сегодняшний день датчики МИДА-ДА-15-Э успешно прошли предварительную проверку для контроля вакуума в термобарокамере и эксплуатируются у одного из заказчиков (ООО «СТиКС»).

Литература

- [1] Стучебников В.М. Структуры «Кремний на сапфире» как материал для тензопреобразователей механических величин // Радиотехника и электроника, 2005, т.50, №6, с.678-696.
- [2] Васьков Ю.А., Савченко Е.Г., Стучебников В.М. Высокоточные датчики абсолютного давления МИДА-ДА-15-Э на основе Структур «кремний на сапфире» // «Вакуумная техника и технология – 2019». Труды 26-й Всероссийской научно-технической конференции, СПб. 2019. С.48-50.
- [3] <http://www.midaus.com/dokumentatsiya/programmnoe-obespechenie-dlya-priborov-mida.html>