

*Г. В. Симонова<sup>1\*</sup>*

## **Анализ результатов поверки датчиков давления**

<sup>1</sup>Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,  
Российская Федерация  
\*e-mail: simgal@list.ru

**Аннотация.** На точность результатов измерений существенное влияние могут оказывать как внешние, так и внутренние факторы, которые реализуются в конкретных условиях проведения измерительного эксперимента. К внешним воздействиям принято относить изменение параметров окружающей среды, например, температуры воздуха и его влажности, атмосферного давления. Кроме этого на значения измеряемых параметров оказывают искажающие воздействия изменения напряжения сети питания, наличие агрессивных примесей и т. д. Таким образом, для повышения точности результатов измерений необходимо выявлять, устранять или учитывать искажающие воздействия любого рода. В частности, в данной работе проводится анализ влияния температуры, влажности воздуха и механических загрязнений на погрешность датчика давления. Проведены измерения и расчет значений погрешности при разных значениях температуры среды. Предложены методы, позволяющие устранить искажающие воздействия и восстановить пригодность датчика, но предложенные методы в большинстве случаев не входят в обязанности метрологических служб.

**Ключевые слова:** температурные искажения, погрешность измерения, датчик давления, калибратор, методика поверки

*G. V. Simonova<sup>1\*</sup>*

## **Analysis of Pressure Sensor Results Verification**

<sup>1</sup>Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation  
\* e-mail: simgal@list.ru

**Abstract.** The accuracy of measurement results can significantly influenced by both external and internal factors, which realized in the specific conditions of the measurement experiment. External influences usually include changes in environmental parameters, for example, air temperature and humidity, atmosphere pressure. In addition, the values of the measured parameters distorted by changes in the supply voltage, the presence of aggressive impurities, etc. Thus, to improve the accuracy of measurement results, it is necessary to identify, eliminate or take into account distorting influences of any kind. In particular, this work analyzes the influence of temperature, air humidity and mechanical contamination on the error of the pressure sensor. Measurements and calculations of error values carried out at different ambient temperatures. Methods have been proposed to eliminate distorting influences and restore the suitability of the sensor, but the proposed methods in most cases are not the responsibility of metrological services.

**Keywords:** temperature distortions, measurement error, pressure sensor, calibrator, verification method

## *Введение*

На особенности работы всех средств измерений и, как следствие, достоверность результатов измерений могут оказывать влияние различные внешние и внутренние воздействия (факторы). Температура окружающей среды, давление и влажность воздуха, изменение напряжения питающей сети, наличие различных полей и примесей в воздухе и др.

Воздействие указанных факторов приводит к изменению метрологических характеристики и ухудшению достоверности показаний прибора с течением времени, особенно при длительном их воздействии, а в некоторых случаях приводит к поломке прибора и невозможности его восстановления.

Особенность эксплуатации датчиков давления сопряжена с дополнительными рисками, обусловленными их практическим применением, поскольку может нарушать штатные режимы технологических процессов и даже приводить к взрывоопасным ситуациям [1].

На рабочем месте не всегда удается поддерживать нормальные температурные условия. Более того, эти условия могут быть нормальными для операторов процессов, но не для измерительных приборов.

Датчик давления предназначен для определения давления в жидкости или газа. Полученные результаты измерений отображаются на мониторе и регистрируются в виде аналогового или цифрового сигнала. Принцип работы используемого средства измерений зависит от типа измеряемого давления (абсолютное, избыточное или дифференциальное). Соответственно, чтобы к результатам измерения датчика было доверие, он должен быть поверен [2]. Наличие поверки подтверждает то, что полученные данные датчика соответствуют действительности в установленных пределах погрешности. Поверка датчика происходит в соответствии с МИ 4212-012–2001 [3].

На предприятиях в качестве эталона в рабочем процессе для проведения процедуры поверки и калибровки средств измерений давления используется калибратор давления Метран-517 [4]. Прибор сертифицирован и занесен в Государственный реестр средств измерений, как тип средств измерений. Условия проведения поверки представлены в табл. 1 [5].

*Таблица 1*

Условия проведения поверки

Температура помещения, °С	$20 \pm 3$
Относительная влажность в помещении, %	$60 \pm 20$

В Федеральном законе № 102-ФЗ от 26.06.2008 г. «Об обеспечении единства измерений» приводится следующее определение для этого технического устройства: эталон единицы величины – техническое средство, предназначенное для воспроизведения, хранения и передачи единицы величины [2].

Любой эталон предназначен для воспроизведения единиц физических величин с целью передачи их значения другим техническим устройствам, как эталонам, так и рабочим средствам измерений.

Таким образом, все технические устройства, от эталона до рабочих средств измерений подвержены температурным искажениям характеристик, что обусловлено как принципом их действия, так и конструктивными особенностями.

### *Методы и материалы*

В данной работе, для оценки влияния температуры на погрешность технических устройств использовался датчик давления – Метран-100-ДИ [6–8].

Принцип действия датчика основан на тензорезистивном эффекте в полупроводниковом чувствительном элементе. Изменение электрического сопротивления чувствительного полупроводникового упругого элемента преобразуется в электронном блоке датчика в стандартный аналоговый выходной сигнал, в нашем случае аналоговый сигнал постоянного тока в диапазоне от 4 до 20 мА. Измерительный сигнал формируется при изменении положения разделительной мембраны при внешнем воздействии на прибор [8]. Датчик давления Метран-100-ДИ устанавливается непосредственно на рабочих объектах (трубопроводах и другом оборудовании), находящихся под давлением, и, после преобразования измеряемого параметра в электрический сигнал, может передавать информацию на большие расстояния. Выбор данного прибора обусловлен его широким применением и особенностью эксплуатационных характеристик: высокой точностью преобразования, стойкостью к вибро- и гидроударам, долговременной стабильностью сигнала, но у него может смещаться начало отсчета при значительных градиентах температур и необходимость защиты от резких перепадов давления в результате хрупкости чувствительного элемента.

У преобразователя Метран-100-ДИ основные источники погрешности это: температура, вибрация и механическое воздействие на мембрану в рабочих зонах диапазона давления. Следует отметить, что точность результатов измерений давления зависит от правильно выбранного расстояния установки датчика, а также трубок, которые соединяют прибор и места измерения давления. Особый практический интерес представляют ситуации, которые не указаны в методике поверки, но могут возникать в реальных условиях. Такими ситуациями могут являться: попадание воды в плату датчика, отклонение температуры окружающей среды, изменение относительной влажности окружающего воздуха, засорение штуцера датчика.

Плохо, что сразу выявить причины неверных показаний датчика не представляется возможным, да и не входит в задачу поверки, хотя при устранении искажающих факторов прибор может оказаться пригодным для эксплуатации.

Признавать прибор непригодным для дальнейшей эксплуатации, если можно восстановить его характеристики, профессионально некорректно и экономически невыгодно, особенно в условиях достаточно высоких цен на высокоточные средства измерений и отсутствия поставок некоторых видов приборов.

Отклонение температуры является наиболее ощутимым для выходного сигнала датчиков преобразователей давления. В соответствии с ГОСТ 22520 [6] дополнительную погрешность нормируют на каждые 10 °С отклонения от нормальных условий (т. е. от 23 °С) [6]. Нормирование дополнительных погрешностей

представлено в табл. 1. Метод рекомендуется использовать в случае невозможности восстановить температуру в помещении с помощью вентиляции или кондиционера.

Основная погрешность  $\gamma_D$ , в % от нормирующего значения определяется в соответствии с методикой поверки [3] по соотношению (1):

$$\gamma_D = \frac{I - I_p}{I_m - I_0} \times 100 \quad (1)$$

где  $\gamma_D$  – основная погрешность в % нормирующего значения;

$I$  – значение выходного сигнала постоянного тока при номинальном (эталонном) значении величины, которая измеряется мА;

$I_p$  – значение выходного сигнала постоянного тока (регистрируемое);

$I_m$  и  $I_0$  – нижнее и верхнее предельные значения выходного сигнала датчика.

В данном случае, для датчиков с выходным сигналом от 4 до 20 мА,  $I_0 = 4$  мА, а  $I_m = 20$  мА.

### ***Результаты***

Отклонение температуры является наиболее ощутимым воздействующим фактором для выходного сигнала датчиков, работающих на тензорезистивном принципе, поэтому при проведении эксперимента необходимо контролировать температуру в лаборатории. Измерение температуры в рабочем помещении обязательно контролируется и может проводиться с разными устройствами, например, с помощью гигрометра психрометрического ВИТ-1 [9]. Гигрометры психрометрические ВИТ-1 предназначены для измерений температуры и определения относительной влажности окружающего воздуха в помещениях при помощи психрометрической таблицы. Приборы такого типа широко используются для измерений в различных условиях.

Расчеты основной погрешности датчика  $\gamma_D$ , в % от нормирующего значения определяют по формуле (1).

Полученный итог сравниваем с основной допустимой погрешностью датчика. Рассчитанная погрешность в каждой точке установленных значений давления должна оставаться в рамках допустимых значений для датчика, в данном случае 0,5 % [3]. В табл. 2 приведены результаты измерений и расчета для двух температурных режимов, 20 °С и 30 °С.

Результаты, представленные в табл. 2, показывают существенную разницу в полученных значениях погрешности [10]. При получении таких результатов, можно использовать внесение поправок, как было указано выше, но при имеющихся технических возможностях лучше вернуть температуру к установленным требованиям.

Аналогичную ситуацию можно наблюдать при изменении влажности, хотя влияние этого параметра значительно меньше, да и диапазон допустимых значе-

ний достаточно широкий, но лучше скорректировать значения влажности в середине интервала, что также можно сделать, например, с помощью увлажнителей воздуха.

Таблица 2

Результаты оценки погрешности для разных температур

№	Давление, МПа	$I$ , мА 20 °С	$I_p$ , мА 20 °С	$\gamma_d$ , % 20 °С	$I$ , мА 30 °С	$I_p$ , мА 30 °С	$\gamma_d$ , % 30 °С
1	0,0	4	4,0001	0,0006	4	4,3583	2,24
2	2,5	8	7,9960	0,0250	8	8,3560	2,23
3	5,0	12	11,9958	0,2630	12	12,3558	2,22
4	7,5	16	15,9972	0,0175	16	16,4472	2,79
5	10,0	20	19,9961	0,0244	20	20,5061	3,16

Уход значения погрешности может происходить в результате попадания влаги в плату датчика или засорения канала подачи давления, эти воздействующие факторы также легко устранить, например, сушкой воздухом или механической прочисткой канала, но для этого нужно разобрать датчик, а действия такого рода не входят в задачу поверителя.

### Заключение

В результате исследований были проанализированы различные воздействующие факторы, наличие которых может существенно влиять на погрешность результатов измерений, и проведены эксперименты по измерению и расчету значений погрешности в разных температурных режимах. Выявлено заметное влияние температурных режимов на погрешность прибора.

Показаны возможные способы устранения причин, вызвавших признание датчика непригодным к эксплуатации: использование приточной вентиляции применение кондиционера с увлажнителем воздуха, использование воздушной сушки.

Предложенные методы устранения влияния искажающих факторов на результат измерений достаточно универсальны и могут быть применены в любом случае, но в большинстве случаев диагностика повреждений, а уж тем более их устранение не входит в задачу метрологических служб.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 34027–2016. Система газоснабжения. Магистральная трубопроводная транспортировка газа. Механическая безопасность. Назначение срока безопасной эксплуатации линейной части магистрального газопровода : межгосударственный стандарт ; введен 31.03.2017. – М. : Изд-во стандартов, 2017. – 71 с.
2. Закон Об обеспечении единства измерений № 102. – [принят Государственной Думой 11 июня 2008 г; одобрен Советом Федерации 18 июня 2008 г.]. – Москва, 2008 – 22 с.

3. МИ 4212-012–2001. ГСИ. Датчики (измерительные преобразователи) давления типа «МЕТРАН». Методика поверки. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293769/4293769949.htm> (дата обращения: 16.04.2024).
4. 1595.000.00 РЭ. Калибратор давления портативный Метран–517 : Руководство по эксплуатации. . [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.orleks.ru/files/380/metran-517.pdf> (дата обращения: 16.04.2024).
5. 1595.200.00 РЭ. Модуль давления. Эталонный. Метран–518 : Руководство по эксплуатации. . [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.orleks.ru/files/380/metran-518.pdf> (дата обращения: 16.04.2024).
6. ГОСТ 22520–85. Датчики давления, разрежения и разности давлений с электрическими аналоговыми выходными сигналами ГСП. Общие технические условия : межгосударственный стандарт ; введен 01.07.1986. – М. : Издательство стандартов, 2003. – 13 с.
7. Официальный сайт промышленной группы Метран. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://www.metran.ru> (дата обращения: 16.11.2022).
8. СПГК.5070.000.00 РЭ. Инструкция по настройке Метран-100 : Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: [https://pribortrade.com.ua/PDF/metran-100\\_rukododstvo.pdf](https://pribortrade.com.ua/PDF/metran-100_rukododstvo.pdf) (дата обращения: 16.04.2024).
9. Гигрометры психрометрические ВИТ : Описание типа средства измерений ; утвержден приказом Росстандарта № 440 от 12.03.2018. – 3 с.
10. ГОСТ Р 8.736–2011. ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения : национальный стандарт Российской Федерации ; введен 01.01.2013. – М. : Стандартинформ, 2019. – 19 с.

© Г. В. Симонова, 2024