

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ДАТЧИКА ДАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А. Д. Шпилева

Научный руководитель – О. А. Леонов

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

***Аннотация.** Разработана методика оценки погрешности датчиков давления для условий проведения поверки в метрологической службе машиностроительного завода в условиях отсутствия требований к поверке к измерительным приборам.*

***Ключевые слова:** измерение; контроль; давление; датчики давления; погрешность.*

ESTIMATION OF THE PRESSURE SENSOR ERROR IN THE CONDITIONS OF A MACHINE-BUILDING ENTERPRISE

A. D. Shpileva

Scientific advisor – O. A. Leonov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

***Abstract.** A methodology has been developed for estimating the error of pressure sensors for the conditions of verification in the metrological service of a machine-building enterprise, when official verification of measuring instruments is not required.*

***Keywords:** measurement; control; pressure; pressure sensors; error.*

Введение. Современное производство требует новых подходов к точности и качеству механизмов [1]. На машиностроительных заводах начинают функционировать системы качества [2, 3] и ведется проверка качества оборудования [4, 5]. Особое место занимает метрологическое обеспечение измерений [6, 7], что позволяет соблюдать нормы и правила выбора и рационального использования контрольно-измерительных приборов [8-10]. Все эти мероприятия приводят к снижению брака у потребителя [11].

Давление является параметром контроля технологических режимов оборудования или обеспечения водой, воздухом, паром и другими техническими жидкостями для технологических процессов. Для измерения давления чаще всего используются тензометрические приборы.

Технические характеристики исследуемого датчика давления представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики датчика [12]

Параметры датчика	Единицы измерения	Значения параметров
Давление перегрузки	МПа	0,3
Максимальный верхний предел измерений	кПа	25
Минимальный верхний предел измерений	кПа	0,5
Полный диапазон измерений	кПа	0...25
Пределы допускаемой основной приведенной погрешности	%	±0,25
Потребляемая мощность датчиков	Вт	1,0
Дополнительная приведенная погрешность	%/10 °С	±0,08
Рабочий диапазон температур	°С	-40...+120
Масса	кг	3,6
Наработка на отказ	час	22000
Срок службы	лет	20

Если погрешность прибора превышает нормируемое значение, это означает, что прибор не обеспечивает требуемую точность измерений. В таком случае, использование этого прибора для измерений будет неэффективным или даже недопустимым, в зависимости от требований к точности в данной измерительной задаче.

При превышении погрешности могут возникнуть следующие проблемы:

- недостоверность результатов измерений: результаты измерений могут быть ошибочными из-за большой погрешности прибора.

- невозможность обнаружения малых изменений: прибор с большой погрешностью может не уловить малые изменения измеряемой величины, что делает его непригодным для некоторых задач, например, контроля качества продукции или научных исследований.

· нарушение норм и стандартов: использование прибора с превышением погрешности может привести к нарушению технических условий, стандартов, допусков и других нормативных требований.

В таких случаях следует использовать более точный прибор или провести калибровку и настройку текущего прибора для снижения его погрешности до допустимого уровня.

Применяемые методы и средства. Для проведения калибровки тензодатчика с пределом измерения 25 кПа, бывшего в эксплуатации на заводе, необходимо провести нижеприведенные мероприятия и оценить погрешность измерения.

Для калибровки необходимо применять образцовый грузопоршневой манометр МП-60 класса точности 0,05, где исследуемый датчик давления должен быть нагружен и разгружен 3 раза.

Определяем среднее значение результатов каждой образцовой нагрузки $A_{\text{ср}}^{\text{н}}$ и разгрузки $A_{\text{ср}}^{\text{р}}$ по формулам [7]:

$$A_{\text{ср}}^{\text{н}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (1)$$

$$A_{\text{ср}}^{\text{р}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (2)$$

где x_i – индивидуальное значение каждой нагрузки и разгрузки соответственно;

n – количество проведенных нагружений и разгрузений на каждой ступени отсчета.

Далее определяем центровое среднее из средних значений при нагружении и разгрузении:

$$A_{\text{ср}} = \frac{A_{\text{ср}}^{\text{н}} + A_{\text{ср}}^{\text{р}}}{2}. \quad (3)$$

Абсолютная погрешность рассчитывается как разность:

$$\Delta = A_{\text{ср}} - A_0, \quad (4)$$

где A_0 – образцовая нагрузка.

Приведенную погрешность находим по формуле:

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_N} \cdot 100 \%, \quad (5)$$

где X_N – диапазон измерения образца.

Абсолютную вариацию определяем по формуле:

$$\Delta = A_{\text{ср}}^{\text{н}} - A_{\text{ср}}^{\text{р}}. \quad (6)$$

Приведенную вариацию находим по формуле:

$$\gamma = \frac{\Delta}{\text{НПИ}} \cdot 100 \%, \quad (7)$$

где НПИ – наибольший предел измерения тензодатчика, кПа.

Результаты исследований и их анализ. В таблице 2 приведены результаты калибровки при трехкратном нагружении и разгрузке датчика давления.

Таблица 2 – Результаты тарировки датчика давления с пределом 25 кПа

Образцовая нагрузка A_0 , кПа	Показания прибора при								A_{cp} , кПа	Погрешность		Вариация	
	нагрузке				разгрузке					$\pm\Delta$, кПа	γ , %	$\pm\Delta$, кПа	γ , %
	n_1	n_2	n_3	A_{cp}^H	n_1	n_2	n_3	A_{cp}^P					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
5	5,08	5,01	5,13	5,07	5,14	5,06	5,17	5,12	5,10	0,10	0,49	-0,05	0,20
10	9,97	10,11	10,11	10,06	10,23	9,97	10,12	10,11	10,09	0,09	0,43	-0,04	0,17
15	15,11	14,95	15,2	15,09	15,17	15,01	15,11	15,10	15,09	0,09	0,46	-0,01	0,04
20	19,99	20,13	20,15	20,09	20,12	20,06	20,09	20,09	20,09	0,09	0,45	0,00	0,00
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Класс точности прибора для контроля давления соответствует заявленному в паспорте значению 0,5. Прибор годен к дальнейшей работе на предприятии.

В том случае, если абсолютная погрешность прибора будет более 0,125 кПа, то прибор будет признан негодным. С другой стороны, если требования к точности слишком завышены и для контроля данного параметра можно использовать приборы с погрешностью до 1 %, тогда величина абсолютной погрешности может составлять 0,25 кПа.

Вывод. В случае, когда не требуется проведение поверки оценку погрешности датчиков давления можно провести в условиях машиностроительного предприятия и установить годность применяемого средства контроля давления с помощью применения образцового манометра и путем трехкратного нагружения и разгрузки с последующим использованием математического аппарата для оценки погрешности измерений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Производство и ремонт отечественных машин для агропромышленного комплекса с позиции принципа 5М / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – № 8. – С. 701-704.

2. Леонов, О. А. Организация системы контроля затрат на качество на предприятиях технического сервиса АПК / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2009. – № 8-1(39). – С. 56-59.
3. Леонов, О. А. Построение функциональной модели процесса «Техническое обслуживание и ремонт сельскохозяйственной техники» с позиции требований международных стандартов на системы менеджмента качества / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ – 2009. – № 7(38). – С. 35-40.
4. Леонов, О. А. Техничко-экономический анализ состояния технологического оборудования на предприятиях технического сервиса в агропромышленном комплексе / О. А. Леонов, Н. И. Селезнева // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2012. – № 5(56). – С. 64-67.
5. Quality Control in the Machining of Cylinder Liners at Repair Enterprises / O. A. Leonov, N. Z. Shkaruba, Y. G. Vergazova [et al.] // Russian Engineering Research. – 2020. – Vol. 40, No. 9. – P. 726-731.
6. Леонов, О. А. Управление качеством метрологического обеспечения предприятий / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Сборник научных докладов ВИМ. – 2012. – Т. 2. – С. 412-420.
7. Леонов, О. А. Курсовое проектирование по метрологии, стандартизации и сертификации / О. А. Леонов. – М.: Изд-во ФГОУ ВПО МГАУ, 2002. – 168 с. – ISBN 5-86785-109-5.
8. Проектирование и анализ качества контрольных процессов на ремонтных предприятиях / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.]. – М. : ООО «ОнтоПринт», 2020. – 95 с. – ISBN 978-5-6042437-3-2.
9. Леонов, О. А. Алгоритм выбора средств измерений для контроля качества по технико-экономическим критериям / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2012. – № 2(53). – С. 89-91.
10. Леонов, О. А. Нормирование погрешности косвенных измерений при приёмо-сдаточных испытаниях двигателей / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Измерительная техника. – 2022. – № 8. – С. 23-27.
11. Оценка внешнего брака на предприятиях машиностроения / Г. И. Бондарева, Г. Н. Темасова, О. А. Леонов [и др.] // Вестник машиностроения. – 2021. – № 11. – С. 93-96. – DOI 10.36652/0042-4633-2021-11-93-96.
12. Датчик давления. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://emis-kip.ru/ru/>.

Об авторах:

Шпилева Арина Дмитриевна, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49).

Леонов Олег Альбертович, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»

(127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, профессор.

About the authors:

Arina D. Shpileva, master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Oleg A. Leonov, professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya st., 49), D.Sc. (Engineering), professor.