

10. Кайнова, В. Н. Статистические методы в управлении качеством : учебное пособие / В. Н. Кайнова, Е. В. Зими́на. – Москва : Лань, 2019. – 152 с. – ISBN 978-5-8114-3664-4.
11. Головинский, В. В. Статистические методы регулирования и контроля качества. Расчет оптимальных вариантов / В. В. Головинский. – Москва : Машиностроение, 1974. – 264 с.
12. Р 50–601–19–91. Рекомендации. Применение статистических методов регулирования технологических процессов. – Москва : ВНИИС Госстандарта России, 1997. – 54 с.
13. Барабанова, О. А. Семь инструментов контроля качеством / О. А. Барабанова, В. А. Васильев, П. В. Москалев. – Москва : Изд-во МАТИ РГТУ им. К. Э. Циолковского, 2003. – 48 с.
14. Ефимов, В. В. Статистические методы в управлении качеством продукции : учебное пособие / В. В. Ефимов, Т. В. Барг. – Москва : КноРус, 2006. – 234 с. – ISBN 5-85971-262-6.
15. Титова, Л. А. Применение современных статистических методов контроля качества / Л. А. Титова // Экономинфо. – 2009. – № 12. – С. 28–32.
16. Гузанов, Б. Н. Основные принципы и методы оценки уровня качества машиностроительной продукции / Б. Н. Гузанов, В. В. Бухаленков // Техническое регулирование в едином экономическом пространстве : сборник статей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Екатеринбург, 22 мая 2018 г. / Рос. гос. проф.-пед. ун-т. – Екатеринбург : РГППУ, 2018. – С. 27–39.

УДК 621.317:006.91

Д. Д. Журавлева¹, Т. Б. Соколова²

D. D. Zhuravleva, T. B. Sokolova

¹*ООО «СТК» МинералТрансСервис», Екатеринбург*

²*ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», Екатеринбург*

Mineraltransservice, Ekaterinburg

Russian State Vocational Pedagogical University, Ekaterinburg

zurgirl@mail.ru, sokolovtb@inbox.ru

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ ПОТЕНЦИОМЕТРА

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR CALIBRATING A POTENTIOMETER

***Аннотация.** В статье рассматривается номенклатура и метрологические характеристики потенциометра. Описание структуры и содержания методики его калибровки для одного из крупных предприятий Екатеринбурга.*

***Abstract.** The article discusses the nomenclature and metrological characteristics of the potentiometer. Description of the structure and content of the calibration method for one of the largest enterprises in Ekaterinburg.*

Ключевые слова: *потенциометр; калибровка; метрологические характеристики; погрешность; неопределенность измерения.*

Keywords: *potentiometer; calibration; metrological characteristics; measurements.*

Промышленные предприятия заинтересованы в развитии проведения калибровочных работ, которые являются способом метрологического обеспечения и обслуживания средств измерений, применяемых за рамками сфер государственного регулирования. Калибровка может осуществляться не только аккредитованными лабораториями, но и силами предприятия. Если метрологическая служба предприятия не аккредитована на право проведения калибровочных работ, то данная процедура будет проводиться только для средств измерений, имеющихся на предприятии. Калибровка на предприятии обеспечивает своевременный ремонт оборудования, что напрямую связано с экономической эффективностью при производстве продукции.

Калибровка средств измерений – совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений, которые применяются вне сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений. Средства измерения, не предназначенные для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, могут в добровольном порядке подвергаться калибровке [1].

Калибровка проводится в соответствии с утвержденной методикой. Для формирования методики калибровки средств измерений, её разработчикам необходимо изучить ГОСТ Р 8.879–2014 «Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению», который утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 ноября 2014 г. № 1701-ст [3]. Стандарт устанавливает требования к построению, изложению и содержанию методики средств измерений в соответствии с положениями ГОСТ ИСО/МЭК 17025.

Оформление методики осуществляется самостоятельным документом, в содержании которого обязательно должны быть разделы: титульный лист, наименование, номер, сведения о разработчике, область распространения, описание основных характеристик и особенностей средств измерений, метрологические характеристики, средства калибровки и вспомогательного оборудования, сведения окружающей среды, описание процедуры калибровки.

Наряду с отбором образцов, транспортированием, хранением и подготовки объектов, подлежащим испытаниям и калибровке, уместно проводить оценку неопределенностей измерений, а также рассчитывать погрешность.

Понятия неопределённости и погрешности являются одними из показателей точности измеренного значения величины. Содержание методики калибровки включает в себя расчеты по погрешности и неопределенности.

Рассмотрим опыт ООО «Уральский дизель-моторный завод» по проведению калибровочных работ при метрологическом обеспечении работы потенциометра. Метрологическая служба данного предприятия не аккредитована на право поверки в национальной системе аккредитации, на предприятии проводятся работы по калибровке собственных средств измерений. Калибровка средств измерений выполняется силами работников бюро метрологического обеспечения. На предприятии ООО «Уральский дизель-моторный завод» имеется многочисленный парк средств измерений, в который входят средства измерений геометрических, теплотехнических, температурных, энерготехнических величин. Представим парк средств измерений в виде диаграммы (рисунок 1).

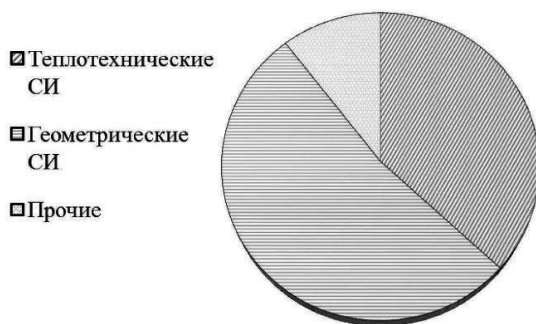


Рисунок 1 – Парк средств измерений

На диаграмме наглядно видно, что 60 % средств измерений на предприятии занимают геометрические приборы, 30 % приходится на теплотехническое оборудование, а остальные средства измерений (далее – СИ) занимают лишь 10 %.

Одним из рабочих средств измерений теплотехнических величин на предприятии является потенциометр. Его калибровка проводится на основе стандартизованной методики поверки потенциометров. В область применения стандарта на поверку потенциометра входит также поверка уравновешенных мостов, что для ООО «Уральский Дизель-моторный завод» не актуально. Используемая методика поверки, содержит избыточные пункты, кото-

рые являются необязательными для заказчика и дальнейшего использования средства измерения. Значит необходимо адаптировать методику к особенностям данного прибора.

Потенциометры автоматические следящего уравнивания государственной системы промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП) предназначены для измерения силы и напряжения постоянного тока, а также неэлектрических величин, преобразованных в электрические сигналы. Прибор является показывающим и регистрирующим, может иметь выходные устройства.

В основу работы прибора положен принцип следящего уравнивания, при котором входной сигнал сравнивается с компенсирующим напряжением измерительной схемы. Сигнал разбаланса усиливается и подается на реверсивный двигатель, выходной вал которого кинематически связан с указателем прибора, регистрирующим и выходными устройствами и с контактом реохорда измерительной схемы. Положение контакта определяет значение компенсирующего напряжения.

Метрологические характеристики средств измерений нормируются по ГОСТ 8.009–84 «Нормируемые метрологические характеристики средств измерений» [2]. Основные метрологические характеристики потенциометра:

1) пределы допускаемых значений основной приведенной погрешности в процентных соотношениях: $\pm 0,5$ – по показаниям; $\pm 1,0$ – по регистрации показаний; $\pm 1,5$ и $\pm 1,0$ – по преобразованию;

2) предел вариации показаний – 0,5. Быстродействие приборов должно входить в интервал от 5 до 16 секунд, скорость вращения диаграммного диска один оборот за 24 часа, диаграммный диск DR 250, питание силовой цепи напряжения ($220 \pm \frac{22}{33}$) В, частоты 50 Гц, потребляемая мощность 40 или 60 В-А, габаритные размеры 320 × 320 × 395 мм или 320 × 320 × 460 мм, масса 19 кг.

Преобразование температуры осуществляется с использованием термоэлектрического преобразователя типа ТХА (условное обозначение ХА68). Диапазон измеряемых температур определяется нижним и верхним пределом и соответствует: 0–800 °С; 0–900 °С; 0–1100 °С; 0–1300 °С; 200–600 °С; 200–1200 °С; 400–900 °С; 600–1100 °С; 700–1300 °С. Диапазон измерений напряжения постоянного тока: от - 10 до 0 и до + 10 мВ; от 0 до 20 мВ; от 0 до 50 мВ; от 0 до 100 мВ; от - 100 до 0 и до + 100 мВ. Для наглядности и удобства метрологические характеристики потенциометра можно свести в таблицу 1.

Таблица 1

Метрологические характеристики потенциометра

Метрологические характеристики	Значение величин
Рабочий диапазон измерений, °С	0–800; 0–900; 0–1110; 0–1300; 200–600; 200–1200; 400–900; 600–1100; 700–1300
Погрешность шкалы, %	± 0,5
Погрешность диаграммной ленты, %	± 1
Время прохождения указательной стрелки, с	от 5 до 16
Преобразование прибора, %	± 1,5; ± 1,0
Предел вариации показаний, %	0,5
Время одного оборота диаграммы, ч	24 (± 7 мин.)

Значения калибровки заносят в таблицу 2, которая входит в протокол калибровки средства измерения. По табличным данным производится расчет погрешности и оценивание стандартной неопределенности по типу А.

Таблица 2

Результаты калибровки

Шкала				Диаграммы			
Эталона	Показатели прибора			Показание эталона П.Х.	Погрешность П.Х.	Суммарная неопределенность	
	П.Х.	Погрешность П.Х.	Суммарная неопределенность				
°С	мВ						
0	0,96	0,96	0,00	0,035	0,89	0,07	2,033
100	3,14	3,15	-0,01				
200	7,18	7,18	0,00				
300	11,25	11,22	0,03				
400	15,44	15,45	-0,01		19,67	-4,23	
500	19,68	19,67	0,01				
600	23,94	23,93	0,01				
700	28,17	28,19	-0,02				
800	32,31	32,35	-0,04		32,28	0,03	

Абсолютная погрешность, погрешность, выраженная в единицах измеряемой величины. Она определяется выражением:

$$\Delta = x - x_0,$$

где x – результат измерения, мВ;

x_0 – истинное значение этой величины, мВ.

Расчет основной погрешности потенциометра типа КСПЗ, рассчитывается как для шкалы, так и для диаграммы. Расчеты производятся по следующим формулам и, первая из которых предназначена для расчета погрешности шкалы, а вторая для расчета погрешности диаграммы:

$$\Delta = \frac{(x_k - x_H)}{100} \cdot 0,5$$

$$\Delta = \frac{(x_k - x_H)}{100} \cdot 1.$$

Рассчитаем погрешность для шкалы:

$$\Delta_1 = \frac{(32,31 - 0,96)}{100} \cdot 0,5 = 0,16 \text{ мВ.}$$

Следующий расчет погрешности произведем по формуле для диаграммы:

$$\Delta_2 = \frac{(32,28 - 0,89)}{100} \cdot 1 = 0,31 \text{ мВ.}$$

Оценивание стандартной неопределенности типа А производится по формулам, описанным ниже.

Статистическая оценка среднего значения независимых измерений всего определяется как среднее арифметическое по формуле:

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{ni} q_k,$$

где q_k – результат одного измерения одного параметра, °С;

n – количество измерений одной величины.

Стандартизованную неопределенность типа А единичного измерения определяют, как среднеквадратическое отклонение одного измерения от результата измерения по формуле:

$$U_a(x_{iq}) = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{k=1}^n (x_{iq} - x_i)}$$

После проведения измерений, следует произвести расчет по данной формуле. Произведем расчет стандартной неопределенности по шкале. Для расчета необходимо найти среднее арифметическое значение прямого хода.

$$\bar{x} = \frac{(0,96 + 3,15 + 7,18 + 11,22 + 15,45 + 19,67 + 23,93 + 28,19 + 32,35)}{9} = 15,79 \text{ мВ.}$$

Производим расчет стандартной неопределенности.

$$\bar{U} = \sqrt{\frac{1}{8} \cdot (-14,83 - 12,64 - 8,61 - 4,57 - 0,34 + 3,88 + 8,14 + 12,4 + 16,56)} = \sqrt{\frac{-0,01}{8}} = \sqrt{0,00125} = 0,035 \text{ мВ.}$$

Произведем по той же формуле расчет стандартной неопределенности по диаграмме. Для этого необходимо также рассчитать среднее арифметическое значение диаграммы (берем значение по модулю):

$$\bar{x} = \frac{(0,07 - 4,23 + 0,03)}{3} = 1,38 \text{ мВ.}$$

Производим расчет стандартной неопределенности:

$$\bar{U} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot (-1,31 - 5,61 - 1,35)} = \sqrt{\frac{-8,27}{2}} = \sqrt{4,135} = 2,033 \text{ мВ.}$$

Внесем в таблицу результатов измерений рассчитанные показания стандартной неопределенности по типу А для диаграммы и для шкалы.

Необходимые значения и расчеты фиксируются в формы протоколов, имеющихся в приложениях к методике калибровки. В протоколе калибровки фиксируются измеряемые параметры. По этим параметрам в форме расчета погрешности и в оценивании стандартной неопределенности производится расчет по формулам и по полученным числам выводится итог. Извещение о непригодности или сертификат о калибровке средств измерения заполняются в конце процедуры исходя из итога калибровки. Методика калибровки оформляется полным текстом самостоятельным документом.

Список литературы

1. Российская Федерация. Законы. Об обеспечении единства измерений : Федеральный закон № 102-ФЗ : [принят Государственной Думой 11 июня 2008 года : одобрен Советом Федерации 18 июня 2008 года] // Консультант Плюс : [сайт]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904/ (дата обращения: 10.04.2020).
2. ГОСТ 8.009–84. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений : межгосударственный стандарт : дата введения 1986-01-01 / Госстандарт СССР // Техэксперт : [сайт]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200004505> (дата обращения: 12.03.2020).
3. ГОСТ Р 8.879–2014. Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению : национальный стандарт Российской Федерации : дата введения 2014-01-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии // Техэксперт : [сайт]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200118303> (дата обращения: 10.03.2020).