

УДК 006.063:681.2.089.68 (476)

## ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ О СООТВЕТСТВИИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КАЛИБРОВКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Гуревич В.Л., Ефремова Н.Ю.

*РУП «Белорусский государственный институт метрологии»  
Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Как в соответствии с международными требованиями, так и по национальному законодательству Республики Беларусь аккредитованные калибровочные лаборатории должны уметь делать заключение о соответствии средств измерений по результатам их калибровок на основании заранее установленного правила принятия решения. Существуют как общие рекомендации по разработке такого правила, так и те, которые уже строго оговорены для конкретных типов средств измерений в существующих документах. В зависимости от уровня риска принятия неверных решений о соответствии калибруемых средств измерений авторами данной работы предлагается для использования в любых калибровочных лабораториях два правила принятия решения: простая и защищенная приемка.

**Ключевые слова:** калибровка средств измерений, оценка соответствия, правило принятия решения, уровень риска, неопределенность измерений.

## DECISIONS OF CONFORMITY WHEN PERFORMING CALIBRATION OF MEASURING INSTRUMENTS

Hurevich V., Efremova N.

*Belarusian State Institute of Metrology  
Minsk, Belarus*

**Abstract.** The accredited calibration laboratories should be able to provide a statement of conformity for measuring instruments based on their calibration results in accordance with a decision rule, which was earlier clearly defined. This requirement is included in international standards as well as in the national legislation of the Republic of Belarus. There are general guidelines for the development of such a rule as well as those that are already strictly specified in existing documents for specific types of measuring instruments. The authors of this paper propose two decision rules for use in any calibration laboratories: simple acceptance and protected acceptance. The choice of the type of acceptance depends on the level of risk of an incorrect decision about the conformity of calibrated measuring instruments.

**Key words:** calibration of measuring instruments, statement of conformity, decision rule, level of risk, uncertainty of measurement.

*Адрес для переписки: Ефремова Н. Ю., Старовиленский тракт, 93, г. Минск 220053, Республика Беларусь  
e-mail: efremova@belgim.by*

В настоящее время оценка соответствия представляет собой важную задачу, решаемую при выполнении таких видов деятельности, как испытание продукции, инспектирование услуг, поверка и калибровка средств измерений, с целью установления соответствия проверяемых объектов требованиям, установленным в законодательстве, технических регламентах, стандартах и других документах с целью обеспечения безопасности, здоровья и качества жизни людей.

На международном уровне требования к представлению аккредитованными калибровочными лабораториями заключений о соответствии по результатам калибровки при наличии запроса от заказчика содержатся в ISO/IEC 17025 [1]. На национальном уровне Республики Беларусь в соответствии с действующим в области обеспечения единства измерений законодательством (Закон “Об обеспечении единства измерений”, Постановление Государственного комитета по стандартизации № 42) калибровка рассматрива-

ется как обязательная процедура, без прохождения которой, с учетом полученного положительного заключения о соответствии, средства измерений, предназначенные для применения в сфере законодательной метрологии, не могут применяться в аккредитованных испытательных лабораториях (центрах). При этом калибровка проводится согласно методике калибровке, позволяющей определить соответствие калибруемого средства измерений в первую очередь обязательным метрологическим требованиям, а заключение о соответствии средства измерений по результатам калибровки принимают уполномоченные юридические лица на калибровку и указывают в свидетельстве или сертификате калибровки. Несмотря на установленные требования к проведению оценки соответствия при калибровке средств измерений как на международном, так и на национальном уровне, единые правила по выполнению этой задачи на сегодняшний день отсутствуют, а ее решение, требующее определенных знаний и опыта, ложится

на плечи калибровочных лабораторий, о чем напрямую говорится в [1].

Для того, чтобы принять решение о соответствии средства измерений заданным требованиям следует определить: а) спецификацию с установленными в ней предельными допускаемыми значениями для измеряемых при калибровке метрологических характеристик, включая максимально допускаемые погрешности (МРЕ); б) неопределенность измерений; в) правило, описывающее с учетом неопределенности измерений и принятого уровня риска (вероятности) принятия неверных (ложноположительных или ложноотрицательных) решений способ установления соответствия оговоренным требованиям. Такое правило называется

ся *правилом принятия решения*, а его разработка является ключевым вопросом при оценке соответствия средств измерений при выполнении их калибровки. Обзор применяемых на сегодняшний день в мировой метрологической практике правил принятия решений содержится в [2]. Белорусские калибровочные лаборатории имеют возможность воспользоваться общими международными рекомендациями по данному вопросу в соответствии с [3]. Для некоторых видов измерений или даже конкретных типов средств измерений правила принятия решения уже могут содержаться в соответствующем стандарте, спецификации или методике калибровки. Примерами таких документов являются [4–6].

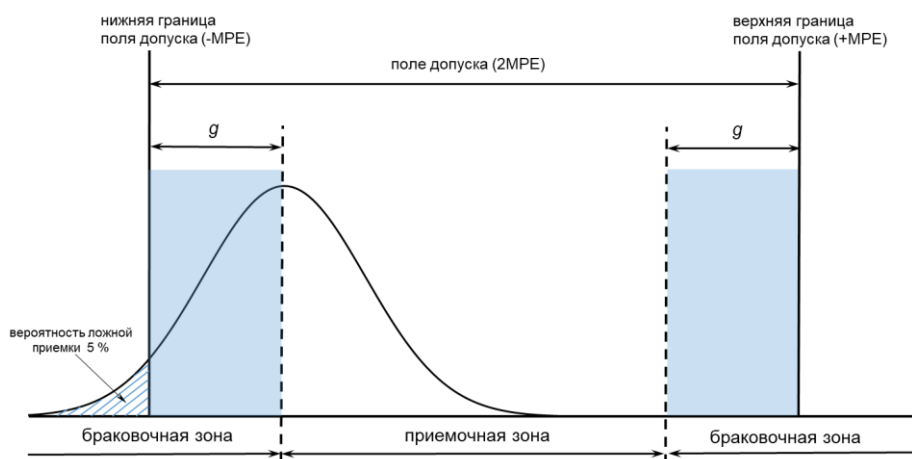


Рисунок 1 – Графическое изображение правила принятия решения, основанного на защищенной приемке

В общем и целом, правило принятия решения представляет собой задокументированный метод, устанавливающий для заданной вероятности принятия неверного решения *приемочные* и *браковочные области*, при попадании в которые полученного при калибровке значения можно сделать однозначный вывод о соответствии или несоответствии проверяемой метрологической характеристики установленным требованиям (рис. 1).

В соответствии с [1] правило принятия решения должно быть четко определено и документировано; если оно отсутствует в спецификации или стандарте, то его следует сообщить заказчику для согласования, а в соответствии с национальными требованиями оно должно содержаться в методике калибровки.

На основании [2–5] можно выделить следующие два наиболее распространенных правила принятия решения для применения их калибровочными лабораториями.

1) **Простая приемка.** В качестве приемочной области используется все *поле допуска* (интервал допустимых значений), установленное для проверяемой при калибровке характеристике. Если измеренное значение  $E$ , скажем, например, погрешности показаний калибруемого прибора, попадает в область, ограниченную максимальными допус-

каемыми погрешностями (от  $-MPE$  до  $+MPE$ ), включая ее граничные значения, то прибор рассматривается как соответствующий установленным к нему требованиям по погрешности. При попадании  $E$  за пределы этой области, т. е. в браковочную область, по результатам калибровки делают вывод о несоответствии. Данное правило рекомендуется использовать при выполнении калибровок средств измерений, используемых для тривиальных и не требующих принятия важных решений измерительных задач, так как при получении измеренных значений вблизи границ поля допуска вероятность принятия ложноположительного решения (несоответствующее требованиям средство измерений признается соответствующим) может достигать 50 %. С целью нивелирования этого недостатка при использовании простой приемки налагается ограничение на величину расширенной неопределенности измерений  $U(E)$ , обеспечиваемую при калибровке. Как правило удовлетворительным считается критерий, ограничивающий  $U(E)$  значением, равным  $MPE/3$ , т.е.  $U(E) \leq MPE/3$ . Выполнение соблюдения этого условия будет означать, что при совпадении измеренного значения с  $MPE$  истинное значение измеряемой характеристики может с вероятностью 50 % лежать за пределами поля допуска в

интервале, например, от  $+MPE$  до  $(+MPE+MPE/3)$  при рассмотрении верхней границы поля допуска.

2) **Защищенная приемка.** В данном виде приемки риск принятия неверного (ложноположительного) решения для значений, расположенных достаточно близко к границам поля допуска, уменьшается за счет смещения границ приемочной области внутрь поля допуска на величину так называемой *защитной полосы*  $g$  (см. рисунок). И такой подход является оправданным для средств измерений, по результатам измерения с помощью которых принимаются важные решения, например, в торговле, в области охраны окружающей среды, в медицине и т. п. Вывод о соответствии/несоответствии делается на основании попадания значения  $E$  в приемочную или браковочную область. Величина  $g$  определяется разностью между границей поля допуска и соответствующей приемочной границей и вычисляется на основании умножения величины стандартной неопределенности  $u(E)$  на коэффициент  $r$ , определяемый на основании вероятности принятия неверного решения, как правило составляющей 5 %, а также функции плотности вероятности, связанной с измеренным значением и обычно рассматриваемой, как подчиняющуюся нормальному закону. Если стандартная неопределенность  $u(E)$  существенно меньше величины поля допуска ( $2MPE/u(E) \geq 6$ ), то для обеспечения вероятности ложной приемки, равной 5 %,  $r$

в соответствии с [4] принимается равным 1,65, т.е.  $g = 1,65u(E)$ .

Таким образом, на сегодняшний день в соответствии как с международными, так и с национальными требованиями оценка соответствия калибруемых средств измерений стала одной из важнейших задач, входящих в сферу ответственности аккредитованной калибровочной лаборатории и требующей от ее сотрудников определенных знаний в области теории вероятностей и теоретической метрологии.

#### Литература

1. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories : ISO/IEC 17025:2017.
2. Guidelines on decision rules and statements of conformity : ILAC-G8:09/2019.
3. Неопределенность измерений. Часть 4. Роль неопределенности измерений при оценке соответствия : СТБ ISO/IEC Guide 98-4:2019.
4. Технические требования к геометрическим параметрам продукции (GPS). Контроль посредством измерений деталей и измерительного оборудования. Часть 1. Правила принятия решений для проверки соответствия или несоответствия техническим требованиям : СТБ ISO 14253-1-2020.
5. Использование неопределенности измерений при осуществлении деятельности по оценке соответствия в области электротехники : СТБ IEC Guide 115-2019.
6. Государственная система обеспечения единства измерений. Гири классов точности  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $M_1$ ,  $M_{1-2}$ ,  $M_2$ ,  $M_{2-3}$  и  $M_3$ . Часть 1. Метрологические и технические требования : ГОСТ OIML R 111-1-2009.

УДК 621.317.39.084.2

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНДИКАТОРА КАЧЕСТВА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО МАСЛА

Джежора А.А., Завацкий Ю.А., Коваленко А.В., Рубаник О.Е.

*Витебский государственный технологический университет  
Витебск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Точное измерение относительной диэлектрической проницаемости  $\epsilon_r$  промышленных масел с использованием диэлектрометрических датчиков (IDS) является сложной задачей из-за паразитной емкости, вызванной пространственной структурой IDS. Структура IDS состоит из подложки, изолирующего слоя под электродами и маски припоя над электродами, имеющей периодичность  $r$ , экрана Фарадея. Эта структура была смоделирована для определения влияния на ожидаемые значения емкости  $C$ , чувствительности  $S$  и отклонения  $D$  (точности) для типичных значений  $\epsilon_r$  для промышленных масел.

**Ключевые слова:** диэлектрометрический датчик (IDS), экран Фарадея, диэлектрическая проницаемость, гидравлическое масло.

### MATHEMATICAL MODEL OF THE INDICATOR OF THE QUALITY OF LIQUID PETROLEUM PRODUCTS

Jezhora A., Zavatski Y., Kovalenko A., Rubanik O.

*Vitebsk State Technological University  
Vitebsk, Belarus*

**Abstract.** An accurate measurement of the relative permittivity  $\epsilon_r$ , of industrial oils using interdigitated dielectric sensors (IDS) is challenging due to the parasitic capacitance caused by the IDS spatial structure. IDS structure consists of a substrate, an insulating layer below the electrodes and a solder mask above the electrodes having a periodicity of  $r$ . This structure was simulated to determine the influence on the expected values of capacitance  $C$ , sensitivity  $S$ , and deviation  $D$  (accuracy) for typical values of  $\epsilon_r$  for industrial oils.