



## Десять актуальных вопросов калибровки автоматизированных систем

А.А. Данилов (ФБУ «Пензенский ЦСМ»)

*Рассматриваются аспекты калибровки автоматизированных систем: законодательные, теоретические, прикладные. Даются рекомендации, которые могут быть полезны как разработчикам и проектантам автоматизированных систем, так и персоналу, осуществляющему их обслуживание.*

*Ключевые слова: автоматизированные системы, измерительные системы, калибровка, метрологическое обеспечение, поверка, программное обеспечение, утверждение типа.*

Разработчики и проектанты автоматизированных систем, а также персонал, осуществляющий их обслуживание, в своей деятельности неизбежно сталкиваются с вопросами калибровки автоматизированных систем, точнее, измерительных каналов автоматизированных систем. Цель настоящей статьи — дать некоторые разъяснения и ответы на вопросы, обращения по которым встречаются наиболее часто.

### 1. Что такое калибровка?

Действующим ФЗ «Об обеспечении единства измерений» от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ термину «калибровка» было установлено определение, а именно: «калибровка средств измерений — совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений» [1], что существенно отличает значение этого термина от определения, данного предыдущим Законом РФ «Об обеспечении единства измерений» от 27 апреля 1993 г. № 4871-1: «калибровка средства измерений — совокупность операций, выполняемых с целью определения и подтверждения действительных значений метрологических характеристик и (или) пригодности к применению средства измерений, не подлежащего государственному метрологическому контролю и надзору» [2].

Если ранее (до 2008 г.) калибровка средств измерений проводилась преимущественно для определения

пригодности средств измерений к применению, являясь аналогом ведомственной поверки, то сегодня калибровка средств измерений проводится лишь для определения действительных значений метрологических характеристик. Именно по этой причине применение многих пока еще не отмененных ведомственных документов, таких, например, как [3–5], фактически утративших актуальность, противоречит действующему ФЗ «Об обеспечении единства измерений» [1].

Так что же такое калибровка? Что относить к определению действительных значений метрологических характеристик? Обратимся к международному словарю по метрологии [6], в соответствии с которым: «калибровка — операция, в ходе которой при заданных условиях на первом этапе устанавливаются соотношение между значениями величин с неопределенностями измерений, которые обеспечивают эталоны, и соответствующими показаниями с неопределенностями. А на втором этапе на основе этой информации устанавливаются соотношение, позволяющее получать результат измерения исходя из показания». В примечании 1 к приведенному определению говорится: «Калибровка может быть выражена как утверждение, функция калибровки, диаграмма калибровки, калибровочная кривая или таблица калибровки» [6].

### 2. Что является результатом калибровки?

Результатом калибровки является сертификат и протокол калибровки, оформленные в соответствии с ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 [7], в которых обычно указывается таблица калибровки, пример которой приведен в таблице.

### 3. Почему необходимо оценивать неопределенность измерений при калибровке?

В последней графе таблицы указаны значения неопределенности измерений при калибровке. При этом «неопределенность измерения — неотрицательный параметр, характеризующий рассеяние значений

Таблица. Пример таблицы калибровки канала измерений давления

№	Точка диапазона измерений измерительного канала, в которой проводится калибровка, кПа	Значения величины, воспроизводимые эталоном, кПа	Неопределенность измерений, кПа
1	400	400,04	0,08
2	600	600,01	0,11
3	800	799,97	0,15
4	1000	999,92	0,18

величины, приписываемых измеряемой величине на основании используемой информации» [6]. Неопределенность измерений является характеристикой качества выполненной калибровки и необходима для обеспечения метрологической прослеживаемости, которая в соответствии с [6] понимается как «свойство результата измерения, в соответствии с которым результат может быть соотнесен с основой для сравнения через документированную неразрывную цепь калибровок, каждая из которых вносит вклад в неопределенность измерений».

#### 4. Какие требования необходимо включать в задание на проведение калибровки?

При проведении калибровки необходимо определить следующие требования:

- точки диапазона измерений, в которых необходимо выполнить калибровку;
- условия, в которых должна проводиться калибровка;
- целевая неопределенность.

При этом целевая неопределенность — «неопределенность измерений, заранее установленная как верхний предел и принятая исходя из предполагаемого использования результатов измерений» [6].

#### 5. Как могут быть использованы результаты калибровки измерительных каналов автоматизированных систем?

Как понимать предполагаемое использование результатов измерений при калибровке?

Результаты измерений, выполненных при калибровке, в дальнейшем применении средств измерений можно использовать двумя способами. Во-первых, для получения «результатов измерений исходя из показаний» на основе установленных соотношений «между значениями величин с неопределенностями измерений, которые обеспечивают эталоны, и соответствующими показаниями с присутствующими им неопределенностями» [6] (посредством введения поправок в результаты измерений). Во-вторых, для установления пригодности средств измерений к применению.

Рассмотрим оба способа в отношении к применению калиброванных измерительных каналов автоматизированных систем подробнее.

Для введения поправок в результаты измерений, необходимо знать, в каких условиях проведена калибровка. Дело в том, что компоненты измерительных каналов (например, первичные измерительные преобразователи (датчики), устройства сбора данных, комплексы измерительно-вычислительные и др.) размещены в существенно отличающихся условиях эксплуатации, а сами компоненты измерительных каналов обладают некоторой изменчивостью своих характеристик, обусловленной изменением условий эксплуатации. Поэтому для использования результатов

калибровки для введения поправок необходимо стабилизировать условия эксплуатации компонентов измерительных каналов автоматизированных систем, что сопряжено с существенными экономическими затратами и в большинстве практических случаев невыполнимо.

Именно поэтому преимущественно используют второй способ — установление пригодности измерительных каналов автоматизированных систем к применению. Для установления пригодности целесообразно использовать «Руководящие указания по правилам принятия решений и заявлениям о соответствии» [8].

При принятии решений по результатам калибровки существует два возможных варианта: принято правильное или неправильное решение о соответствии измерительного канала автоматизированной системы установленному требованию. Поскольку каждый результат измерений имеет связанную с ним неопределенность, то и решение может быть принято как правильное, так и неправильное. На рис. 1 показаны два идентичных результата измерений, но с различными неопределенностями [8]. Очевидно, что результат А вместе с неопределенностью измерений ( $U_A$ ) находится внутри границ поля допуска, в то время как результат В вместе с существенно большей неопределенностью ( $U_B$ ) превышает границы поля допуска. Поэтому в отношении результата А может быть принято однозначное решение — результат соответствует, в то время как в отношении результата В может быть принято как правильное, так и неправильное решение о соответствии результата измерений установленному требованию, то есть о пригодности измерительного канала автоматизированной системы по результатам калибровки.

Для снижения риска принятия неправильного решения обычно вводят так называемую «защитную полосу»  $W$  [8], позволяющую сузить приемочные границы ниже границ поля допуска. В этом случае кроме принятия решений о соответствии и несоответствии возможно принятие решений об условном соответствии и условном несоответствии, что иллюстрируется с помощью рис. 2.

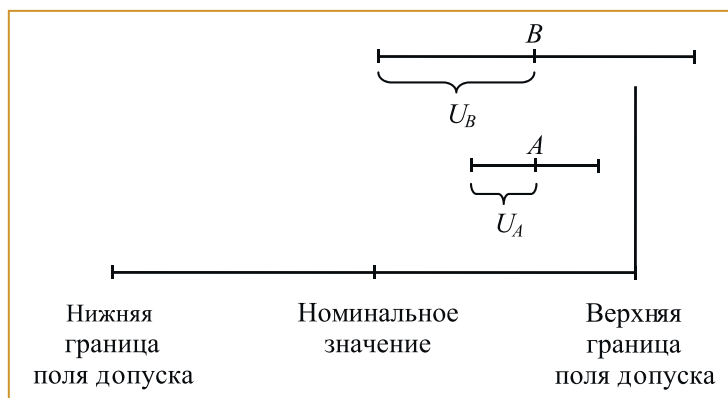


Рис. 1. Иллюстрация риска при принятии решений

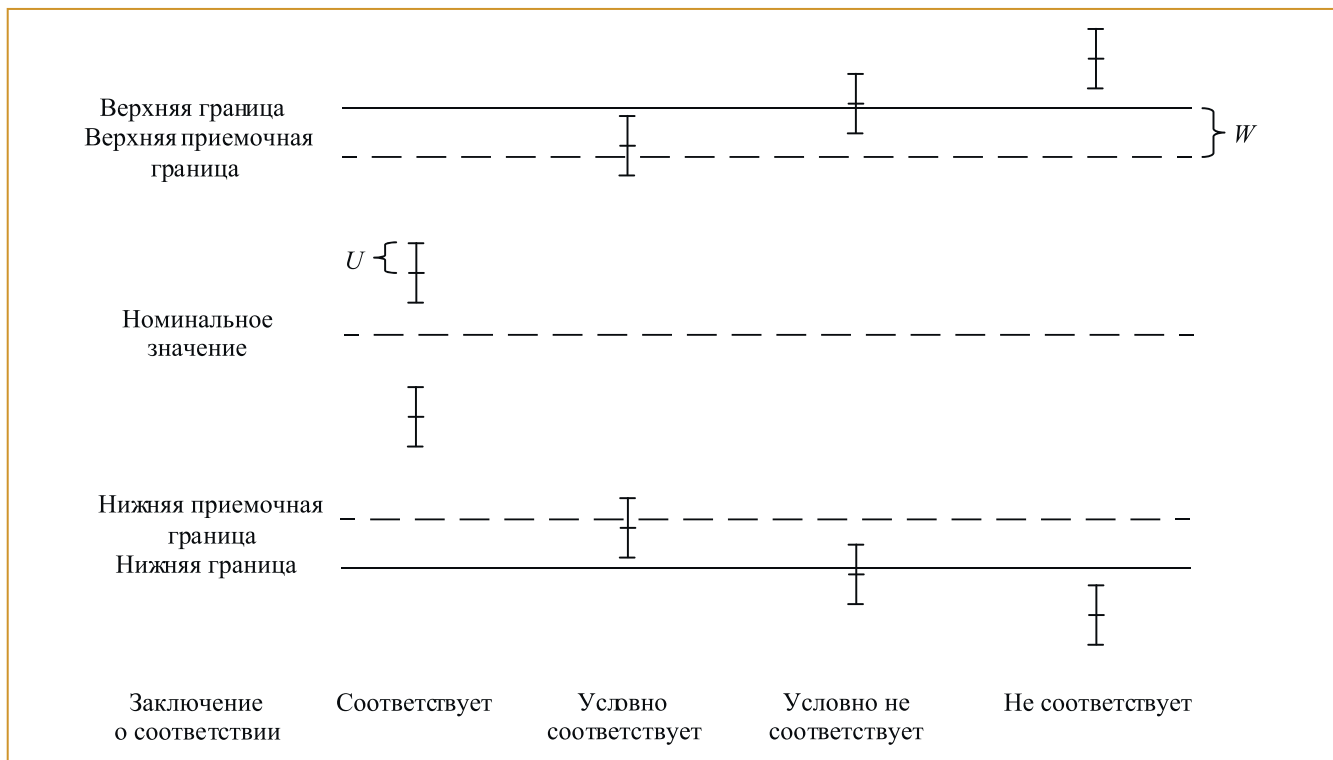


Рис. 2. Иллюстрация заявления о соответствии с применением защитной полосы

#### 6. Обязательно ли проводить калибровку?

Обязательность проведения калибровки не предусмотрена действующим ФЗ «Об обеспечении единства измерений» от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ [1], в части 1 статьи 18 которого написано: «Средства измерений, не предназначенные для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, могут в добровольном порядке подвергаться калибровке». Вместе с тем могут существовать ведомственные регламенты, стандарты организаций, в соответствии с которыми проведение калибровки средств измерений является обязательным.

#### 7. Кто имеет право проводить калибровку?

В соответствии с действующим ФЗ «Об обеспечении единства измерений» от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Выполняющие калибровку средств измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели в добровольном порядке могут быть аккредитованы в области обеспечения единства измерений». Таким образом, калибровку могут проводить как аккредитованные лица в области обеспечения единства измерений в соответствии с ФЗ «Об аккредитации в национальной системе аккредитации» от 28 декабря 2013 г. № 412-ФЗ [9], так и без какой-либо аккредитации.

#### 8. Как часто следует проводить калибровку?

Следует помнить, что калибровка позволяет принять решение о соответствии измерительных каналов автоматизированных систем установленным требованиям в данный момент времени в данных условиях, и не дает никаких гарантий о соответствии измеритель-

тельных каналов автоматизированных систем как в других условиях эксплуатации, так и в недалеком будущем. Периодичность проведения калибровки обусловлена нестабильностью калибровочной характеристики (параметров функции преобразования) измерительных каналов автоматизированных систем как во времени, так и при изменении условий эксплуатации компонентов измерительного канала. Именно поэтому одним из требований, которые необходимо включать в задание на проведение калибровки (как отмечено выше), является регламентация условий калибровки. При этом интервалы между калибровками измерительных каналов автоматизированных систем могут быть определены с применением подхода, описанного в работе [10], развивающего положения [11].

#### 9. Существует ли способ проведения калибровки измерительных каналов автоматизированных систем, функционирующих в рабочих условиях эксплуатации?

При необходимости проведения калибровки измерительных каналов автоматизированных систем в рабочих условиях их эксплуатации могут не существовать переносные калибраторы, обеспечивающие требуемые значения метрологических характеристик. В этом случае целесообразно использовать известный способ [12, 13], позволяющий все же использовать переносные калибраторы с неудовлетворительными значениями метрологических характеристик при условии их кратковременной стабильности в условиях воспроизводимости. Указанный выше способ состоит из двух этапов и заключается в следующем. На первом этапе выполняют калибровку измеритель-

ных каналов автоматизированных систем в рабочих условиях эксплуатации их компонентов с помощью переносного калибратора, а на втором этапе переносной калибратор сличают со стационарным эталоном (находящемся в нормальных условиях эксплуатации) в тех же точках диапазона измерений, в которых был использован переносной калибратор. При этом на втором этапе с помощью специальных технических средств для переносного калибратора обеспечивают те же условия эксплуатации, в которых он использовался в течение первого этапа.

#### 10. Возможно ли проведение калибровки измерительных каналов автоматизированных систем поэлементно?

Проведение комплектной калибровки измерительных каналов измерительных систем в рабочих условиях эксплуатации предпочтительно, но довольно часто затруднено из-за отсутствия переносных калибраторов с приемлемыми временными и финансовыми затратами на их транспортировку и подготовку к использованию на новом месте. Поэтому вместо комплектной калибровки целесообразно проводить поэлементную калибровку компонентов измерительного канала, в отношении каждого из которых принимать решение об его соответствии с учетом неопределенности измерений при калибровке [8].

#### Выводы

1. В отношении распределенных автоматизированных систем калибровку измерительных каналов следует рассматривать как процедуру, направленную не на повышение точности, а на принятие решения о соответствии измерительных каналов автоматизированной системы заданным требованиям с учетом неопределенности измерений.

2. Для проведения комплектной калибровки в рабочих условиях эксплуатации измерительных систем целесообразно использование двухэтапного способа калибровки, основанного на применении переносного и стационарного эталонов.

3. Проведение поэлементной калибровки измерительных каналов автоматизированных систем целесообразно в случае отсутствия переносных калибраторов с приемлемыми временными и финансовыми затратами на их транспортировку и подготовку к использованию на новом месте.

*Данилов Александр Александрович — д-р техн. наук, проф., директор ФБУ «Пензенский ЦСМ».  
Контактный телефон (8412) 49-51-90.  
E-mail: aa-dan@mail.ru*

*Наука не является и никогда не будет  
являться законченной книгой. Каждый  
важный успех приносит новые вопросы.  
Всякое развитие обнаруживает со  
временем все новые и более глубокие  
трудности.  
Альберт Эйнштейн*

Надеюсь, что краткий обзор и приведенные рекомендации будут полезны как разработчикам и проектантам автоматизированных систем, так и персоналу, осуществляющему их обслуживание.

#### Список литературы

1. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 26 июня 2008 г. №102-ФЗ.
2. Закон РФ «Об обеспечении единства измерений» от 27 апреля 1993 г. №4871-1.
3. РД 153-34.0-11.204-97 Методика приемки из наладки в эксплуатацию измерительных каналов информационно-измерительных систем.
4. РД 153-34.0-11.205-98 Методические указания. Измерительные каналы информационно-измерительных систем. Организация и порядок проведения калибровки.
5. РД 153-34.0-11.117-2001 Основные положения. Информационно-измерительные системы. Метрологическое обеспечение.
6. Международный словарь по метрологии. Основные и общие понятия и соответствующие термины. СПб.: НПО «Профессионал». 2010. 84 с.
7. ГОСТ ISO / IEC 17025-2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.
8. ILAC-G8:09/2019 Guidelines on decision rules and statements of conformity.
9. Федеральный закон «Об аккредитации в национальной системе аккредитации» от 28 декабря 2013 г. №412-ФЗ.
10. Данилов А.А., Спутнова Д.В., Тюрина Ю.Г. Теоретические основы определения интервалов между калибровками средств измерений // Законодательная и прикладная метрология. 2019. № 3. С. 43-45.
11. ILAC-G24/OIML D 10: 2007 Guidelines for the determination of recalibration intervals of measuring equipment used in testing laboratories.
12. Берзинская, М.В., Данилов А.А., Кучеренко Ю.В., Ординарцева Н.П. Калибровка средств измерений в рабочих условиях // Метрология. 2014. №1. С. 19-22.
13. Данилов А.А. Метрологическое обеспечение измерительных систем: 3-е изд., перераб. и дополн. С.-Петербург: Политехника-Сервис. 2014. 189 с.

#### НОРБИТ автоматизировала клиентский сервис в компании Segezha Group

Компания НОРБИТ (входит в группу ЛАНИТ) разработала «Личный кабинет клиента» для компании Segezha Group. Сервис создан на базе CRM-системы Creatio от Террасофт. С помощью «Личного кабинета клиента» контрагенты получают возможность размещать заказы на поставку продукции, отслеживать их статус, указывать пожелания по срокам отгрузки и специальные требования, контролировать статус исполнения заказов, плановые и фактические сроки отгрузки продукции по каждой позиции в заказе. Новый клиентский сервис позволяет регистрировать и контролировать решение рекламаций, также оперативно решать возникающие вопросы по исполнению заказов и рекламаций в чате с персональным менеджером.

«Личный кабинет» имеет удобный интерфейс и легкую навигацию, что позволяет ускорить адаптацию клиентов к работе с ним. Для получения актуальной информации по исполнению заказов в «Личном кабинете клиента» использованы внедренные в 2019 г. интеграции между CRM и ERP-системами на предприятиях Segezha Group.

[Http://www.norbit.ru](http://www.norbit.ru)