

## Соответствие положений стандартов ГОСТ Р ИСО 5725 при оценке точности результатов измерений

**\*Е.А. Архангельская<sup>1</sup>, Э.Л. Заморонова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Московский технологический университет МГУПИ,  
Российская Федерация, 107996, г. Москва, ул. Стромьнка, д. 20

<sup>2</sup>АО «МОЭК-Проект»,  
Российская Федерация, 105066, г. Москва, ул. Нижняя Красносельская, д. 28, стр. 2

\*Адрес для переписки: Архангельская Елена Анатольевна, E-mail: arleana@hazy.ru

Поступила в редакцию 13 сентября 2017 г., после доработки – 11 октября 2017 г.

Поскольку стандарты ГОСТ Р ИСО 5725-2002 внесли кардинальные изменения в существовавшие подходы к оценке точности измерений, подошло время подвести промежуточный итог результативности их внедрения и привести обобщенные выводы о сложившейся на данный момент практике применения положений этих стандартов. В статье рассмотрены особенности практического применения положений данных стандартов с целью привлечения внимания сотрудников технических комитетов по стандартизации в области метрологии на необходимость проведения анализа и оценки результативности прямого применения новых, принятых в международной практике подходов при внедрении международных стандартов в виде аутентичных переводов. Рассмотрены введенные стандартами термины и их соответствие требованиям, установленным нормативными документами государственной системы обеспечения единства измерений. Проанализированы применяемые в стандартах статистические методы для оценки различий между результатами измерений. Приведены выводы о принятых в международных стандартах ИСО 5725 подходах для достижения минимальных расхождений при сопоставлении измерений, производимых в процессе совместного оценочного межлабораторного эксперимента.

**Ключевые слова:** ГОСТ Р ИСО 5725, оценка точности, качество, метод измерений, стандартные образцы, математическая статистика, коэффициент критического диапазона.

For citation: *Analitika i kontrol'* [Analytics and Control], 2017, vol. 21, no. 4, pp. 322-331

DOI: 10.15826/analitika.2017.21.4.001

## GOST R ISO 5725 statements compliance for the estimate accuracy of measurements results

**\*E.A. Arkhangelskaya<sup>1</sup>, E.L. Zamorenova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Moscow Technological University MGUPI, Stromynka Str., 20, Moscow, 107996, Russian Federation

<sup>2</sup>JSC «MOEK-Project», Nizhniaia Krasnosel'skaia Str., 28, 2, Moscow, 105066, Russian Federation

\*Corresponding author Elena A. Arkhangelskaya, E-mail: arleana@hazy.ru

Submitted 13 September 2017, received in revised form 11 October 2017

GOST R ISO 5725 standards introduced cardinal changes for the existing approaches of the estimate accuracy measurements, and now came the time to review the intermediate results of their implementation and to adduce a general conclusion about the current practice of the application of these standards' statements. The current article considers special aspects of the practical application of these standards to draw attention of the metrological technical committees' members on standardization in the field of metrology to the necessity for the analysis and performance evaluation of the direct application of the new approaches adopted in international practice for the purposes of International Standards legalization in the form of authentic translations. The terms introduced by these standards and their compliance with the requirements established by the regulatory documents of the state system for ensuring the uniformity of measurements are considered. Statistical methods that are used in the standards to estimate the differences between the measurements results are analyzed. Conclusions about the applicable approaches of International Standards ISO 5725

for achieving the minimal differences when comparing the test results in the collaborative assessment experiment are presented.

**Key words:** GOST R ISO 5725, accuracy estimate, quality, measurements method, reference materials, mathematical statistics, critical diapason ratio.

## ВВЕДЕНИЕ

С момента принятия и введения в действие стандартов ГОСТ Р ИСО 5725 прошло 15 лет. Внедрение данных стандартов внесло серьезные изменения в сложившуюся к тому времени метрологическую практику и принятые подходы к оценке точности измерений. Привнесенные стандартами новые понятия, термины, способы оценки показателей точности, требования к постановке эксперимента по оценке точности и методы проверки приемлемости результатов измерений распространялись, в первую очередь, на количественный химический анализ проб веществ (материалов) для определения содержания компонентов в пробах химическими, физическими или химико-физическими методами.

Стандарты ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 ÷ ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002 представляют собой полный аутентичный текст международных стандартов ISO 5725-1:1994, ISO 5725-2:1994, ISO 5725-3:1994, ISO 5725-4:1994, ISO 5725-5:1998, ISO 5725-6:1994, что на основании (ГОСТ 1.1-2002. Межгосударственная система стандартизации. Термины и определения. М.: ИПК Издательство стандартов, 2003, С. 15) соответствует понятию «*идентичные стандарты*», т.е. «гармонизированные стандарты, которые идентичны по содержанию и форме представления», в которых «допускаются отдельные редакционные изменения и/или различия в форме представления», регламентированные на международном уровне».

Основной целью внедрения ГОСТ Р ИСО 5725 являлась гармонизация российских нормативных требований с международными правилами планирования и проведения межлабораторных экспериментов в связи с принятием Федерального закона «О техническом регулировании» и планируемым вступлением России в ВТО.

Итогом внедрения любого нормативного документа должна являться оценка результативности его применения. Необходима «обратная связь» от пользователей стандартов, которая, помимо имеющихся недостатков, поможет выявить и общую картину последствий их применения, начиная от получения финансовой прибыли (или убытков), заканчивая общим повышением качества выполнения работ и производства продукции. Поскольку стандарты ГОСТ Р ИСО 5725 внесли кардинальные изменения в существовавшие подходы к оценке точности измерений, подошло время подвести промежуточный итог результативности их внедрения и дать обобщенные выводы о сложившейся на данный момент практике применения положений ГОСТ Р ИСО 5725.

Вопросы реализации положений ГОСТ Р ИСО 5725 неоднократно, начиная с 2002 г., рассматривались и обсуждались в различных публикациях и изданиях [1-10]. В целях более подробного освоения и прямого применения отдельных положений стандартов ГОСТ Р ИСО 5725 издательством ФГУП «Стандартинформ» было выпущено пособие [1], не имеющее при этом официального статуса нормативного документа. Отдельные разделы по обеспечению точности измерений в соответствии со стандартами ГОСТ Р ИСО 5725 даже были включены в учебные пособия и курсы по метрологии [11, 12]. Наибольшее количество публикаций появилось сразу после введения в действия данных ГОСТ, а также в период с 2006 по 2008 гг., когда можно было проследить первые итоги внедрения стандартов и практические вопросы, возникшие при их применении. За последнее время количество публикаций и обсуждений сократилось. При этом значительная часть вопросов к стандартам так и остались нерешенными. Существующие неточности и недоработки не устранены.

## СФЕРА ПРИМЕНЕНИЯ ГОСТ Р ИСО 5725

Первое, что обращает на себя внимание – это до сих пор окончательно не установленная фактическая сфера применения ГОСТ Р ИСО 5725. В каких именно областях деятельности при оценке точности измерений следует руководствоваться только положениями данных стандартов и предлагаемых ими подходов, а в каких – они уже применяться не могут? В разделе 1.2 «Область применения» ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 указано, что: «настоящий стандарт распространяется на методы измерений непрерывных (в смысле принимаемых значений в измеряемом диапазоне) величин, дающие в качестве результата измерений единственное значение. При этом единственное значение может быть и результатом расчета, основанного на ряде измерений одной и той же величины» [13].

Стандарты ГОСТ Р ИСО 5725 могут применяться для оценки точности выполнения измерений в соответствии со стандартизированной процедурой. При этом в пункте 1.2 ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 особо отмечено, что стандарт может применяться «к очень широкой номенклатуре материалов, включая жидкости, порошки и твердые объекты, произведенные или существующие в природе при условии, что учитывают любую неоднородность материала» [13].

Исходя из указанной области применения, требования ГОСТ Р ИСО 5725 напрямую распространяются на методы количественного химического анализа. Именно в этой сфере они нашли свое фактическое применение, закрепленное на нор-

мативном уровне документами государственной системы обеспечения единства измерений — рекомендациями по метрологии (Р 50.1.061-2007. Статистические методы. Практическое руководство по использованию ГОСТ Р ИСО 5725-2-2002 при планировании, выполнении и статистическом анализе межлабораторной повторяемости и воспроизводимости результатов. М.: Стандартинформ, 2007, Р 50.2.060-2008. Государственная система обеспечения единства измерений. Внедрение стандартизованных методик количественного химического анализа в лаборатории. Подтверждение соответствия установленным требованиям. М.: Стандартинформ, 2009). При этом остается открытым вопрос, насколько применимы подходы к оценке точности через оценку правильности и прецизионности для других видов измерений, не относящихся к количественному химическому анализу? Фактические данные о реализации таких подходов, связанных с оценкой правильности и прецизионности, для других видов измерений на данный момент отсутствуют. Кроме количественного химического анализа в остальных сферах четко установленная граница применения стандартов ГОСТ Р ИСО 5725 отсутствует. Насколько требования этих стандартов распространяются в области метрологии и какое отношение (или взаимосвязь) они имеют к нормативным документам государственной системы обеспечения единства измерений?

## ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕВОДА ТЕКСТА СТАНДАРТОВ

Отдельно следует отметить, что самые явно выраженные недоработки ГОСТ Р ИСО 5725 относятся к качеству перевода текста на русский язык. Нельзя забывать, что иностранный язык, помимо лексических различий, содержит иной порядок построения и формулирования предложений и, как следствие, отражает иной способ мышления. Все это находит отображение в языке, которым сформулирован текст нормативных документов, и который является труднодоступным для быстрого понимания русскоязычному пользователю. Международные стандарты, в данном случае стандарты международной организации по стандартизации ISO, отличаются иной структурой, иным порядком, иной последовательностью и способом подачи информации. Любое применение международного стандарта в виде прямого, аутентичного перевода, а тем более, если перевод не самого высокого качества, потребует для внедрения дополнительного количества уточнений, разъяснений, документов, руководств, методик, пособий по применению и т.п. Насколько является эффективным внедрение стандарта, если вместо одного ясно изложенного документа, необходимо разработать, ввести в действие, а пользователям изучить и внедрить на производстве пакет многочисленных дополнительных инструкций и руководств? Стандарты

ИСО 5725 с момента своего внедрения потребовали большого количества разъяснений и комментариев, вплоть до издания специальной литературы по их применению, такой как [1].

Если же рассматривать непосредственно качество выполненного перевода, то при изложении текста нормативных и технических документов совершенно недопустимыми являются такие выражения как: «Разности, превышающие предел повторяемости (сходимости)  $r$  или предел воспроизводимости  $R$  являются подозрительными» [13]. Что значит подозрительными? Какие из этого должны следовать выводы и действия? Это текст серьезного нормативного документа или перевод художественной литературы? В соответствии с ГОСТ 1.5-2001 изложение текста стандарта должно быть «точным, не допускающим различных толкований, логически последовательным, необходимым и достаточным для использования стандарта в соответствии с его областью применения» и в стандарте не допускается применять обороты разговорной речи и произвольные словообразования (ГОСТ 1.5-2001. Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению. М.: Стандартинформ, 2010, С. 16-17).

## ТЕРМИНОЛОГИЯ

Основные вопросы по применению ГОСТ Р ИСО 5725 можно условно разделить на две категории. Первая — это вопросы используемых в стандарте понятий и определений терминов. К ним относятся и все особенности и недоработки, связанные с переводом и соответствием текста документов стилистике русского языка, применяемой для изложения нормативных и технических документов. Вторая категория вопросов касается математических методов и подходов, применяемых для оценки точности и приемлемости результатов измерений.

Приведенные в стандартах термины и их определения предварительно разъясняются в общем предисловии к ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 — ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002 и далее перечисляются с соответствующими комментариями в разделе 3 ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002. Некоторые термины (такие как «результат измерений», «систематическая погрешность») много лет применялись в отечественной метрологии, но в определениях ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 приобрели частично иное значение и иной смысл.

К сожалению, в стандартах ГОСТ Р ИСО 5725 приведено недостаточно корректное определение, что же именно понимается под термином «лаборатория». В ГОСТ Р ИСО 5725-2-2002 сказано: «В настоящем стандарте под «лабораторией» подразумевают сочетание таких факторов, как оператор,

оборудование и место выполнения измерений (испытаний). Одно место выполнения измерений (испытаний) (или лаборатория в общепринятом значении этого слова) может, таким образом, представлять собой несколько «лабораторий» в том случае, если оно может предусматривать наличие нескольких операторов, каждый из которых располагает своим рабочим местом с комплектом оборудования и условиями, в которых должна выполняться работа» [14]. Исходя из произвольной трактовки положений стандарта, можно составить представление, что лабораторией является любое место, где проводятся испытания, измерения, любого рода эксперименты, что не может являться верным. Поскольку стандартами ГОСТ Р ИСО 5725 регламентируется проведение измерений внутри отдельно взятой лаборатории и сопоставление результатов измерений в различных лабораториях, то понятие «лаборатория» должно быть отражено в нормативной документации, как совокупность технических, организационных и юридических факторов, при наличии которых место выполнения измерений, становится «лабораторией», к которой предъявляются законодательные и нормативные требования по оценке результатов проводимых в ней работ.

В Российских нормативных документах на данный момент установлен термин «испытательная лаборатория» с различными противоречащими друг другу трактовками:

- «*Испытательная лаборатория* – Лаборатория, которая проводит испытания» (ГОСТ Р 51000.4-2011. Общие требования к аккредитации испытательных лабораторий. М.: Стандартинформ, 2013, С. 2);
- «*Испытательная лаборатория* – Организация, выполняющая аттестационное тестирование. Это может быть третья сторона, пользовательская организация, администрация связи или признанное частное эксплуатационное агентство, либо идентифицируемая часть организации поставщика» (ГОСТ Р ИСО/МЭК 9646-1-93. Информационная технология. Взаимосвязь открытых систем. Методология и основы аттестационного тестирования. Часть 1. Общие положения. М.: Издательство стандартов, 1994, С. 6);
- «*Испытательная лаборатория* – Организация, реализующая процесс оценки соответствия. Примечание: Испытательная лаборатория может быть третьей стороной, организацией пользователя, официальной организацией или независимым подразделением организации поставщика» (ГОСТ Р ИСО 10303-31-2002. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 31. Методология и основы аттестационного тестирования. Общие положения. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002, С. 6);
- «*Испытательная лаборатория (центр)* – Лаборатория (центр), которая проводит испытания (отдельные виды испытаний) продукции в соответствии

с областью аккредитации, определенной аккредитующим органом» (ГОСТ Р 54008-2010. Оценка соответствия. Схемы декларирования соответствия. М.: Стандартинформ, 2011, С. 2).

Но ни одно из этих определений не отражает во всей полноте совокупность факторов, к которым применяются требования ГОСТ Р ИСО 5725.

В ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 присутствуют как термины, которые при идентичном наименовании имеют совершенно различную трактовку в российских нормативных документах по метрологии, так и термины, отражающие один и тот же смысл с отличными от установленных в других российских стандартах наименованиями. Так одно и то же понятие «*систематическая погрешность*» приобретает совершенно различную математическую трактовку, если сравнить определения, приведенные в ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 и в относительно недавно принятом РМГ 29-2013 «Метрология. Основные термины и определения».

Определение систематической погрешности по РМГ 29-2013: «*систематическая погрешность (измерения)*: составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или же закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же величины» (РМГ 29-2013. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. М.: Стандартинформ, 2014, С. 12).

Определение систематической погрешности по ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002: «*систематическая погрешность (bias)*: разность между математическим ожиданием результатов измерений и истинным (или в его отсутствие – принятым опорным) значением» [13].

Кроме того, в ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 отдельно выделено понятие: «*систематическая погрешность лаборатории*: Разность между математическим ожиданием результатов измерений (или испытаний) в отдельной лаборатории и истинным (или принятым опорным) значением измеряемой характеристики» [13]. Этот термин был также впервые введен в отечественных нормативных документах именно в этом стандарте.

В ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 применяется термин «*принятое опорное значение*», определение которого также отличается от определения для опорного значения, приведенного в РМГ 29-2013. По ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002: «*Принятое опорное значение (accepted reference value)*: Значение, которое служит в качестве согласованного для сравнения и получено как: а) теоретическое или установленное значение, базирующееся на научных принципах; б) приписанное или аттестованное значение, базирующееся на экспериментальных работах какой-либо национальной или международной организации; с) согласованное или аттестованное значение, базирующееся на совместных экспериментальных работах под руководством научной

или инженерной группы» [13]. По РМГ 29-2013 это единое понятие разделено и для него установлены два отдельных термина «*опорное значение*» и «*принятое значение*» со своими определениями: «*опорное значение (величины)*: Значение величины, которое используют в качестве основы для сопоставления со значениями величин того же рода», «*принятое значение (величины)*: Значение величины, по соглашению приписанное величине для данной цели» (РМГ 29-2013. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. С. 10).

И наоборот, в стандарте ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 приводится термин: «*базовый элемент (ячейка) в эксперименте по оценке прецизионности (cellin a precision experiment)* – совокупность результатов испытаний на одном уровне, полученных одной лабораторией» [13]. А «в отечественных документах используется термин «общее среднее значение совокупности результатов испытаний, полученных одной лабораторией на одном и том же образце в ходе проведения эксперимента» [13], отражающий тот же смысл под другим наименованием.

Так и осталось до конца не устраненным расхождение между ГОСТ Р ИСО 5725 и РМГ 29-2013 в таком основополагающем понятии, как «*точность измерений*». В соответствии с определением, приведенным в ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002: «*точность (accuracy)*: степень близости результата измерений к принятому опорному значению».

На период внедрения ГОСТ Р ИСО 5725 действовал РМГ 29-99, в котором точность измерений определялась как «одна из характеристик качества измерения, отражающая близость к нулю погрешности результата измерения» [13]. В пособии по освоению стандартов ГОСТ Р ИСО 5725, выпущенном ФГУП «Стандартинформ» в 2005 году для разъяснения различных, в том числе методических и организационных, аспектов применения ГОСТ Р ИСО 5725 было указано, что: «в настоящее время в соответствии с порядком введения стандартов ГОСТ Р ИСО 5725 в основополагающих терминологических документах РМГ 29-99 и ГОСТ 16504-81 термины «*повторяемость (сходимость)*» и «*воспроизводимость*» гармонизированы с ГОСТ Р ИСО 5725. Необходимые изменения будут вноситься и в стандарты на методы испытаний продукции» [1]. На смену РМГ 29-99 пришел РМГ 29-2013. Термины «*повторяемость (сходимость)*» и «*воспроизводимость*» в нем действительно гармонизированы, а вот основополагающее понятие «*точность измерений*» приведено в формулировке, вступающей в противоречие с ГОСТ Р ИСО 5725, а именно: «*точность измерений; точность результата измерения*: Близость измеренного значения к истинному значению измеряемой величины» (РМГ 29-2013. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. С. 11). И здесь имеется принципиальная

разница, поскольку истинное значение измеряемой величины по РМГ 29-2013 – это «значение величины, которое соответствует определению измеряемой величины» (РМГ 29-2013. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. С. 10), что никак не подразумевает под собой для точности измерений степени близости к принятому опорному значению в трактовке ИСО 5725.

РМГ 29-2013 и ГОСТ Р ИСО 5725 не гармонизированы между собой в части большинства идентичных терминов. Если рассмотреть одно из главных понятий, введенных впервые ГОСТ Р ИСО 5725, а именно «*воспроизводимость*» и «*условия воспроизводимости*», то, согласно ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002, условия воспроизводимости – это «условия, при которых результаты измерений (или испытаний) получают одним и тем же методом, на идентичных объектах испытаний, в разных лабораториях, разными операторами, с использованием различного оборудования» [13]. Далее следует примечание, что: «следует отметить, что в отечественных государственных стандартах и других нормативных документах на методы испытаний продукции, в том числе для целей подтверждения соответствия (обязательной сертификации), условия воспроизводимости соответствуют установленным в 3.18 ГОСТ Р ИСО 5725-1 (см. также ГОСТ Р 51672). Именно таким понятием воспроизводимости результатов измерений оперируют при возникновении спорных ситуаций между лабораториями поставщика и покупателя при контроле качества и (или) безопасности продукции» [13]. Представим, что спорная ситуация все же возникла и лаборатория поставщика или покупатель захотят обратиться к действующему документу государственной системы обеспечения единства измерений – РМГ 29-2013, также содержащим определение термина «условия воспроизводимости». И что же они в нем найдут? А найдут то, что в РМГ 29-2013 определение термина «условия воспроизводимости» не содержит указания о необходимости для условий воспроизводимости получения результатов измерений одним и тем же методом. Более того, в примечании к п. 3.17 в определении РМГ 29-2013 сказано, что: «В исключительных случаях, разные средства измерений могут применяться в соответствии с разными методиками измерений». Так на основании одного или разных методов должны быть получены результаты измерений для обеспечения условий воспроизводимости? Каким образом можно будет разрешить спорную ситуацию между поставщиком и покупателем, касающуюся применяемых методов измерений, проводимых различными лабораториями, если один будет обосновывать свои требования по ГОСТ 5725, а другой – по РМГ 29-2013 и требования к применяемым методам измерений изначально не были зафиксированы в договоре?

В законодательных и нормативных документах РФ в области метрологии отсутствует ясное различие между такими понятиями как «метод измерений» и «методика выполнения измерений». Авторами, в том числе и [3, 6], ранее уже многократно рассматривалось сопоставление понятий «метод измерений» по ГОСТ Р ИСО 5725 и «методика выполнения измерений» по ГОСТ Р 8.563-96. Понятие «метод измерений» по ГОСТ Р ИСО 5725 соответствует понятию «методика выполнения измерений (МВИ)» по ГОСТ Р 8.563-2009 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений», но не соответствует этим же определениям по РМГ 29-2013.

ГОСТ Р 8.563-96 был заменен в апреле 2010 г. на ГОСТ Р 8.563-2009. Определение термина «методика (метод) измерений» в нем стало абсолютно идентичным разъяснению данного понятия, приведенному в предисловии к стандартам ГОСТ Р ИСО 5725: «методика (метод) измерений: Совокупность конкретно описанных операций, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с установленными показателями точности» (ГОСТ Р 8.563-2009. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений. М.: Стандартинформ, 2010, С. 2).

Причем отдельного определения для термина «метод измерений» в стандарте не приведено. В общем предисловии к стандартам ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 ÷ ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002 приводится разъяснение, что именно подразумевает под собой понятие «метод измерений» в трактовке ГОСТ Р ИСО 5725: «понятие «метод измерений» («*measurement method*») включает совокупность операций и правил, выполнение которых обеспечивает получение результатов с известной точностью» [13]. Там же приводятся уточнения по смысловым совпадениям таких понятий как: «метод измерений», «метод испытаний», «стандартизированный метод измерений» и «результат измерений»: «в оригинале ИСО 5725 очень часто употребляется в качестве понятия «метод измерений» и английский термин «*test method*», перевод которого на русский язык – «метод испытаний» (см. в оригинале примечание 1 к пункту 3.2 ИСО 5725-1) и который по смыслу совпадает с термином 6.2 ИСО 5725-1 «*standard measurement method*» (стандартизированный метод измерений). Соответственно в качестве термина «результат измерений» в оригинале стандарта чаще используется английский термин «*test result*» (см. пункт 3.2 ИСО 5725-1), причем в контексте как с термином «*test method*» (см. пункт 3.2), так и с термином «*measurement method*» [13].

Если имеется такая путаница в различных понятиях, связанная как с особенностями перевода, так и с тем, что именно подразумевает под собой исходный оригинал международного стандарта на английском языке, то почему бы в стандарте

не привести в соответствующем разделе четкое и ясное определение каждого из перечисленных понятий (отдельно – для метода измерений, отдельно – для методики измерений), во избежание двусмысленных трактовок, в зависимости от того или иного контекста? В этом как раз и состоит недостаток прямого применения идентичных международных стандартов в аутентичном переводе. Если взять за основу исходный международный документ на английском языке, выполнить качественный перевод, а затем внести в него дополнения, уточнения и корректировки (не обязательно технического характера), начиная с правильного и ясного определения приведенной в нем терминологии, которая учитывала бы особенности русского языка и специфику понятий, применяемых в этой же отрасли, вопросов и нареканий к стандарту, изначально стало бы значительно меньше.

Поскольку понятие «метод измерения» в трактовке ГОСТ Р 8.563-96 идентичен по смыслу понятию «методика измерений», то здесь следует обратиться к введенному в действие в 2015 году нормативному документу, регламентирующему разработку методик выполнения измерений – ГОСТ 8.010-2013 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений. Основные положения». Данный стандарт: «распространяется на методики выполнения измерений (МВИ), включая методики количественного химического анализа (МКХА) и количественные методики микробиологического анализа, и устанавливают общие положения и требования, относящиеся к разработке, стандартизации, методик выполнения измерений и метрологическому надзору (контролю) за ними» (ГОСТ 8.010-2013. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений. Основные положения. М.: Стандартинформ, 2014, С. 1). При этом в части терминологии, применяемой при оценке показателей точности, ГОСТ 8.010-2013 ссылается только на термины и определения по ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002, исключая метрологические понятия, установленные в РМГ 29-2013. К РМГ 29-2013 имеется значительное количество претензий и нареканий, но если ГОСТ 8.010-2013 распространяется на методики выполнения измерений, в которых применяется процедура оценки показателей не только для количественного химического анализа, по какой причине терминология ограничена только определениями, установленными ГОСТ Р ИСО 5725? Получается, что, при разработке методик выполнения измерений, не относящихся к количественному химическому анализу состава веществ, следует руководствоваться терминологией и понятиями, установленными ГОСТ Р ИСО 5725, исключая трактовку, приведенную в иных нормативных документах. Тогда, какой статус имеет РМГ 29-2013? Какой из документов является приоритетным среди документов государственной системы

обеспечения единства измерений? Чем именно следует руководствоваться разработчикам методик и пользователям стандартов в случае разногласий?

Терминология является основополагающей базой, в соответствии с которой разрабатываются теоретические и экспериментальные методы в любой научной области. Термины и подразумеваемые под ними понятия и должны быть четко и ясно установленными, идентичными и согласованными с понятиями, применяемыми в других нормативных документах. Определения терминов должны исключать двусмысленность их трактовок в зависимости от контекста. Не может вводиться в действие стандарт, к которому требуются пояснения с размышлениями о том, что именно могли иметь в виду авторы документа в том или ином положении. Трактровка в зависимости от контекста приводит к использованию нормативных положений в тех или иных интересах и в законодательных и нормативных документах не применима. Это дискредитирует саму сущность и смысл такого понятия как «стандарт» или «нормативное требование». Учитывая еще, что такого рода пояснения вынуждены приводить авторы, непосредственно осуществлявшие перевод текста стандарта на русский язык [1]. На основании перечисленных выше противоречий следует констатировать, что в законодательной метрологии в настоящий момент существует двойственность в части применяемых в ней понятий и определений, когда под одним и тем же термином утверждаются принципиально разные по сути понятия.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СТАНДАРТОВ ГОСТ Р ИСО 5725

### Применение стандартных образцов

Если переходить от терминологии к непосредственному применению ГОСТ Р ИСО 5725, то для начала следует рассмотреть положения стандарта, относящиеся к использованию стандартных образцов. В сноске, приведенной во введении к международному стандарту ИСО 5725, приводится уточнение нескольких, применяемых по тексту исходной англоязычной версии терминов, относящихся к стандартным образцам:

- «стандартные образцы (СО)» («*reference materials (RM)*»);
- «аттестованные стандартные образцы» («*certified reference materials (CRM)*»);
- «стандартные образцы предприятия (лаборатории) (СОП)» («*internal reference materials*»);
- «собственные стандартные образцы, приготовленные лабораторией» («*private reference materials prepared by the laboratory*»).

Как совершенно справедливо отмечено у автора [6]: «Вся предыстория введения в метрологическую практику СО, как специальных метрологических средств, связана с усилиями не допускать к применению «в качестве СО» чего-то другого, не яв-

ляющимся СО» [6]. Однако присутствующая в ИСО 5725 многочисленность трактовок понятия «стандартный образец», а также указания раздела 6 ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002 «Методы контроля стабильности результатов измерений в пределах лаборатории» допускают к применению собственных, приготовленных внутри лаборатории, стандартных образцов: «может оказаться, что для измеряемой данным методом характеристики не существует истинного значения, или, если даже условно истинное значение существует, то отсутствует возможность проверки правильности результатов измерений из-за того, что нет необходимого стандартного образца ... Трудно проверить правильность результата измерений, если нет стандартного образца. Тем не менее, на практике вместо аттестованного значения измеряемой характеристики во многих случаях в качестве опорного значения может быть использован результат измерений, полученный квалифицированным оператором в хорошо оборудованной лаборатории, строго, безукоризненно и тщательно придерживающейся стандартного метода измерений» [15].

Каким образом может быть гарантировано качество такого «стандартного образца лаборатории», если он не является аттестованным? К тому же этот подход уже оказывается неприменимым для оценки деятельности лабораторий в отношении стандартизированного, используемого в различных лабораториях, метода измерений, когда производится оценка прецизионности по значениям стандартных отклонений повторяемости (сходимости) и воспроизводимости. В разделе 7 ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002 «Использование стандартных отклонений повторяемости и воспроизводимости при оценке деятельности лабораторий» указано, что: «Относительно метода измерений, для которого стандартных образцов нет, такой простой способ оценки невозможен. Такая лаборатория должна сопоставляться с лабораторией, обеспечивающей высокое качество испытаний и широко признанной как лаборатория высокого рейтинга. При постоянной оценке деятельности лабораторий часто несколько лабораторий должно подвергаться оценке одновременно. В этом случае целесообразен совместный оценочный эксперимент как оценка третьего типа» [15]. Т.е. здесь предлагается проведение трех типов оценок, в зависимости от наличия стандартных образцов:

- первый тип оценки: стандартные образцы существуют, и оценка может быть выполнена при участии лишь одной лаборатории;
- второй тип оценки: стандартных образцов нет, и лаборатория должна сопоставляться с лабораторией, обеспечивающей высокое качество испытаний и признанной как лаборатория высокого уровня в рейтинге оценок;

- третий тип оценки: стандартных образцов нет, и проводится совместный оценочный эксперимент для нескольких лабораторий.

Когда внутри одной лаборатории проводится контрольный эксперимент, для которого имеются стандартные образцы, то производится оценка внутренней прецизионности сопоставлением результатов измерений с опорным значением. Предполагается, что в этом случае известно стандартное отклонение повторяемости и установлена прецизионность метода измерений. Здесь в ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002 (п. 7.2.3.1) приводится указание о том, что: «иногда бывает уместным ввести поддающуюся обнаружению систематическую погрешность лаборатории  $\Delta m$  в качестве минимального значения лабораторной систематической погрешности реализуемого метода измерений (см. 3.11 ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002), которую экспериментатор стремится выявить с высокой вероятностью на основании результатов эксперимента» [15]. И вот тут возникает вопрос: «иногда» – это когда? В каких случаях? При каких конкретно значениях? В каких случаях это было бы неприемлемым? Ни в самом стандарте, ни в пособии по его освоению [1] никаких пояснений на этот счет не приводится.

### Оценка точности результатов измерений

В этом же пособии по освоению стандартов ИСО 5725 [1] приводится комментарий к разделу 5 ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002, который должен был быть в обязательном порядке включен в непосредственно текст стандарта, но формат идентичного стандарта с аутентичным переводом, по-видимому, не позволил внести в него дополнения, отсутствующие в исходной версии международного стандарта.

Речь идет о приведенных в разделе 5 ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002 методах проверки приемлемости результатов измерений, при которых диапазон результатов  $N$ -го количества измерений может превышать заданный в предыдущем разделе 4 ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002 предел. В этом случае по соображениям коммерческого характера в стандарте предлагается не отбрасывать такие результаты, а в зависимости от того, насколько дорогостоящими являются измерения, или проводить дальнейшие измерения или сводить эти результаты к медиане. В пособии приведен по этому поводу важный комментарий, который, к сожалению, остался вне рамок стандарта, а именно: «Положения этого раздела, относящегося к экстраординарным ситуациям, когда результаты многочисленных дорогостоящих измерений вдобавок содержат неудаляемые выбросы, нельзя считать универсальными и использовать в отрыве от раздела 4 при проверке приемлемости и тем более – при обосновании требований к достаточности статистики» [1].

Авторами [1, 3-9], также неоднократно подчеркивалось, что за основу подходов к оценке точности результатов измерений в ИСО 5725 приняты методы математической статистики. В ГОСТ Р ИСО

5725-6-2002 в разделе 4 рассматриваются статистические методы нахождения пределов повторяемости и воспроизводимости. В качестве меры для рассмотрения различий между двумя результатами измерения используется:

$$\sigma\sqrt{2}f, \quad (1)$$

где  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение;  $f$  – коэффициент критического диапазона. Коэффициент зависит от двух факторов: закона распределения случайной величины и доверительного уровня вероятности.

Значение коэффициента критического диапазона установлено в ИСО 5725 на основании предположения (разработчиками стандарта допускается), что погрешности всех измерений, выраженные в виде случайных величин, приближенно подлежат нормальному закону распределения. Т.е. для всех унимодальных распределений в ИСО 5725 применяют методы оценки, принятые в статистике только для нормальных распределений. Исходя из этого, принимается доверительный уровень вероятности, равный 95 %, и значение коэффициента критического диапазона, равное 1.96. На основании чего разработчиками стандарта предполагается, что распределение обязательно должно быть нормальным, а уровень вероятности обязательно 0.95 %? Соответственно, какая точность может быть обеспечена, если распределение подчиняется другому закону и при ином уровне вероятности?

Кроме того, если значение критического диапазона «представляет собой 95 %-ный квантиль распределения:

$$(x_{\max} - x_{\min})/\sigma, \quad (2)$$

где  $x_{\max}$  и  $x_{\min}$  – это экстремальные значения в выборке  $n$  из нормального распределения со стандартным отклонением  $\sigma$  [16], то для двух результатов измерений при нормальном законе распределения значение множителя  $f$ , на основании значений коэффициента Стьюдента, должно составлять 12.71. Указанное в стандарте значение множителя  $f$ , равное 1.96, соответствует коэффициенту Стьюдента для количества измерений, стремящегося к бесконечности [16].

В итоге можно установить, что, во-первых, статистические методы, принятые в стандартах ИСО 5725, не будут способствовать повышению оценки точности измерений, в случае, если распределение лабораторных составляющих систематических погрешностей будет унимодальным, но при этом не будет подчиняться нормальному закону распределения с уровнем вероятности 0.95 %, на что некоторыми авторами [3, 5] ранее уже обращалось внимание. И, во-вторых, то, что в стандартах ИСО 5725 для двух результатов измерений применяют те же статистические критерии, что и для бесконечного числа измерений.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Международные стандарты ИСО 5725 были приняты и введены в действие в целях внедрения на международном уровне единых подходов к оценке точности измерений и проведения межлабораторных испытаний. Глобализация и введение единых нормативных требований для устранения барьеров в торговле, затронула и область метрологии. Целью установленного в ИСО 5725 совместного оценочного межлабораторного эксперимента является, прежде всего, получение близких друг к другу, максимально идентичных результатов, а не достижение наивысшей точности. Как указано в руководстве по освоению стандартов ИСО 5725: «Целью межлабораторного эксперимента не может и не должна быть демонстрация наилучших показателей точности в регионе или в лаборатории – это принесет только вред» [1].

Применяя положения стандартов ГОСТ Р ИСО 5725 следует иметь в виду, что принятые в них подходы установлены, в первую очередь, для достижения максимально идентичных результатов измерений, проводимых в различных лабораториях, на различных территориях и в разных государствах. Эти методы являются очень удобными для устранения препятствий, связанных с индивидуальными подходами к оценке точности, установленными в той или иной национальной системе стандартизации. Нельзя не отметить положительные моменты, присутствующие в данных стандартах, в первую очередь с точки зрения их экономической целесообразности. В них определенно прослеживается зависимость рекомендуемых к использованию подходов от стоимости измерений. Основная концепция всей группы стандартов ИСО 5725 ясно выражена в названии его шестой части – ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002: «Использование значений точности на практике». Именно использование значений точности в конкретных целях (снижение стоимости измерений, устранение препятствий в торговле), а не достижение наивысшей статистической точности является основным способом оценки результатов измерений через определение показателей прецизионности в условиях повторяемости и воспроизводимости.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Голубев Э.А., Исаев Л.К. Измерения. Контроль. Качество. ГОСТ Р ИСО 5725. Основные положения. Вопросы освоения и внедрения. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2005. 136 с.
2. Пчелкин А.А. Сравнение стандартов ГОСТ Р ИСО 51814.5-2005 и ГОСТ Р ИСО 5725-4-2002 // Инновационная наука. 2016. № 4-3. С. 141-143.
3. Вернидуб О.Д. Применение ГОСТ Р ИСО 5725-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений» при оценке качества результатов анализа и испытаний в испытательной (аналитической) лаборатории // Современная лабораторная практика. 2009. № 4 (8). С. 7-11.

4. Алексеев А.В. Метрологическая экспертиза методик количественного химического анализа // Газовая промышленность. 2008. № 4. С. 32-36.
5. Шатова И.А., Ледуховский Г.В. Особенности применения стандартизованных методов статистической обработки результатов теплотехнического и теплохимического эксперимента // Вестник ИГЭУ. 2007. № 2. С. 14-19.
6. Семенко Н.Г. Почему сохраняются в неприкосновенности некорректные положения стандартов ГОСТ Р ИСО 5725 // Стандартные образцы. 2006. № 4, С. 8-12.
7. Кадис Л.П. Метрологический и статистический смысл понятия «точность» в химическом анализе. ИСО 5725, показатели точности и неопределенность измерений // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2006. Т. 72, № 2. С. 53-60.
8. Гусарова С.Н., Инкин А.С., Белова М.М. Применение положений стандартов ГОСТ Р ИСО 5725 в практике испытательных лабораторий // Партнеры и конкуренты. 2006. № 1. С. 9-16.
9. Дворкин В.И. Внутрилабораторный контроль точности результатов измерений по стандартам ГОСТ Р ИСО 5725-1 и ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002 // Партнеры и конкуренты. 2003. № 1. С. 26-39.
10. Исаев Л.К., Заец Е.А., Коровкин И.А. Внедрение стандартов ГОСТ Р ИСО 5725 в практику // Контроль качества продукции. 2002. № 9. [Электронный ресурс]: <http://www.ria-stk.ru/mos/adetail.php?ID=8199> (дата обращения: 10.06.2017).
11. Фридман А.Э. Основы метрологии. Современный курс. СПб.: НПО «Профессионал», 2008. 284 с.
12. Портал Открытое образование. Курсы ведущих вузов России. Курс «Метрология» // НИТУ «МИСиС», Москва. [Электронный ресурс]: <https://openedu.ru/course/misis/METROL> (дата обращения: 10.06.2017).
13. ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения. М., 2009. 24 с.
14. ГОСТ Р ИСО 5725-2-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений. М., 2009. 42 с.
15. ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 6. Использование значений точности на практике. М., 2009. 42 с.
16. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учебник для вузов / А.И. Якушев [и др.]. М.: Машиностроение, 1986. 352 с.

## REFERENCES

1. Golubev E.A., Isaev L.K. *Izmereniia. Kontrol'. Kachestvo. GOST R ISO 5725. Osnovnye polozheniia. Voprosy osvoeniia i vnedreniia* [Measurement. Control. Quality. GOST R ISO 5725. The main provisions. The issues of development and implementation]. Moscow, FGUP "Standartinform" Publ., 2005. 136 p (in Russian).
2. Pchelkin A.A. *Sravnenie standartov GOST R ISO 51814.5-2005 i GOST R ISO 5725-4-2002* [Comparison of standards GOST R ISO 51814.5-2005 and GOST R ISO 5725-4-2002]. *Innovatsionnaia nauka* [Innovative science], 2016, no. 4-3, pp. 141-143 (in Russian).
3. Vernidub O.D. *Primenenie GOST R ISO 5725-2002 "Tochnost' (pravil'nost' i pretsizionnost') metodov i rezul'tatov analiza i ispytaniia" pri otsenke kachestva rezul'tatov analiza i ispytaniia v ispytatel'noi (analiticheskoi) laboratorii* // *Sovremennaya laboratornaia praktika*. 2009. № 4 (8). С. 7-11.

- nii v ispytatel'noi (analiticheskoi) laboratorii [The application of GOST R ISO 5725-2002 "Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results" in assessing the quality of results of analysis and tests in the test (analytical) laboratory]. *Sovremennaiia laboratornaia praktika* [Modern laboratory practice], 2009, no. 4 (8), pp. 7-11 (in Russian).
4. Alekseev A.V. *Metrologicheskaiia ekspertiza metodik kolichestvennogo khimicheskogo analiza* [Metrological examination of the methods of quantitative chemical analysis]. *Gazovaia promyshlennost'* [Gas industry], 2008, no. 4. pp. 32-36 (in Russian).
  5. Shatova I.A., Ledukhovskii G.V. *Osobennosti primeniia standartizirovannykh metodov statisticheskoi obrabotki rezul'tatov teplotekhnicheskogo i teplokhimicheskogo eksperimenta* [Features of the application of standardized methods of statistical processing of the results of the heat engineering and thermochemical experiment], *Vestnik IGEU* [Bulletin of the Ivanovo State Power Engineering University], 2007, no. 2, pp. 14-19 (in Russian).
  6. Semenko N.G. *Pochemu sohraniatsia v neprikosnovennosti nekorrektnye polozheniia standartov GOST R ISO 5725* [Why remain intact incorrect standards GOST R ISO 5725], *Standartnye obraztsy* [Reference Materials], 2006, no. 4, pp. 8-12 (in Russian).
  7. Kadis L.R. *Metrologicheskii i statisticheskii smysl poniatii "tochnost'" v khimicheskoi analize. ISO 5725, pokazateli tochnosti i neopredelennost' izmerenii* [Metrological and statistical meaning of the term "accuracy" in chemical analysis. ISO 5725, accuracy rates and measurement uncertainty]. *Zavodskaiia laboratoria. Diagnostika materialov* [Factory laboratory. Diagnostics of materials], 2006, vol. 72, no. 2, pp. 53-60 (in Russian).
  8. Gusarova S.N., Inkin A.S., Belova M.M. *Primenenie polozhenii standartov GOST R ISO 5725 v praktike ispytatel'nykh laboratorii* [Application of the provisions of GOST R ISO 5725 standards in the practice of testing laboratories]. *Partnery i konkurenty* [Partners and competitors], 2006, no. 1, pp. 9-16 (in Russian).
  9. Dvorkin V.I. *Vnutrilaboratornyi kontrol' tochnosti rezul'tatov izmerenii po standartam GOST R ISO 5725-1 i GOST R ISO 5725-6-2002* [Intralaboratory control of the accuracy of measurement results by standards GOST R ISO 5725-1 and GOST R ISO 5725-6-2002]. *Partnery i konkurenty* [Partners and competitors], 2003, no. 1, pp. 26-39 (in Russian).
  10. Isaev L.K., Zaets E.A., Korovkin I.A. *Vnedrenie standartov GOST R ISO 5725 v praktiku* [The implementation of standards of GOST R ISO 5725 in practice]. *Kontrol' kachestva produktsii* [Control of product quality], 2002, no. 9. Available at: <http://www.ria-stk.ru/mos/adetail.php?ID=8199> (Accessed 10 June 2017).
  11. Fridman A.E. *Osnovy metrologii. Sovremennyi kurs* [Fundamentals of Metrology. A modern course]. Saint Petersburg, NPO "Professional" Publ., 2008. 284 p (in Russian).
  12. *Portal Otkrytoe obrazovanie. Kursy vedushchikh vuzov Rossii. Kurs "Metrologiia"* [Portal Open Education. Courses of leading universities of Russia. Course "Metrology"]. NITU "MISIS", Moscow. Available at: <https://openedu.ru/course/misis/METROL> (Accessed 10 June 2017).
  13. GOST R ISO 5725-1-2002. *Tochnost' (pravil'nost' i pretsizionnost') metodov i rezul'tatov izmerenii. Chast' 1. Osnovnye polozheniia i opredeleniia* [State Standard 5725-1-2002. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 1. General principles and definitions]. Moscow, Standartinform Publ., 2009. 24 p. (in Russian).
  14. GOST R ISO 5725-2-2002. *Tochnost' (pravil'nost' i pretsizionnost') metodov i rezul'tatov izmerenii. Chast' 2. Osnovnoi metod opredeleniia povtoriaemosti i vosproizvodimosti standartnogo metoda izmerenii* [State Standard 5725-2-2002. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 2. Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method]. Moscow, Standartinform Publ., 2009. 42 p. (in Russian).
  15. GOST R ISO 5725-6-2002. *Tochnost' (pravil'nost' i pretsizionnost') metodov i rezul'tatov izmerenii. Chast' 6. Ispol'zovanie znachenii tochnosti na praktike* [State Standard 5725-6-2002. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 6. Use in practice of accuracy values]. Moscow, Standartinform Publ., 2009. 42 p. (in Russian).
  16. Iakushev A.I., Vorontsov L.N., Fedotov N.M. *Vzaimozameniaemost', standartizatsiia i tehnicheckie izmereniia: Uchebnik dlia vtuzov* [Interchangeability, standardization and technical measurements: the Textbook for technical colleges]. Moscow, *Mashinostroenie* [Mechanical engineering] Publ., 1986. 352 p. (in Russian).