

С.В. Фролов, С.П. Грабарев
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,
e-mail: info@academygps.ru)

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ. НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ И ПОГРЕШНОСТЬ

Рассматриваются два подхода для оценки точности результатов измерений (на основе расчета погрешности и неопределенности). Дан их сравнительный анализ. Обосновано использование неопределенности при международных сопоставлениях результатов измерений.

Ключевые слова: качество измерений, погрешность, неопределенность.

S. Frolov, S. Grabarev MODERN LINES IN ESTIMATION OF QUALITY OF RESULTS OF MEASUREMENTS. UNCERTAINTY AND AN ERROR

Two approaches for estimation of accuracy of results of measurements (on the basis of error and uncertainty calculation) are considered. Their comparative analysis is given. Uncertainty use by the international comparisons of results of measurements is proved.

Key words: quality of measurements, an error, uncertainty.

Производство и применение продукции с определенными физико-химическими и механическими характеристиками, контроль соответствия характеристик продукции установленным требованиям невозможны без проведения тщательных и качественных измерений. Это относится, в первую очередь, к высокотехнологичным гражданским и военным сферам деятельности, где отклонения свойств применяемой продукции от требуемых техническими регламентами могут, в конечном счёте, привести к катастрофам и чрезвычайным ситуациям.

Так, в новом федеральном законе от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности", устанавливающим общие требования пожарной безопасности к объектам защиты (продукции), пожарно-технической продукции и продукции общего назначения, большое значение придается правилам и методам исследований (испытаний и измерений) [1]. Создаваемая на его основе нормативная база включает в себя своды правил и государственные (национальные) стандарты, в большинстве из которых требуется проводить испытания соответствующей продукции. При этом проводятся измерения различных величин.

Результат измерения всегда отличается от истинного значения исследуемой величины, т.е., неизвестная величина определяется с некоторой погрешностью, формы и методы расчета которой широко представлены в соответствующей нормативной документации. В последнее время в вопросах изучения точностных показателей результатов измерений (качества измерений) исследуемой величины, наряду с характеристикой "погрешность", используется характеристика "неопределенность". Так, например, процедура аккредитации испытательных лабораторий включает в себя проверку на соответствие её требованиям, изложенным в ГОСТе Р ИСО/МЭК 17025-2006 [2]. В соответствии с указанным стандартом, "Испытательные лаборатории должны применять процедуры оценки неопределенности измерений...". Иными словами, лаборатории, подтверждающие свою компетентность в проведении испытаний и измерений, должны уметь рассчитывать неопределенность своих результатов.

Как показывает реальный опыт, лаборатории зачастую испытывают трудности в представлении результатов с оценкой их неопределенности и затрудняются провести аналогию между погрешностью результатов и их неопределенностью.

В действительности же, если лаборатории оценивают неизвестную величину с применением регламентированных правил расчета суммарной погрешности измерения, то результат этой оценки аналогичен тому, который получается в случае использования рекомендуемых правил расчета расширенной неопределенности.

С чем же связан терминологический переход от "погрешности" (error) к "неопределенности" (uncertainty)?

Детальный анализ появления в метрологической среде понятия "неопределенность" представлен в работе [3].

Если до 70-х годов представления в метрологии о погрешностях измерений, их случайных и систематических составляющих, о характеристиках этих составляющих и погрешности в целом были едиными, установившимися, то впоследствии стало накапливаться неудовлетворение принятыми представлениями. В международном сообществе метрологов начала ощущаться потребность в разработке практического руководства по определению, оцениванию, объединению погрешностей измерений, основанного на новых концепциях.

В 1977 г. Международный комитет мер и весов (МКМВ) поручил Международному бюро мер и весов (МБМВ) изучить новые принципиальные подходы к проблеме погрешностей измерений и подготовить предложения для выработки соответствующей рекомендации для практических метрологических работ. Специальная рабочая группа МБМВ в 1980 г. разработала Рекомендацию INC-1 "Выражение экспериментальных неопределенностей", очень краткую и общую, которая была одобрена МКМВ в 1981 г.

В 1986 г. МКМВ обратился в Международную организацию стандартизации (ИСО) с предложением о создании совместной группы экспертов, которые на основе рекомендации, одобренной МКМВ, разработали бы детальный руководящий документ по рассматриваемой проблеме. Этой проблемой стала заниматься специально созданная группа по метрологии ИСО ТАГ 4/РГЗ. В 1993 г. вышла первая редакция Руководящего документа – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement [4], а в 1999 г. Руководящий документ принят в качестве Европейского стандарта ENV 13005:1999 национальными органами по стандартизации шестнадцати европейских государств – членов Европейской Комиссии по стандартизации (CEN).

Целью создания Руководящего документа (Руководства) являлось:

- обеспечение полной информации о том, как составлять отчеты о неопределенности;
- предоставить основу для международного сличения результатов измерения.

Поскольку в России вся нормативная документация (стандарты и технические условия на общие технические требования к средствам измерений, на методы поверки, методики измерений, методы испытаний, стандарты Государственной системы обеспечения единства измерений и др.) ориентирована на традиционный и устоявшийся подход, основанный на понятии "погрешность", то с целью гармонизации нормативных документов в международном масштабе Госстандарт России поручил ВНИИМ им. Д.И. Менделеева подготовить перевод на русский язык Guide [4]. "Руководство по выражению неопределенности измерения" [5] было издано ВНИИМ в 1999 г. под редакцией профессора В.А. Слаева, который в своих публикациях неоднократно акцентировал внимание на безоговорочном принятии этого документа и широкой дискуссии среди отечественных метрологов, предшествующей переводу на русский язык Guide.

Вопрос внедрения Руководства в отечественную метрологическую практику специально рассматривался на заседании Научно-технической комиссии по метрологии и измерительной технике Госстандарта России в 2000 г. Научно-техническая комиссия приняла решение, в котором было отмечено: "Считать целесообразным при разработке новых нормативных документов, а также при пересмотре действующих НД по метрологии, стандартизации и сертификации вводить в эти документы требования по выражению результатов измерений с использованием, при необходимости, неопределенности наряду с характеристиками погрешности".

Интересно отметить, что на том этапе, когда был разработан первый проект Рекомендации ИСО ТАГ 4/РГЗ (1987 г.), было четко отмечено, что Рекомендация предназначена для использования на верхнем уровне метрологических работ - в национальных первичных эталонных лабораториях и у их "потребителей" – во "вторичных" калибровочных лабораториях.

(Правда, в проекте отмечалось, что Рекомендация может быть использована и на более низких уровнях метрологических работ).

Обратимся к начальному этапу разработки Рекомендации, когда МБМВ разослало анкеты 32 национальным метрологическим организациям основных заинтересованных стран. Среди ответов на анкету МБМВ четко высказывались по данному вопросу Национальная физическая лаборатория (НФЛ) Великобритании и Физико-технический институт (ФТИ) ФРГ.

Из ответа НФЛ вытекала следующая позиция. Погрешность измерений традиционно считается разностью между результатом измерения и истинным значением измеряемой величины. Истинное значение измеряемой величины всегда неизвестно. Следовательно, погрешность, как величина, количественная мера, тоже всегда неизвестна. Обсуждение погрешности измерений как величины, характеризующей измерения, поэтому бесполезно. На практике, когда обсуждаются погрешности измерений, имеются в виду не конкретные величины, а некоторые неопределенности результатов измерений. Необходимо разграничить два термина: "погрешность" и "неопределенность".

В ответе ФТИ излагается следующее представление: неопределенность выражает возможное отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины. Количественно неопределенность можно представить как интервал вокруг результата измерения или вокруг истинного значения измеряемой величины, соответствующей определенной вероятности.

Согласно [3], наиболее ясно мнение о причинах введения понятия "неопределенность" выражено в ответе НФЛ. Понятию "погрешность" как величине, имеющей конкретное значение, противопоставляется понятие "неопределенность", в котором отражается некоторое сомнение.

"Надо признать, пишет автор [3], что это, пожалуй, единственное, сколько-нибудь оправданное объяснение того, почему возникло предложение о введении термина "неопределенность".

Получается, что принципиальное различие между "погрешностью" и "неопределенностью", о котором написано в ответе НФЛ, касается больше философских оттенков. Как только переходят к вопросам практики, к неизбежным вопросам о том, как же отражать "сомнение", "неуверенность", экспериментаторы в своих результатах сразу возвращаются к методам определения погрешности измерений.

По мнению автора [3], при технических измерениях, когда представляет интерес та или иная характеристика случайной величины - отклонения результата измерения от истинного значения измеряемой величины - нет никаких ни теоретических, ни практических причин отказываться от традиционного, широко распространенного удобного термина "погрешность измерения". Замена этого термина другим (неопределенность изме-

рения), несущим в технических измерениях ту же смысловую нагрузку, приведет к путанице в умах, публикациях, в документах. Необходимо только помнить, что погрешность измерений – это случайная величина со своими вероятностными или статистическими характеристиками.

Однако имеются ситуации, когда понятие "неопределенность" может быть более удобным. В задачах лабораторных измерений высшей точности требуется оценивать истинное значение измеряемой величины (например, при аттестации эталонов, определениях значений фундаментальных констант и т.д.). При этом может оказаться целесообразным указывать тот доверительный интервал, который с известной вероятностью (доверительной вероятностью) покрывает истинное значение измеряемой величины. Этот интервал действительно адекватен понятию "неопределенность истинного значения измеряемой величины". В подобных задачах понятие "погрешность измерения" теоретически оказывается излишним.

В настоящее время "Руководство по выражению неопределенности измерения" [5] широко используется службами стандартизации, калибровки, аккредитации лабораторий и метрологии. "Неопределенность", согласно п. В.2.18 Руководства, выражается как "параметр, связанный с результатом измерений и характеризующий рассеяние значений, которые достаточно обоснованно могли бы быть приписаны измеряемой величине". В Примечании п. В.2.18 оговаривается, что этим параметром может быть, например, стандартное отклонение (или число, кратное ему) или половина интервала, имеющего указанный уровень доверия.

В основу разделения (классификации) составляющих "неопределенности" положено не их влияние на конечный результат измерения (как это было для "случайной погрешности" и "систематической погрешности"), а источники происхождения. Еще в ответе на анкету НФЛ отвергала наименования "случайная неопределенность" и "систематическая неопределенность".

Принятое "Руководство" [4] классифицирует неопределенности на две группы: типа А и типа В. Неопределенности типа А – это неопределенности, которые могут быть оценены статистическими методами на основе повторных (многократных) измерений. Неопределенности типа В – неопределенности, которые оцениваются не статистическими методами, а на базе научного суждения, основанного на всей доступной информации о возможной изменчивости измеряемой величины. Фонд информации может включать:

- данные предварительных измерений;
- данные, полученные в результате опыта, или общие знания о поведении и свойствах соответствующих материалов и приборов;
- спецификации изготовителя;
- данные, которые приводятся в свидетельствах о калибровке и в других сертификатах;

- неопределенности, приписываемые справочным данным, взятым из справочников.

Несмотря на принципиальное различие в классификации для "погрешностей" и "неопределенностей", оценки измеряемой величины с определением интервала указанного доверия (доверительного интервала), полученные по регламентированным методам (при использовании соответствующей нормативной документации) расчета суммарной погрешности [6, 7] и расширенной неопределенности [4] близки по значениям, а во многих случаях совпадают.

В нормативной документации [8] представлен подробный анализ соответствия между формами представления результатов измерений, используемых в НД ГСИ по метрологии (на основе расчета погрешностей), и формой, используемой в Руководстве (на основе расчета неопределенности). Приводятся примеры, подтверждающие совпадение результатов.

В заключение отметим, что поскольку систематизация методов расчета неопределенности в целом одобрена метрологическим сообществом, в настоящее время термин "неопределенность" при международном сравнении результатов стал общеупотребляемым. В отечественной же практике измерений вполне уместно оперировать характеристиками "погрешности".

Таким образом, в условиях использования результатов лабораторной деятельности на международном уровне, при подтверждении компетенции испытательной лаборатории по критериям международных стандартов, лаборатории вынуждены оценивать и представлять свои результаты на унифицированной базе Руководства по выражению неопределенности измерений [4].

Литература

1. Федеральный закон № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22 июля 2008 г.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2006 "Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий".
3. Земельман М.А. Метрологические основы технических измерений. – М., 1991.
4. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. First edition. – ISO, Switzerland, 1993.
5. Руководство по выражению неопределенности измерения. Перевод с английского под ред. В.А. Слаева. – С.-Пб.: ВНИИМ, 1999.
6. Рекомендации по метрологии Р 50.2.038-2004. Измерения однократные прямые. Оценивание погрешностей и неопределенности результата измерений.
7. Рекомендация. МИ 2083-90. ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей.
8. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. РМГ43-2001. Применение "Руководства по выражению неопределенности измерений".

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 20 февраля 2010 г.