

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РОБАСТНОСТИ МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЙ ПУТЕМ МИНИМИЗАЦИИ МЕТОДИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПОГРЕШНОСТИ РЕЗУЛЬТАТА

Серенков П.С.¹, Гуревич В.Л.,² Навоев Я.Э.¹

¹Белорусский национальный технический университет

²Белорусский государственный институт метрологии

Минск, Республика Беларусь

Валидация (аттестация) метода измерений для целей контроля и испытаний предполагает определение комплекса присущих ей количественных характеристик. Одной из таких характеристик является «робастность метода».

Робастность (robustness) - способность метода давать результаты измерений (испытаний) с приемлемой прецизионностью и правильностью при небольших изменениях параметров метода.

Робастность является качественным понятием и должна доказывать надежность результатов измерений при небольших изменениях параметров метода.

Как известно, на результаты измерений может влиять большое число факторов. Обычно робастной считается методика, для которой ни один из таких факторов не имеет значимо большего (по сравнению с другими факторами) влияния на результаты измерений.

Робастность оценивается на этапе проектирования методики. Если на результаты измерений влияют какие – либо условия его проведения, то эти условия должны быть нормированы и в текст методики вносят соответствующие ограничения (нормы, процедуры). Следствием оценки робастности выступает комплекс параметров пригодности метода, которые обеспечивают корректность результатов измерений во всех случаях использования метода.

Считается, что робастность – характеристика методов измерений из области аналитической химии. Типичные примеры параметров, определяющих робастность метода: устойчивость во времени аналитических растворов, время экстракции, рН подвижной фазы и т.п.

В определенном смысле схожей характеристикой методов измерений в области аналитической химии выступает «специфичность».

Специфичность – способность однозначно оценивать определяемый компонент в анализируемом образце выбранным методом независимо от присутствующих компонентов (примесей, продуктов распада и т.д.) в пределах заданного диапазона применения.

Специфичность также является качественным понятием и также служит доказательством надежности результатов измерений в отношении влияния матрицы пробы, "третьих" элементов при элементном анализе, условий проведения анализа и т.д.

Схожесть этих характеристик заключается в том, что они являются неявными по источникам возникновения (скрытыми), что неизбежно повышает риск их неидентификации и, соответственно, риск некорректного оценивания неопределенности результатов измерений.

Примечание. В математике, обе эти характеристики подпадают под понятие «робастность метода».

Для методов измерений в области геометрических, механических электрических и др. величин эти характеристики традиционно не присутствуют. Мы полагаем, что аналогом этих характеристик являются методическая составляющая погрешности результата измерений. Более того, при ближайшем рассмотрении можно утверждать, что робастность и специфичность - частные случаи проявления методической погрешности результата измерений. Их отличительный признак – неявный специфический характер проявления.

Обобщение и анализ результатов валидации (аттестации) методов измерений в различных областях позволяет утверждать, что в большинстве случаев остаются не выявленными факторы, вызывающие в большей или меньшей степени потерю робастности метода. Основная причина, на наш взгляд, заключается в том, что, как правило, методика идентификации параметров проверки на робастность в соответствующих ТНПА либо отсутствует, либо преподносится в общем виде.

В результате применения системного подхода к анализу проблемы идентификации источников и факторов потери робастности метода измерений нами установлено, что причинами потери робастности могут выступать:

- состояние объекта измерений,
- параметры метода измерений.

Наглядным примером проявления причины скрытой неробастности метода контроля *в отношении состояния объекта* может служить контроль отклонения от круглости. Поставлена задача выбора метода измерений. Наличие четной или нечетной огранки контролируемых деталей (исходное состояние объекта контроля) определяет выбор соответственно двухконтактного или трехконтактного метода контроля. Несоответствие вида отклонения от круглости (состояние заранее неизвестно) методу измерения,

очевидно, приведет к методической погрешности, настолько большой, что достоверность контроля заведомо не будет обеспечивать заданный уровень риска потребителя.

Установлено, что источниками потерь робастности метода измерений *в отношении его параметров* могут выступать:

- входные параметры (параметры процесса преобразования данных);
- параметры метода обработки данных.

Необходимо отметить, что источниками потерь робастности могут быть как отдельные факторы, так и их комбинации, причем комбинации оказывают наибольшее влияние.

Мы предлагаем на этапе валидации (аттестации) метода ввести обязательную проверку на робастность. В основе подхода к исследованию метода измерений на робастность нами предложен экспертный метод, позволяющий использовать априорные знания инженеров – метрологов для идентификации неявных источников потерь робастности.

Метод представляет собой комбинированный алгоритм идентификации факторов, позволяющий с высокой степенью объективности формировать комплекс факторов, вызывающих потерю робастности метода измерений. Алгоритм реализуется в три этапа:

1) на основе методологии IDEF0 разрабатывается функциональная модель процесса измерений, определяющая состав, последовательность функций всего процесса, а также используемые ресурсы категорий:

- персонал,
- инфраструктура (средства измерений, измерительные принадлежности),
- условия выполнения процесса на всех этапах,
- методики выполнения измерений, обработки данных и представления результатов;

2) с помощью простейших экспертных методов сбора данных, методов аналогов и прецедентов формируется совокупность всех потенциально возможных факторов, вызывающих потерю робастности метода измерений (первичное факторное пространство);

3) с помощью экспертных методов анализа данных факторное пространство оптимизируется (минимизируется по критерию полноты и неизбыточности).

Значительно более сложной является задача обеспечения робастности метода измерений в отношении выявленных на предыдущем этапе источников и факторов. Универсальное решение данной задачи для всех случаев очевидно невоз-

можно. Однако можно предложить возможные подходы к решению:

- ликвидация источников потерь робастности,
- введение ограничений на функции или параметры метода.

Подходы к обеспечению робастности метода могут быть реализованы абсолютно или относительно (адаптивно к конкретным условиям).

Абсолютный подход предполагает ликвидацию или введение ограничений в отношении факторов неробастности для всех возможных случаев реализации метода измерений, в то время, как адаптивный подход - в зависимости от конкретной ситуации.

Степень эффективности того или иного подхода зависит от конкретной ситуации. Каждый из них может быть реализован для выявленных ранее источников потерь робастности различными способами.

Источник - состояние объекта измерений.

Пример. Для метода определения теплопроводности образцов из пенополистирола источником потерь робастности был идентифицирован фактор, связанный с неомогенностью материала, так как в нем иногда присутствовала механическая примесь графита. Решение проблемы – из разряда организационно-технических мероприятий: заказчик предписано предоставлять вместе с образцами на испытание документ, свидетельствующий об отсутствии в образцах примесей.

Источник - входные параметры метода (параметры процесса преобразования данных).

Пример. Для метода определения теплопроводности образцов из минеральной ваты было установлено, что в силу повышенной податливости материала имеет место искажение результатов измерений вследствие деформации образца под действием измерительного усилия. Решение проблемы – из разряда организационно-технических мероприятий: была определена процедура, предполагающая предварительное измерение размера образца бесконтактным способом и введение значения размера в память прибора.

Источник - параметры метода обработки данных. Решение проблемы в отношении данной группы источников следует искать среди аналитических методов – робастных методов обработки и анализа данных. Здесь уместно использовать рекомендации стандартов серии СТБ ИСО 5725 по применению методов робастного анализа, изложенные в СТБ ИСО 5725-5.

Приведенные в докладе результаты исследований позволяют сформировать методику обеспечения робастности метода измерений, позволяющую значительно повысить доверие к результатам измерений (контроля, испытаний).