

Определение наиболее значимых областей оценки параметров при разработке критериального подхода выбора средств измерений при проектировании и модернизации технологических процессов

Штундер А.Л.

Университет машиностроения, ФГУП «НПО «Техномаш»
89261372985, shtun@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены предпосылки для разработки системы критериального подхода выбора средств измерений при проектировании и модернизации технологических процессов. Определены и обоснованы основные области оценки параметров средств измерений при критериальном выборе.

Ключевые слова: метрология, выбор средств измерений, метрологические характеристики, критериальная оценка

Введение

Ускорение научно-технического прогресса и повышение качества выпускаемой продукции в немалой степени зависят от метрологического обеспечения разработки и производства, которое с каждым годом приобретает все большее значение. Это обусловливается причинами, отражающими общие тенденции развития экономики и хозяйства Российской Федерации. Растут требования к количеству и достоверности (точности) измерений, необходимых для создания высококачественных изделий. Измерительная информация буквально пронизывает весь цикл проектирования и производства продукции: справочные данные о свойствах веществ и материалов, определяющие надежность, долговечность деталей, узлов, машин; результаты испытаний, по которым совершенствуются, доводятся конструктивные и технологические решения; результаты измерений, необходимые для эффективного управления технологическими процессами; наконец, результаты контроля, по которым принимаются решения о реальном качестве продукции и целесообразности ее дальнейшего выпуска.

Взаимосвязь качества измерительной информации и качества выпускаемой продукции убедительно подтверждается практикой. В данный момент там, где обязательность метрологических правил и норм закреплена в стандартах организаций, качество продукции выше, чем в отраслях (или предприятиях) работающих по ТУ и СТО, требования которых ниже, чем в ГОСТ. До конца 2010 года Министерством промышленности и торговли Российской Федерации и Агентством по техническому регулированию и метрологии будут разработаны все документы, необходимые для функционирования Закона «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 № 102-ФЗ, и механизм метрологического обеспечения станет работоспособным в областях государственного регулирования обеспечения единства измерений.

Анализ существующей нормативной документации и определение цели работы

Одним из важнейших аспектов метрологического обеспечения разработки и производства продукции является корректный выбор средств измерений (далее СИ), который позволяет получить достоверную информацию об измеряемом объекте, оптимизировать затраты на метрологическое обеспечение производства и зависит от множества факторов, в частности от конструктивных особенностей объектов измерений, масштаба производства, принятых в организации форм контроля параметров продукции и технологических процессов, экономических, экологических и других причин.

В настоящее время существует несколько нормативных документов, определяющих порядок и критерии выбора СИ:

1. ГОСТ 8.051-81 устанавливает допускаемые погрешности измерения линейных размеров до 500 мм при приемочном контроле и правила определения приемочных границ с учетом этих погрешностей.
2. РД 50-98-86 является методическими указаниями по выбору средств измерений линейных размеров (диаметров и длин) и величин радиального и торцового биения в диапазоне размеров до 500 мм. Выбор средств измерений с учетом условий измерений по данным методическим указаниям обеспечивает измерение диаметров и длин с погрешностями, не

превышающими значений, допускаемых ГОСТ 8.051. Два этих документа служат краеугольным камнем в области корректного выбора средств линейных измерений и метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации, однако рассматривают лишь характеристики погрешности СИ.

3. МИ 1967-89 – это рекомендация, устанавливающая общие положения по выбору методов и средств измерений при разработке методик выполнения измерений. Но данная рекомендация касается только метрологических характеристик СИ, и в ней отсутствуют требования, касающиеся степени автоматизации измерений, трудоемкости метрологического обслуживания средств измерений и других факторов, связанных с эксплуатационными, эргономическими и т. п. свойствами МВИ. Также в этой методике указано, что выбор методов и средств измерений по заданным исходным данным осуществляет высококвалифицированный персонал, хорошо знакомый с физическими основами измерений, методами нормирования метрологических характеристик и расчета по ним погрешностей средств измерений в реальных условиях их применения, с методами представления и использования результатов и погрешностей измерений, методами расчета результатов и погрешностей косвенных измерений, что вносит элемент субъективного влияния в выбор СИ и не позволяет в полной мере гарантировать его корректность.
4. ГОСТ 8.009-84 распространяется на средства измерений и устанавливает номенклатуру метрологических характеристик (МХ), правила выбора комплексов нормируемых МХ для конкретных типов средств измерений и способы нормирования МХ в нормативно-технических документах (НТД) на средства измерений: в стандартах общих технических условий и стандартах общих технических требований на средства измерений; стандартах технических условий и стандартах технических требований на средства измерений; в технических условиях на средства измерений; в технических заданиях на разработку средств измерений. Данный документ служит основополагающим справочным документом при рассмотрении МХ средств измерений.
5. МИ 2233-2000 – данные рекомендации устанавливают основные положения обеспечения эффективности измерений, выполняемых в технологических процессах для контроля, диагностики, учета количества, оптимизации режимов и реализации других функций управления, в том числе в автоматизированных системах управления технологическим процессом (АСУТП), и могут быть использованы при разработке методических документов по проведению различных метрологических работ (метрологической экспертизе документации, оцениванию погрешности измерений в технологических процессах, выборе средств измерений и разработке системы их метрологического обслуживания и т.п.).
6. МИ 2232-2000 – данные рекомендации устанавливают методику оценивания погрешности измерений, погрешности измерительных каналов информационных измерительных систем (ИИС) и АСУТП расчетным и расчетно-экспериментальными способами в условиях ограниченной исходной информации в случаях, когда прямое экспериментальное оценивание погрешности практически невозможно. Также рекомендации могут быть использованы при разработке программ и методик метрологической аттестации средств измерений, измерительных каналов ИИС и АСУТП, методик выполнения измерений. Стоит отметить, что, как и п. 5, данные рекомендации касаются в основном автоматизированных систем и не распространяются на средства измерений.

Анализ современного состояния базы нормативно-технической документации в области выбора СИ показал, что основополагающие документы чрезвычайно разрознены и в них отсутствует универсальный механизм выбора СИ, учитывающий, помимо показателей погрешности, экономические, производственные, экологические и другие показатели. В результате, вместо того чтобы выбирать СИ, руководствуясь требованиями нескольких документов, проще назначить его, основываясь на имеющемся опыте и уже разработанных технологических процессах. Как правило, в документации к ним не учитывается экономическая, экологическая и эргономическая составляющие характеристик СИ.

В связи со всеми вышеперечисленными причинами цель работы состоит в следующем:

разработка эффективной системы критериев выбора (сравнения друг с другом) СИ при проектировании технологического процесса на примере универсальных средств измерений, применяемых в технологических процессах механической обработки.

Постановка задачи

Одной из задач, необходимых для достижения поставленной цели, является определение наиболее значимых областей оценки параметров СИ, влияющих на его выбор при проектировании нового технологического процесса.

Первой по значению областью оценки являются метрологические характеристики СИ. Их оценивание предлагается проводить по суммарной расчетной погрешности СИ, определенной в соответствии с положениями ГОСТ 8.051-81 и РД 50-98-86 с учетом рекомендаций РД 50-453-84 (в случае однократных измерений). В этой области необходимо осуществить два основных действия: проверить, удовлетворяет ли СИ требованиям по точности, и выяснить, какое из них лучше справляется с этой задачей.

Допускаемые погрешности измерений, установленные этими стандартами, охватывают не только метрологические характеристики измерительных средств, но и составляющие от других источников погрешности. Они оказывают влияние на погрешность измерения (установочные меры, базирование, температурные деформации и т.д.). Допускаемые погрешности измерений относятся к случайным, которые можно выявить практически при всех видах измерений, и неучтенным систематическим. Допускаемые значения случайной погрешности измерения, установленные в данных стандартах, приняты равными 2σ . Допускаемые погрешности измерений нормируются вне зависимости от способа измерения размеров диаметров и длин при приемочном контроле.

Стоит отметить, что соотношения погрешностей и допусков, принятые для качеств в РД 50-98-86, должны изменяться в зависимости от ответственности технологической операции и назначения обрабатываемой детали. Например, если деталь является корпусом датчика давления, применяемого в испытаниях жидкостного ракетного двигателя (ЖРД), то погрешность измерения его размеров не должна превышать 12% от допуска, в противном случае существует риск ошибочных показаний и потери нового ЖРД. Также целесообразно закреплять при проектировании технологических процессов высокие требования к погрешности средств измерений параметров деталей, которые определяют безопасность изделий для людей и окружающей среды. Стоит отметить, что оценка СИ по метрологическим характеристикам, в частности по суммарной погрешности, является наиболее проработанной областью, в которой имеются значительные теоретические и практические наработки.

Следующей областью оценки является область экономических показателей. При расчете экономической эффективности СИ необходимо учитывать временную динамику процесса внедрения и формирования общего экономического эффекта с затратами на анализ состояния измерений и выбор требуемого СИ, на обучение специалистов, подготовку специальных помещений, приобретение, монтаж и освоение необходимого оборудования, приобретение и освоение требуемого СИ, применительно к конкретным производственным условиям.

Помимо основного экономического эффекта в данной области может быть еще и дополнительный экономический эффект, возникающий за счет сокращения экономических потерь в результате повышения достоверности проводимых измерений и качества получаемой измерительной информации (сокращения вероятности возникновения ошибок I и II рода при использовании нового СИ по сравнению с имеющимся).

При оценке и рассмотрении различных вариантов выбора новых СИ целесообразно их сравнивать по интегральному экономическому эффекту от их внедрения. Однако наличие в формулах величин, получаемых на основе определенного периода эксплуатации внедренных СИ, предполагает, что на заводе-изготовителе будут закуплены опытные партии нескольких вариантов и проведено сравнение в течение определенного периода времени. Стоит отметить, что возможности данного подхода могут быть ограничены небольшими объемами контролируемой продукции и отсутствием необходимости в закупке нескольких СИ. В этом случае единственным выходом является замена эмпирических параметров формул предполагаемыми

или (что немногим лучше) взятыми из опыта аналогичных организаций уже приобретавших подобные новые СИ.

Выбор новых СИ влечет за собой внедрение новых методик измерения, что дает отдельный экономический эффект. Такое возможно, благодаря снижению себестоимости измерений (из-за совершенствования процесса измерений, обработки результатов и др.) и уменьшения потерь от погрешности измерений при контроле.

Таким образом, в качестве критерия в области экономических показателей стоит выбрать интегральный экономический эффект от внедрения нового СИ или от внедрения новой МВИ с применением данного СИ. В интегральный экономический эффект обязательно необходимо включать показатели затрат по обеспечению метрологической исправности СИ – затрат на поверку и/или калибровку и ремонт.

Не менее важной областью оценки показателей различных СИ должна быть надежность (в т.ч. и метрологическая). Надежность – это свойство, относящееся к любым техническим объектам, в частности к средствам измерений. Оно включает такие свойства, как безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость. Как известно, все эти понятия основаны на изучении явлений отказа, т. е. нарушения работоспособности объекта.

Основным показателем надежности для любых средств измерений устанавливается так называемая наработка на отказ. Применительно к ним под «наработкой» понимают продолжительность работы объекта, а под «средней наработкой на отказ» (Т₀) — отношение наработки восстанавливаемого объекта к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки. Это вероятностное определение понятия Т₀. Именно этот показатель и должен быть выбран в качестве оцениваемого. Как и в случае с метрологическими характеристиками, надежности СИ следует уделять особенное внимание при разработке технологических процессов, связанных с безопасностью людей и окружающей среды.

Следующей областью оценки является область определения экологичности СИ. Наличие в конструкции СИ экологически вредных материалов и/или излучений связано с оценкой рисков их попадания в человеческий организм, которая должна проводиться очень тщательно, однако для большинства СИ, применяемых в ТП, данная область оценки неактуальна – они безвредны. Тем не менее, ее стоит обязательно предусмотреть для оставшегося небольшого числа СИ, содержащего вредные материалы и/или излучения. Если предстоит выбирать из нескольких СИ, причем использование одного из них заведомо сопряжено с риском для здоровья персонала или состояния окружающей среды, то разрабатываемый математический аппарат должен обеспечить данному СИ самую низкую оценку и гарантировать то, что оно никогда не будет выбрано.

Последней областью оценки, непосредственно связанной с предыдущей, является эргономика СИ. В связи с тем, что общий нормативный документ в этой области отсутствует, и регламентируются только требования к определенным группам СИ (например, к средствам измерений электрических и магнитных величин – ГОСТ 22261-94). В данной области необходимо учитывать опыт персонала и показатели удобочитаемости показаний, удобства использования, необходимости физических нагрузок и др. Стоит всегда помнить, что грубое нарушение требований эргономики приводит к серьезным последствиям, таким как неверное считывание показаний, повышенная утомляемость, необходимость технологических перерывов и даже временная нетрудоспособность персонала. Для оценки параметров эргономики СИ требуется использовать критерий, учитывающий все возможные характеристики.

Результаты и выводы

В данной статье дана попытка определить области оценки параметров СИ для их оправданного и обоснованного выбора. Определены и представлены на рисунке 1 следующие области параметров СИ, подлежащие оценке при выборе:

- метрологические характеристики;
- экономические характеристики;
- характеристики надежности;
- экологические характеристики;

○ показатели эргономики.

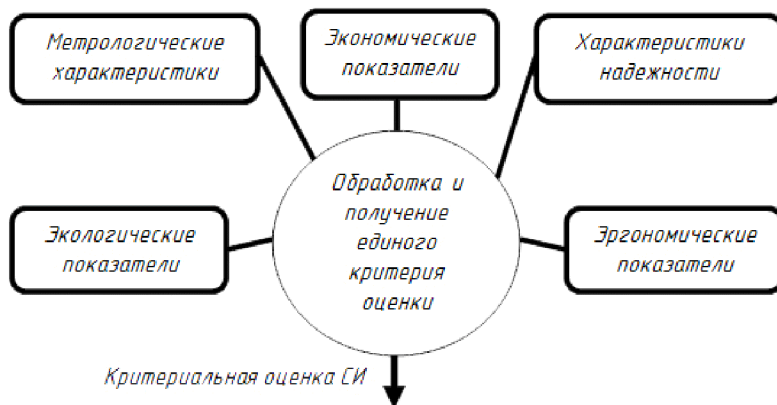


Рисунок 1 – Предлагаемые области оценки параметров СИ

Использование выбора СИ, основанного на критериальной оценке каждой из данных областей и закрепленного в стандарте организации, позволит метрологической службе объективно выбирать оптимальные СИ, в современных условиях гибкого и диверсифицированного рынка средств измерений, широких возможностей перенастройки СИ и желания поставщиков модифицировать продукцию под потребности заказчика.

Литература

1. ГОСТ 8.009-84 ГСОЕИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.
2. ГОСТ 8.051-81 ГСОЕИ. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм.
3. ГОСТ 22261-94 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия.
4. РД 50-98-86 Методические указания. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм (По применению ГОСТ 8.051-81).
5. РД 50-453-84 Методические указания. Характеристики погрешности средств измерений в реальных условиях эксплуатации. Методы расчета.
6. МИ 1967-89 Рекомендация. ГСИ. Выбор методов и средств измерений при разработке методик выполнения измерений. Общие положения.
7. МИ 2232-2000 Рекомендация. ГСОЕИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оценивание погрешности измерений при ограниченной исходной информации.
8. МИ 2233-2000 Рекомендация. ГСОЕИ. Обеспечение эффективности измерений, выполняемых в технологических процессах для контроля, диагностики, учета количества, оптимизации режимов и реализации других функций управления, в том числе в АСУТП.
9. МИ 2267-2000 Рекомендация. ГСОЕИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации.

Анализ погрешностей измерителя и объекта при определении остаточных напряжений

к.т.н. Яковлев М.Г.
 ФГУП «НПЦ газотурбостроения «Салют»
 maxx81@list.ru

Аннотация. Статья посвящена выявлению погрешностей измерителя и объекта при определении остаточных напряжений в деталях газотурбинных двигателей, а также проведен анализ влияния состояния поверхностного слоя на измеряемые остаточные напряжения.