

новую цель. Программное обеспечение метода является универсальным и не изменяется при переходе в другие области науки.

Для использования предлагаемого метода в случаях, когда количество используемых осей-классификаций составляет более трех, применяется расширение числа ячеек за счет четырех-, пяти- или шестимерной модели

интерактивного кубика. Это достигается путем «вложения» нового кубика с дополнительными параметрами, отложенными по его осям, в каждую ячейку главного трехмерного кубика. В каждом «вложенном» кубике имеются свои ячейки со ссылками (link) к конкретной системе.

Во всех описанных вариантах, отсутствие ссылки (link) свидетельствует об отсутствии информации о существующем реализованном объекте. Если нет физических ограничений на данное сочетание параметров, то данная комбинация параметров может представлять интерес для конструктора в качестве новой идеи.

Для удобства перехода вдоль осей внутри «кубика», все его слои выполнены полупрозрачными и изменяют степень прозрачности при перемещении курсора внутри объема «кубика». Конструктор имеет возможность визуально проникать внутрь «кубика», при этом ближайшие слои «кубика» не мешают конструктору видеть содержание последующих, более глубоко лежащих, слоев.

При достижении курсором нужной ячейки в нужном слое, конструктор нажатием на клавишу мыши, активизирует эту ячейку. При трехмерной системе он получает ссылку (link) к информативной странице с описанием биообъекта или технической системы. При четырех- или пятимерной системе он переходит в новый «вложенный» кубик и продолжает движение курсора внутри этого кубика до достижения новой ячейки с link или без него. Кроме того, информацию (например, видеоизображение) о биообъектах из соответствующих ячеек можно использовать для процесса «морфинга» с техническими объектами из других ячеек и генерировать дополнительные идеи для конструирования принципиально новых роботов. Для использования метода морфирования двух объектов, необходимо наличие в двух выбранных ячейках анимации каждого объекта и загрузка их видеоизображения в специальную программу с опцией «морфинг». На промежуточных стадиях процесса морфирования, инженер получает видеоизображение новой, комбинированной технической системы. Она может обладать свойствами или кинематикой, которые позволят инженеру обеспечить необходимое функционирование проектируемой системы.

Возможно использование интерактивного прозрачного «кубика» для любых параметров любой системы в любой области техники.

УДК 620.1.08.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕТОДИК ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Лысенко В.Г.<sup>1</sup>, Соколовский С.С.<sup>1</sup>, Цитович Б.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Белорусский государственный институт повышения квалификации по стандартизации, метрологии и управлению качеством, Минск, Республика Беларусь

Разработку методик выполнения измерений (МВИ) осуществляют в соответствии с требованиями ГОСТ 8.010-99 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений. Основные положения». Анализ стандарта показывает, почему он устанавливает только основные положения, и его применение вызывает ряд сложностей. Разработка ряда элементов МВИ требует творческого подхода и сопряжена с необходимостью решения достаточно сложных метрологических задач, включая назначение допустимой погрешности измерений, оценивание границ возникающих при измерениях погрешностей, метрологическую аттестацию МВИ и ряд других.

Стандарт определяет структуру и обязательные требования к методике выполнения измерений. Он позволяет разработать и оформить любую МВИ, пригодную для измерений физиче-

ской величины конкретного размера, однородных физических величин в некотором выбранном диапазоне, а также комплекса разноименных физических величин в выбранных диапазонах. В методики выполнения измерений стандарт включает также методики количественного химического анализа (МКХА).

Фактически на основании представленных в стандарте требований могут быть разработаны существенно различающиеся документы, например:

- методика выполнения измерений одной физической величины конкретного размера;
- методика выполнения измерений однородных физических величин в определённом диапазоне;
- методика выполнения измерений разноименных физических величин в определённых диапазонах;

- методика выполнения косвенных измерений, основанная на прямых измерениях равноименных физических величин;

- методика выполнения измерений комплекса равноименных физических величин в определённых диапазонах.

Возможна и разработка иных документов, включающих в себя комбинации представленных вариантов. Рекомендации по построению и изложению документов на МВИ приведены в приложении В стандарта ГОСТ 8.010.

Рассмотрим особенности разработки некоторых характерных элементов МВИ.

В соответствии с требованиями стандарта в **назначении МВИ** указывают:

- область применения (объект измерений, в том числе наименования продукции и контролируемых параметров, а также область использования – в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора или вне этих сфер);

- наименование (при необходимости возвращённое определение) измеряемой величины;

- характеристики измеряемой величины (диапазон и частотный спектр, значения неинформативных параметров и т. п.);

- характеристики объекта измерений, если они могут влиять на погрешность измерений (выходное сопротивление, жесткость в месте контакта с датчиком, состав пробы и т. п.).

Под наименованием (развернутым определением) измеряемой величины подразумевают параметр объекта, представляемый данной физической величиной. Например, такие параметры как охватываемые или охватывающие размеры, глубина ступени, отклонение от параллельности и т. д. представляют из себя одну и ту же физическую величину - длину. Каждый из этих параметров имеет свои характерные особенности, что существенным образом сказывается на выборе средств измерений и, следовательно, на разработке МВИ.

Метод измерений выбирают в соответствии с имеющимися средствами измерений, возможностями и традициями, имеющимися в конкретной области измерений и на данном предприятии. Поскольку метод связан со средством измерений, стандарт оговаривает, что если МВИ предназначена для использования в сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора, то выбранные средства измерений должны быть законены в установленном порядке.

Если для измерений одной величины применяют несколько методов или документ фактически устанавливает методики измерений двух и более величин, то описание каждого метода выделяют в отдельный подраздел.

Наименование раздела МВИ «Требования к погрешности измерений или (и) приписанные характеристики погрешности измерений» подразумевает установление норм погрешностей измерений и реализуемых значений (границ) погрешностей.

В стандарте приведено следующее определение: **приписанная характеристика погрешности измерений** – характеристика погрешности, приписываемая любому результату совокупности измерений, полученному при соблюдении требований и правил данной методики.

Требования к погрешностям измерений для каждого измеряемого параметра следует установить как норму (критериальное значение, выход за пределы которого означает невозможность получения действительного значения измеряемой величины) Для того, чтобы назначить такую норму (допустимую погрешность измерений конкретного параметра), следует корректно сформулировать задачу измерений параметра, что позволит рационально назначить допустимую погрешность измерений.

В документе, регламентирующем МВИ, требования к погрешностям измерений могут быть указаны ссылками на документы, где эти требования установлены (с обязательным указанием численных значений). Например, "Погрешность измерений должна соответствовать требованиям, указанным в..." (ссылка на нормативный документ). Для случая измерительного приёмочного контроля линейных размеров может быть использован ГОСТ 8.051, устанавливающий допустимые значения погрешностей измерения для линейных размеров до 500 мм с разными уровнями точности (кавалитетами).

При разработке МВИ на выбранный диапазон измерений величины требования к погрешности измерений могут быть различными для разных значений этой величины, разной продукции, разных условий измерений. В этом случае требования к погрешности измерений приводят в форме таблиц, графиков или уравнений.

Аналогично поступают при разработке МВИ для нескольких измеряемых величин.

Значения приписанных характеристик погрешности измерений одной и той же величины также могут быть различными по диапазону измерений. В этом случае их значения также приводят в форме таблиц, графиков или уравнений. Для нескольких измеряемых величин приписанные характеристики погрешности измерений также приводят в форме таблиц, графиков или уравнений. Поскольку в реализованных погрешностях всегда имеет место случайная составляющая погрешности измерений, вместе с "пределами" или "границами" приписанных характеристик погрешности измерений обязательно указывают

выбранное значение доверительной вероятности (например,  $P = 0,95$ ).

В раздел, представляющий условия измерений включают перечень влияющих величин (номинальных значений и отклонений или границ диапазонов допустимых значений), а также другие характеристики влияющих величин. К числу влияющих величин относят параметры сред (образцов), напряжение и частоту тока питания средств измерений, внутренние импедансы объектов измерений и другие характеристики. При необходимости указывают предельные скорости изменений или другие характеристики влияющих величин, а также ограничения на продолжительность измерений, число параллельных определений и другие данные.

Раздел, описывающий выполнение обработки и вычислений результатов измерений, может быть ограничен фразой "Обработку результатов измерений не выполняют".

В случае необходимости обработки (вычисления) результатов измерений, например при косвенных измерениях или измерениях с многократными наблюдениями, в раздел включают описания способов обработки и получения результатов измерений. Если способы обработки

результатов измерений установлены в других документах, в разделе приводят ссылки на эти документы, например: "Обработка результатов измерений (далее наименование измеряемой величины) – по ГОСТ 8.207".

Раздел МВИ, устанавливающий нормативы, процедуру и периодичность контроля погрешности результатов выполняемых измерений фактически должен регламентировать метрологическую аттестацию МВИ.

В стандарте также сказано, что аттестация и стандартизация МВИ могут выполняться как самостоятельные работы, в подобном случае можно сослаться на соответствующий документ.

Если ситуация может быть разрешена тривиальными способами, то в МВИ включают раздел "Контроль погрешности результатов измерений", который содержит указания о нормативах, методах, средствах и плане проведения первичного и периодического контроля погрешности результатов измерений, выполняемых по данной МВИ.

Рассмотренные вопросы свидетельствуют о недостаточно корректной проработке нормативного документа и, как следствие, о необходимости привлечения к разработке МВИ высококвалифицированных метрологов.

УДК 531.15-045.08

## МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ ОТКЛОНЕНИЙ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ

Макаревич В.Б., Головчик Н.И.

*Республиканское унитарное предприятие «Белорусский государственный институт метрологии»  
Минск, Республика Беларусь*

Более двух третей деталей машин и механизмов являются телами вращения, и именно эти детали используются в наиболее ответственных узлах и соединениях, от работы которых решающим образом зависит качество машины в целом.

Точность формы сопряженных поверхностей деталей в сборочных единицах машин определяет условия контакта трущихся тел и контактные силы под действием эксплуатационных нагрузок, интенсивность износа и изменение выходных параметров во времени, а также эксплуатационные показатели - КПД, шум, вибрации и долговечность.

Например, очень жесткие требования предъявляются к отклонениям формы цилиндров двигателей. Уменьшение в два раза отклонений формы шеек коленчатых валов двигателей повышает срок службы вкладышей подшипников в четыре раза.

Отклонение от круглости шариков диаметром 8 мм, равное 0,5 мкм вызывает в подшипнике качения шум на 15-20 дБ больший, чем шум при отклонении от круглости шариков 0,12 мкм.

Основные термины и определения, относящиеся к отклонениям и допускам формы и расположения поверхностей деталей машин и приборов, устанавливает ГОСТ 24642-81 «Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения».

При анализе точности формы и расположения поверхностей различают:

- реальные профили, поверхности, реальное расположение поверхностей, которые образуются в результате изготовления деталей на станках;
- номинальные профили, поверхности, номинальное расположение поверхностей, заданные на чертеже.

В основу нормирования отклонений формы и расположения поверхностей положен принцип прилегающих прямых, профилей, плоскостей, поверхностей, прилегающих цилиндра и окружности.

Прилегающей называется прямая, соприкасающаяся с реальным профилем и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реального профиля в пределах нормируемого участка