

УДК 006.1+006.91

**В. Л. СОЛОМАХО**, Белорусский национальный технический университет,  
доктор техн. наук, профессор

**Б. В. ЦИТОВИЧ**, Белорусский государственный институт повышения квалификации  
и переподготовки кадров по стандартизации, метрологии и управлению качеством,  
канд. техн. наук, профессор

**С. С. СОКОЛОВСКИЙ**, Белорусский национальный технический университет,  
канд. техн. наук, доцент

## МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ КАК ОБЪЕКТ СТАНДАРТИЗАЦИИ

В статье рассмотрены области применения метрологических схем, общие требования к порядку их оформления и роль при аналитической оценке погрешности методики выполнения измерений; обосновывается необходимость унификации графических элементов схем измерений и гармонизации с действующими стандартами, определяющими правила построения схем в смежных областях.

**Ключевые слова:** *схемы метрологические, схемы измерений, схемы измерительного контроля, структурные элементы схем.*

Схемы измерений являются графически представленными моделями объектов (изделий и/или процессов), которые разрабатываются специально для их анализа (структурного, размерного и т. д.) и трактовки.

Разработчики изделий (конструкторы) давно оценили возможности применения схем и постарались рационализировать процесс их разработки и оформления. Единая система конструкторской документации (ЕСКД) содержит целую подсистему стандартов, регламентирующих схемы. В соответствии с ГОСТ 2.701-2008 «Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению» схема – это документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними. Очевидный для ЕСКД и ЕСТД<sup>1</sup> подход разработчиков изделий существенно сузил

возможности применения схем в иных областях деятельности, таких как проектирование и анализ процессов. Данные стандарты не применимы, например, при разработке и оформлении метрологических схем из-за отсутствия возможности полноценного представления процессов и отражения информационных потоков.

Однако в метрологии, как в любой научно-технической области, достаточно часто применяют схемы [1] – [3]. Всем, кто занимается измерениями, известны поверочные схемы, в том числе Государственные и локальные. Они принципиально отличаются от схем измерений, но тоже относятся к метрологическим схемам. Поскольку Государственные поверочные схемы обычно представлены в стандартах, очевидно, что правила их разработки и представления унифицированы.

В то же время широко применяемые схемы измерений геометрических параметров (например, схемы измерений параметров зубчатых колес, схемы измерительного контроля отклонений формы и расположения поверхностей) в отличие

<sup>1</sup> Единая система технологической документации.

от поверочных схем не стандартизованы. Процедуру измерения геометрических параметров бывает сложно описать словами, поэтому схемы часто применяют для концентрированного и доходчивого представления информации. Каждый из разработчиков этих схем акцентирует внимание на интересующих его деталях, а поскольку стандартизованных обозначений элементов схем не существует, схемы могут существенно отличаться друг от друга.

На рисунке 1 представлены схемы измерения отклонения от круглости детали типа «вал», заимствованные из литературных источников, выполненные различными авторами. Данные схемы иллюстрируют одну и ту же методику выполнения измерений, однако форма их представления – различна.

Использование различных обозначений одних и тех же элементов схемы затрудняет понимание идеи конструкции. Разноточение схем приводит к неправильной идентификации, а впоследствии – к неправильным или неточным измерениям. Создание нормативного документа привело бы к упорядочению и унификации обозначений, позволило бы устранить их излишнее многообразие посредством сокращения перечня допустимых элементов и решений. Приведение к разумной однотипности условных обозначений элементов, безусловно, способствовало бы устранению барьеров в понимании схем как для инженеров, так и для других заинтересованных лиц.

Следует отметить, что, несмотря на отсутствие системной унификации, схемы давно и достаточно успешно используются в метрологии, различаясь между собой значительным и не всегда оправданным разнообразием.

Применяемые в метрологии схемы измерений и измерительного контроля, схемы средств измерений позволяют исследовать представляемые объекты, выявлять и оценивать погрешности измерений, что в метрологии является определяющим фактором. Точность измерений,

реализуемая в рамках определенной вероятности, входит как обязательное требование в обеспечение единства измерений, необходимость которого определяется Законом Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений» от 5 сентября 1995 г. № 3848-XII (с изменениями и дополнениями).

Корректно выполненная схема измерений может помочь в расчете методической составляющей погрешности измерений. На рисунке 2 рассматривается методическая погрешность, возникающая из-за конусообразности номинально цилиндрической поверхности детали, результатом которой является наклон линии измерения по отношению к оси контролируемой поверхности детали. На рисунке 2 рассматривается методическая погрешность, возникающая из-за конусообразности номинально цилиндрической поверхности детали, результатом которой является наклон линии измерения по отношению к оси контролируемой поверхности детали и, как следствие, измерение диаметра эллипса вместо диаметра круга.

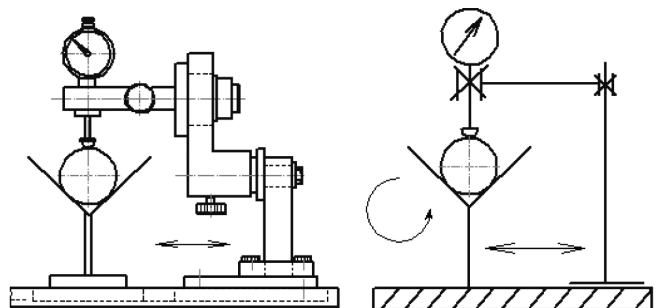


Рисунок 1 – Примеры выполнения схем измерения

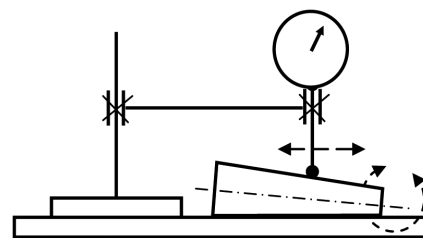


Рисунок 2 – Схема измерительного контроля параметра номинально цилиндрической детали





Представленная на рисунке 3 схема для оценки погрешности из-за угла наклона линии измерения ( $\alpha$ ) является геометрической моделью, на основании которой можно вывести аналитическую зависимость для оценки методической погрешности.

Отрезок АВ (толщина детали по линии измерения) отличается на значение  $\Delta$  (дефект по сравнению с размером, измеренным по нормали к оси конуса).

Имея в виду, что метрологическая схема – это графически оформленная модель объекта, отражающая его наиболее важные метрологические свойства, можно предложить следующий порядок ее построения:

- определение целевого назначения схемы (цели и задачи исследования объекта);
- определение важнейших функций моделируемой системы в соответствии с целевым назначением схемы;

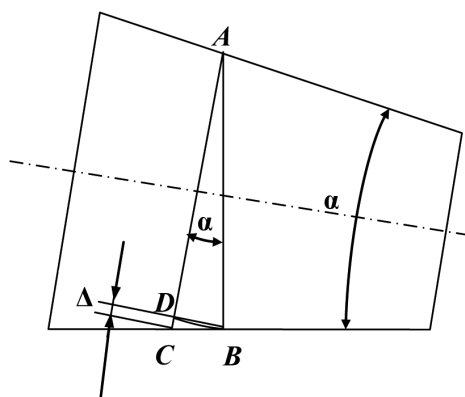


Рисунок 3 – Геометрическая модель для вывода расчетной зависимости

- определение главных структурных элементов моделируемой системы, обеспечивающих реализацию важнейших функций системы, и выявление связей между элементами;

- выбор системы условных обозначений структурных элементов и связей;

- построение собственно метрологической схемы.

Текстовые данные приводят на схеме в тех случаях, когда содержащиеся в них сведения не целесообразно или невозможно выразить графически с помощью условных обозначений. Распределение информации между схемой и сопроводительным текстом может значительно различаться в зависимости от целевого назначения схемы и используемой в ходе ее построения контекстной информации. Такие сведения (номинальные значения контролируемых параметров) указывают либо около графических обозначений, либо на свободном поле схемы.

Схемы выполняются без соблюдения масштаба, действительное пространственное расположение составных частей не учитывают или учитывают приближенно. Графические изображения элементов и соединяющие их линии связи располагаются на схеме таким образом, чтобы обеспечить наилучшее представление о структуре изделия и взаимодействии его составных частей.

Условные обозначения, применяемые в метрологических схемах, должны быть гармонизированы с графическими обозначениями элементов, используемых в смежных областях в случаях, если они стандартизованы (рисунок 4).

Проведенный анализ показывает, что такой объект, как метрологические схемы, удовлетворяет принципу значимости стандартизации и его критериям, а значит, можно сказать, что схемы являются объектом стандартизации и к ним целесообразно применять соответствующие механизмы по установлению технических требований, направленных на достижение оптимальной степени упорядоченности.

Использование схем полезно для описания и объяснения измерительных процедур, методик

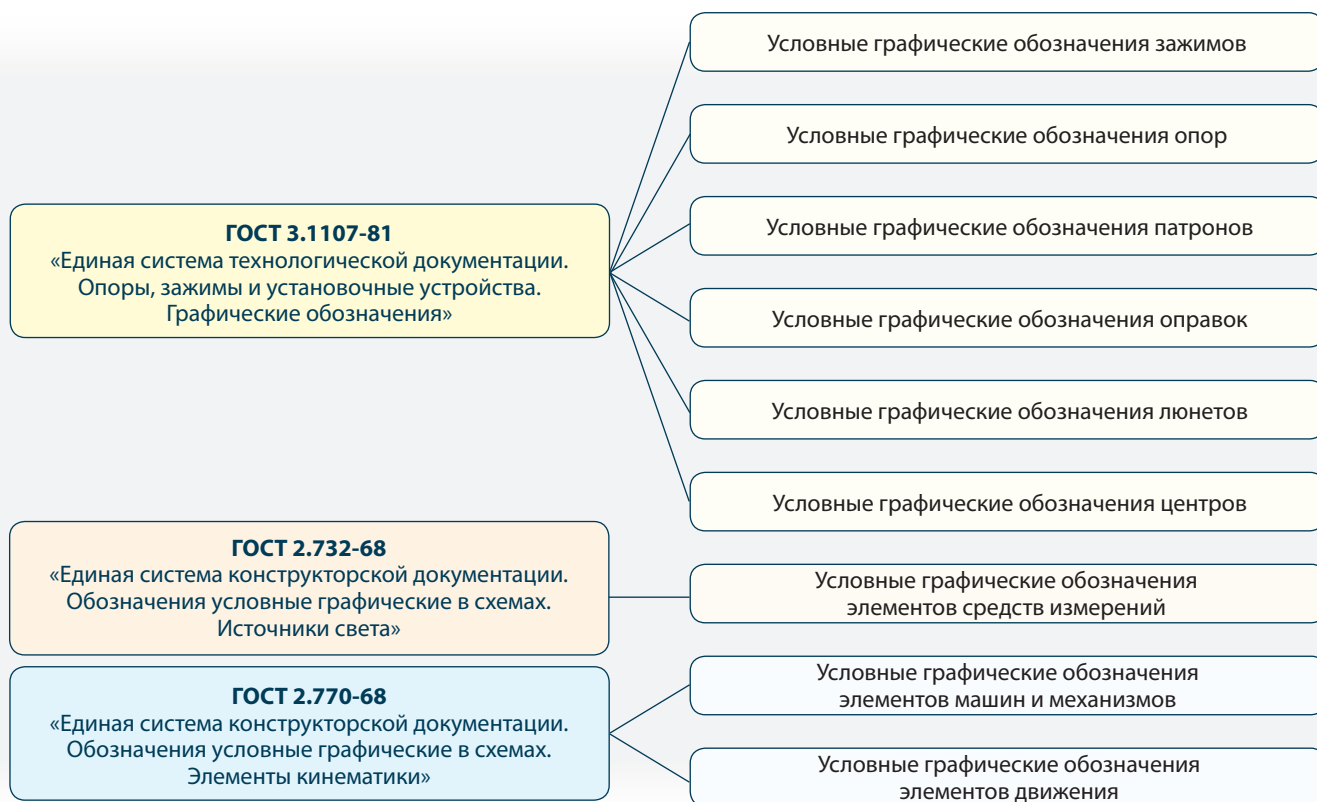


Рисунок 4 – Примеры стандартов ЕСКД и ЕСТД, которые могут применяться при оформлении метрологических схем

выполнения измерений и измерительного контроля параметров объекта, методик поверки, калибровки и метрологической аттестации средств измерений, а также для проведения и представления результатов метрологической и стандартизационной

экспертизы. Метрологическая схема не только выполняет роль информационного источника, но и является моделью, на базе которой выявляются составляющие погрешности, позволяющие впоследствии производить необходимые точностные расчеты.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Цитович, Б. В., Метрологическая экспертиза и нормоконтроль / Б. В. Цитович, Н. А. Воробьев, М. С. Капица // Минск : БГАТУ, 2015. – 340 с.
- [2] Соколовский, С. С. Метрологическое моделирование как основа проектирования и реализации методик выполнения измерений / С. С. Соколовский, Д. В. Соломахо // Приборы и методы измерений. – № 1 – 2010. – С. 41 – 47.
- [3] Цитович, Б. В. Использование метрологического моделирования процессов операционного контроля для нормирования погрешности измерений / Б. В. Цитович, С. С. Соколовский, Д. В. Соломахо // Метрология и приборостроение. – № 3 – 2010. – С. 52 – 55.

## SUMMARY

**V. L. Solomakho, B. B. Tsitovich, S. S. Sokolovsky**

The article deals with the scopes of metrology schemes, general requirements for handling procedures of the schemes and their role in the analytical estimation of the error of measurement procedures; the necessity of unification of graphic elements of the measurement schemes and harmonization with the existing standards, specifying rules of scheme outlining in the related fields is justified.

Поступила в редакцию 19.10.2015.