

Рисунок 1 – Образцы светоотражающего материала

Для того, чтобы использование СО имело юридическую силу, следует провести процедуры его утверждения согласно действующим ТНПА и НД. На сегодняшний день основным документом, регламентирующим порядок разработки и применения стандартных образцов на территории Республики Беларусь, является ТКП 8.005. Проанализировав данный документ, было установлено, что в качестве процедуры утверждения СО служит сертификация, которая предусматривает разработку и согласование комплекта документов: технического задания на разработку ГСО; программу сертификации ГСО; программу проведения научно-исследовательских и экспериментальных работ по изготовлению и разработке ГСО; отчета по сертификации ГСО; сертификата ГСО; инструкцию по применению ГСО; три этикетки; проекта описания типа ГСО; проекта методики калибровки Гонио-рефлектометра «Gonio 9210» с расчетом неопределенности.

Таким образом, целью исследований была разработка комплекта документов и проведение сопутствующих мероприятий по разработке, изготовлению и утверждению ГСО.

УДК 531.7.08

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТРАКТОВКИ РЕЗУЛЬТАТОВ КООРДИНАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА КООРДИНАТНОГО КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ

Соколовский С.С., Хмелевская А.А.

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

В XXI веке – веке глобальных информационных, компьютерных технологий и инноваций, координатные измерительные машины (далее – КИМ) получили широкое распространение во многих областях промышленности. Несмотря на достаточное многообразие КИМ и их постоянное совершенствование, из-за сложности приборов, зачастую недостаточной квалификации операторов, а также нехватки рекомендаций производителей машин и справочных материалов по выполнению координатных измерений и обработке полученных результатов, у пользователей этих средств координатных измерений возникает ряд трудностей и нерешенных вопросов.

Одной из проблем, существующих в области координатных измерений, реализуемых на базе

В результате были получены следующие результаты:

- определены сертифицируемые параметры ГСО (номинальные значения коэффициентов силы света и светоотражения; неопределенность и погрешность сертифицируемых значений, параметры однородности и стабильности);

- предложены две схемы метрологической прослеживаемости;

- разработан, реализован и внедрен в систему менеджмента испытательного центра план проведения совместного оценочного эксперимента;

- проведены исследования параметров образцов светоотражающего материала;

- разработан комплект документов для сертификации и утверждения типа ГСО.

Таким образом, узаконив стандартный образец, лаборатория будет иметь возможность осуществлять метрологический контроль с наименьшими затратами и, следовательно, повышать конкурентоспособность при предоставлении услуг по проведению испытаний.

1. ISO/IEC Guide 99:2007 Международный словарь по метрологии. Основные и общие понятия и соответствующие термины (VIM).
2. Правила ЕЭК ООН № 104 (00)Пересмотр 1 Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения светоотражающей маркировки для транспортных средств категорий М, N, и О

КИМ, является возможность неоднозначной трактовки результатов измерений отдельных геометрических параметров деталей. С целью подтверждения существования данной проблемы рассмотрим следующий пример.

В качестве объекта контроля примем некоторую корпусную деталь, у которой необходимо проконтролировать расстояние от номинально плоской торцевой поверхности до оси заданного крайнего отверстия и расстояние между осями двух отверстий как это представлено на рисунке 1.

При решении данной задачи на базе КИМ вышеназванные элементы детали «ощупываются» в ряде контрольных точек и компьютерный комплекс КИМ выдаёт по одному число-

вому значению для каждого контролируемого параметра.

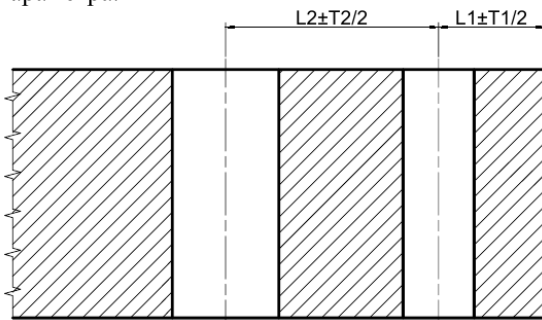


Рисунок 1 – Нормативные модели параметров, подлежащих координатному контролю

В связи с этим возникает вопрос, каким образом были получены эти результаты измерений и что характеризуют эти числовые значения параметров у реальных элементов деталей, имеющих сложный рельеф и произвольное пространственное расположение (рисунок 2).

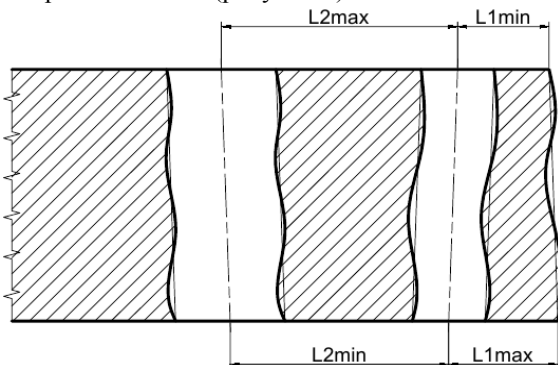


Рисунок 2 – Экспериментальные метрологические модели контролируемых параметров, построенные по результатам координатных измерений соответствующих элементов детали

В качестве ответа на поставленный вопрос, можно рассматривать различные варианты решений, например:

1) принятие в качестве числовых значений контролируемых параметров таких, которые получены путем простого арифметического усреднения их измеренных экстремальных значений ( $L_{1min}$  и  $L_{1max}$ ,  $L_{2min}$  и  $L_{2max}$  на рисунке 2) (так как при контроле деталей на базе КИМ их реальные элементы принято заменять так называемыми «средними» элементами (на рисунке 2 они показаны тонкими линиями), учитывая произвольное пространственное расположение этих элементов, каждый из контролируемых параметров может быть охарактеризован бесчисленным множеством значений, лежащих в некотором интервале, ограничиваемом наибольшим и наименьшим возможными значениями).

2) возможен также вариант одновременной аппроксимации измеренных элементов деталей комплектом связанных «средних» поверхностей соответствующей формы (в данном случае плос-

костью и двумя цилиндрами) с «плавающими» расстояниями между ними. Эти расстояния, фиксируемые по окончании такой аппроксимации и принимаются в качестве числовых значений контролируемых параметров.

В ходе решения проблемы однозначного представления контролируемых геометрических параметров деталей параллельно встает проблема определения минимально необходимого и достаточного числа контрольных точек для воспроизведения контролируемых элементов деталей с требуемой точностью (с целью исключения (уменьшения) методической погрешности измерений).

Рекомендации по выбору необходимого и достаточного количества контрольных точек зависят от формы измеряемой поверхности (прямолинейная или криволинейная) и от измеряемой характеристики формы и расположения.

Производители КИМ, как правило, не приводят в своих программных продуктах рекомендаций по выбору количества контрольных точек. Существующие правила выбора точек измерения носят рекомендательный характер и их число может быть изменено в большую или меньшую сторону. Все это, с целью исключения влияния методической погрешности из-за дискретизации измеряемой поверхности, вынуждает использовать либо сканирующие СКИ (т.к. чем больше контрольных точек, тем точнее измерение выше и погрешность метода меньше), либо разрабатывать оптимизированные МВИ для каждой конкретной КИМ и измеряемой детали.

Проблемой координатных измерений, реализуемых на базе обычных универсальных СИ, является возможность ошибочного отнесения бракованных деталей к годным и наоборот из-за неправильно выбранной (нерациональной) схемы измерений. Причиной возникновения такой проблемы является то, что измерения контролируемых элементов выполняются в различных системах координат (т.е. один размер детали измеряется в одной системе координат, а другой – в иной, отличной от первой, например, так, как показано на рисунке 3, а).

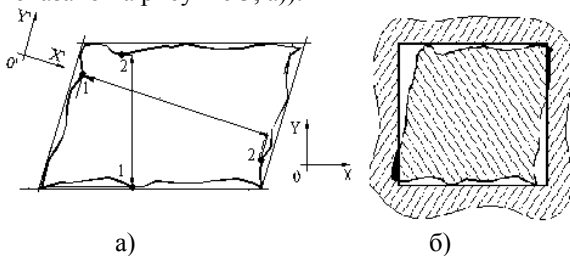


Рисунок 3 – Пример измерения линейных размеров детали в различных системах координат

Следствием таких «неправильных» измерений может быть функциональная непригодность

детали, формально признанной годной, при ее установке в сборочную единицу как, например, на рисунке 3, б) (деталь не входит в предназначенное для нее отверстие, хотя по результатам измерений оказывается годной).

Как вариант решения данной проблемы можно рассматривать проведение измерений в одной жестко заданной системе координат, которая может быть обеспечена при контроле деталей на базе КИМ. При этом следует использовать процедуру одновременного аналитического описания всех измеренных элементов детали в одной фиксированной системе координат с последующим их «вписыванием» между аналитически задаваемыми предельными контурами детали с одновременным проведением возможного перераспределения взаимосвязанных полей допусков[1].

Процедура контроля размеров деталей на основе принципа перераспределения полей допусков представлена в виде блок-схемы алгоритма на рисунке 4.

Таким образом, чтобы избежать неоднозначности результатов координатного контроля следует:

а) каждую деталь рассматривать как некоторый комплекс органически взаимосвязанных элементов, которые в случае годности детали должны находиться между двумя общими для всех элементов предельными контурами, определяющими комплексное поле (или пространство) допуска;

б) измерения геометрических параметров всех контролируемых элементов детали выполнять в одной жестко заданной системе координат (что реализуемо на базе КИМ);

УДК 681.2

## МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ МОСТОВ

Соломахо В.Л., Соколовский С.С.

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

Инструментальный мониторинг транспортных мостов рассматривается как совокупность действий, направленных на контроль напряженно-деформированного состояния конструкции, с целью обеспечения безопасности функционирования сооружения и оповещения об опасных реакциях конструкций на внешнее воздействие. Такой мониторинг в технической литературе часто называют «деформационным». Система автоматизированного деформационного мониторинга охватывает контроль конструкций и конструктивных связей с целью выявления трещин и других повреждений, а также контроль напряженно-деформированного состояния конструкций [1, 2]. Измерительная система включает датчики, установленные на пролетных строениях мостов, передающие измерительную ин-

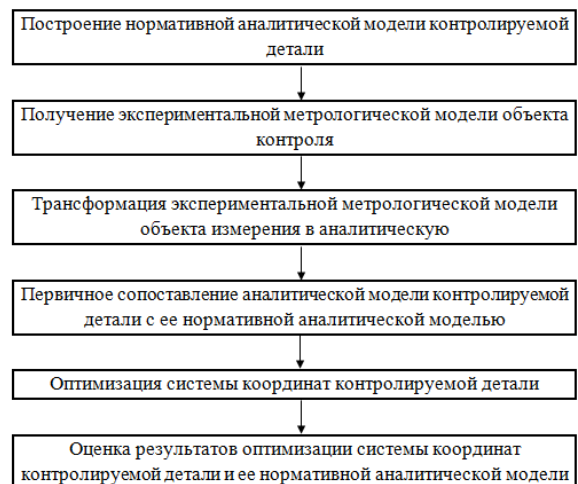


Рисунок 4 – Алгоритм процедуры контроля размеров деталей на основе принципа перераспределения полей допусков

в) для измеренных элементов деталей выполнять процедуру поиска оптимизированного их расположения относительно предельных контуров детали с одновременным перераспределением взаимосвязанных полей допусков, по результатам которого должно приниматься окончательное решение о годности детали.

1. Соломахо, В.Л. / В.Л. Соломахо, Б.В.Цитович, С.С. Соколовский, Д.В. Соломахо // Монография: Теория, расчет и проектирование оптимизированных методик координатного контроля в машиностроении – Минск: БНТУ, 2012. – С. 8 – 19.

формацию с помощью контрольной аппаратуры. В системах деформационного мониторинга наиболее часто используются датчики на основе тензометрических или индуктивных первичных измерительных преобразователей. На рисунке 1 представлена функциональная метрологическая схема одного из возможных вариантов индуктивного датчика.

При использовании индуктивного датчика стойки 3 устанавливаются на элементе конструкции А. Наличие различных влияющих факторов приводят к изменению состояния конструкции, что вызывает изменение ее геометрических размеров, а следовательно перемещению штока 1 относительно чувствительных элементов