

Например, если погрешности формы номинально цилиндрической поверхности (колебания размеров на одной детали) пренебрежимо малы по сравнению с изменениями усреднённых размеров в соседних выборках, мониторинг процесса принципиально возможен. Под «усреднённым размером» выборки подразумевается одно из значений, используемых в контрольных картах, например, среднее арифметическое выборки или её медиана.

3. «Статистическое управление» можно эффективно применять в случае, когда существует возможность использовать для расчета границ управления статистик и констант, полученных на базе обработки данных априорной информации по результатам контроля аналогичного технологического процесса, качество которого соответствует нормированному. При отсутствии априорной информации, нормирование таких статистик как  $\bar{X}$  и  $\bar{R}$  представляет собой достаточно сложную задачу, так как отсутствуют рекомен-

дации, связывающие указанные статистики с допуском контролируемого параметра.

Несоблюдение данных положений может превратить «статистические методы контроля и/или управления» в красиво представленный, но малоэффективный процесс.

1. Соломахо, В.Л. Комплекс статистических показателей для оценки качества процесса / В.Л. Соломахо, К.И. Дадьков // Журнал «Стандартизация» № 1. – 2007. – С.38–42.
2. ГОСТ Р 50779.41-96 Статистические методы. Контрольные карты для арифметического среднего с предупреждающими границами.
3. ГОСТ Р 50779.42-99 Статистические методы. Контрольные карты Шухарта.
4. ГОСТ Р ИСО 21747-2010 Статистические методы. Статистики пригодности и воспроизводимости процесса для количественных характеристик качества.

УДК 621

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА КОНТРОЛЬНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ

Спесивцева Ю.Б., Матюш И.И.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Контрольные приспособления широко используются на производстве и должны обеспечивать объективность и производительность измерительного контроля. В работе приводится формализованная методика расчета контрольного приспособления на точность, созданная с помощью базы знаний, ориентированной на решение метрологических задач. Методика реализуется тремя этапами: 1) выявление и анализ источников погрешности; 2) нормирование точности параметров, отклонения которых приводят к погрешности измерения; 3) комплексирование и корректировка норм точности в случае необходимости. Методика рассмотрена на примере приспособления для контроля торцевого биения и конусности (рисунок 1).

Рассматривается измерительный узел для контроля торцевого биения, состоящий из стойки 9, в которой установлены неподвижный центр 11, регулируемый центр 10, державка 12 с упором 15 и закреплённым в ней индикатором 13. Принцип действия: державку с индикатором при помощи ручки 14 привести в рабочее положение до упора. Индикатор настроить на ноль, обеспечив натяг. Отвести державку в сторону, затем снова привести в рабочее положение. Измерение повторять не менее 5 раз.

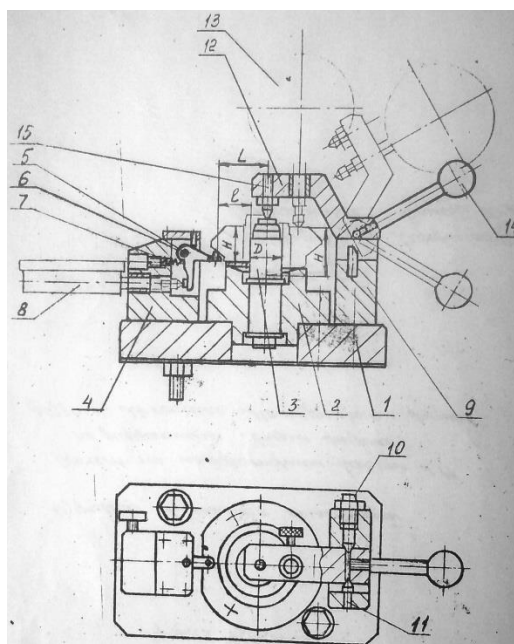


Рисунок 1 – Эскиз контрольного приспособления

Погрешность измерительного узла для контроля торцевого биения не должна превышать 0,06 мм.

Требуется определить инструментальную составляющую погрешности устройства. Расчеты выполняются на основе следующих положений:

– каждая из отдельных составляющих погрешности рассчитывается в соответствии с принципом суперпозиции погрешностей как независимая при фиксации других дефектных воздействий,

– числовые значения параметров и их допуски принимаются в соответствии с конструкторской документацией.

Измерения осуществляют в нормальных условиях. При снятии отсчета без интерполирования погрешность отсчитывания составляет не более половины цены деления отсчётного устройства:  $\Delta_{оп} = 5$  мкм (используется индикатор ИЧ-10 с ценой деления 10 мкм).

Методическая составляющая погрешности измерения (рисунок 2) может быть обусловлена идеализацией объекта измерения (отклонение от плоскостности базируемой поверхности детали).

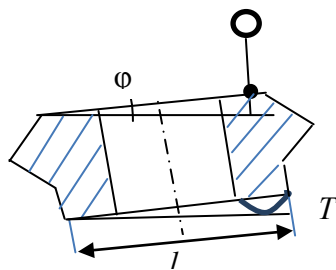


Рисунок 2 – Оценка методической составляющей погрешности измерения

В детали 2 приспособления сделана выборка, поэтому методическая составляющая влиять не будет.

Инструментальная погрешность включает две комплексные составляющие:

– основная погрешность индикатора, которая составляет 10 мкм;

– погрешность устройства базирования  $\Delta_{уб}$  измерительной головки и детали.

Количественный анализ точности базирующего устройства выполняется в виде расчетов размерных цепей. Положение каждого рабочего элемента в пространстве фиксирует материализованная размерная цепь. В свою очередь, каждая материализованная размерная цепь в общем случае включает шесть расчетных размерных цепей, определяющих положение рабочего элемента по конкретной координате. Функциональная точность контрольного приспособления рассматривается как неопределенность положения измерительного наконечника относительно контролируемой детали [1]:

$$\Delta_{уб} = uz + C_1 ux + C_2 uy + C_3 u\varphi_x + C_4 u\varphi_y + C_5 u\varphi_z \quad (1)$$

где  $uz$  – основная комплексная составляющая неопределенности взаимного положения схемных элементов,

$ux, uy, u\varphi_x, u\varphi_y, u\varphi_z$  – погрешности взаимного положения схемных элементов, действующие в направлении остальных координат, но дающие свой вклад в суммарную неопределенность по основной координате пропорционально соответствующим коэффициентам влияния  $C_i$ .

По источнику возникновения все неопределенности можно разделить на теоретические, свойств материала, технологические и эксплуатационные. В данном случае очевидно отсутствия неопределенностей свойств материала, схемных и параметрических теоретических неопределенностей.

Конструктивные теоретические неопределенности, возникающие при материализации вышних кинематических пар, также отсутствуют.

Вследствие малости измерительного усилия ИЧ-10 и с учетом того, что измерения проводятся в нормальных условиях, можно говорить об отсутствии силовых и температурных деформаций, т.е. об отсутствии эксплуатационных неопределенностей. Таким образом, имеют место только технологические неопределенности.

Несложный анализ показывает, что из шести составляющих (1) влиять на погрешность будет перекося измерительного наконечника относительно его номинально перпендикулярного положения к поверхности контролируемой детали.

Источники перекося составляют звенья размерной цепи:

A1 – отклонение от соосности рабочей поверхности центра 10 относительно оси базовой поверхности центра;

A2 – отклонение от соосности рабочей поверхности центра 11 относительно оси базовой поверхности центра;

A3 – отклонение от соосности посадочных отверстий стойки 9;

A4 – отклонения от плоскостности рабочей поверхности плиты 1;

A5 – торцовое биение базовой поверхности опоры 2 относительно внутренней ее поверхности;

A6 – отклонения от соосности рабочей и базовой поверхностей пальца 3.

Перечисленные составляющие приводят к наклону линии измерения по отношению к ее идеальному направлению. Для случая контроля годной детали наибольшее значение измерительного перемещения можно принять равным допуску биения  $T$ , а соответствующую погрешность измерения рассчитать по формуле [2]:

$$\Delta = T \sin^2 \alpha. \quad (2)$$

Определим составляющую инструментальной погрешности, соответствующую звену A1 – отклонение от соосности рабочей поверхности

центра 11 относительно оси базовой поверхности центра (рисунок 3).

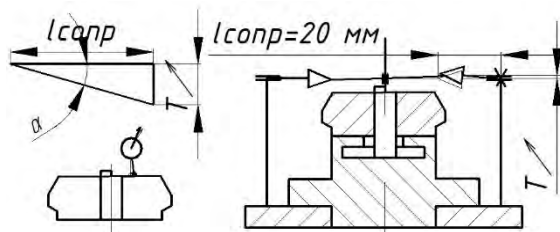


Рисунок 3 – Оценка инструментальной составляющей погрешности A1

Допуск соосности  $T = 5$  мкм. Длина сопряжения центра со стойкой  $l_{сопр} = 20$  мм.

$$\alpha = \arctg \frac{0,005}{20} = 0,014^\circ.$$

При допуске торцового биения зубчатого колеса 180 мкм звено A1 вносит погрешность измерения (2):

$$\Delta 1 = 10,4 \times 10^{-6} \text{ мкм.}$$

Расчет остальных составляющих в этой цепи аналогичен. Числовые значения углов поворота близки к  $\alpha$ , а значения составляющих

погрешности относятся к пренебрежимо малым величинам и в дальнейших расчетах могут не учитываться.

Таким образом, погрешность измерения с помощью контрольного приспособления составляет  $\Delta = 15$  мкм и обусловлена погрешностью используемой измерительной головки и погрешностью снятия показаний оператором. Можно также сделать вывод, что погрешности из-за постоянного несовпадения линии измерения с номинальным направлением, как правило, всегда будут пренебрежимо малы из-за малости углов наклона линии измерения и небольших измерительных перемещений.

1. Серенков, П.С. Методы менеджмента качества. Проектирование норм точности: учеб. пособие / П.С. Серенков, Ю.Б. Спесивцева. – Минск: ИВЦ Минфина, 2009. – 336 с.
2. Цитович, Б.В. Метрологическая экспертиза и нормоконтроль. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие / Б.В. Цитович. – Минск: БНТУ, 2008. – 119 с.

УДК 681

## ТОЧНОСТЬ КООРДИНАТНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Хорлоогийн А.С., Астапчик О.С., Дубицкий Д.В.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Координатно-измерительные машины (КИМ) в мировом машиностроении применяются достаточно давно и по праву считаются одними из самых точных средств измерения. На данный момент в мировом масштабе принято использовать концепцию неопределенности в связи с чем в соответствии с требованиями международных стандартов, результат измерений, помимо измеренного значения, должен содержать неопределенность измерений. Получение достоверного значения неопределенности в координатной метрологии является достаточно сложной задачей. Это связано с тем, что КИМ являются очень гибким инструментом, на который влияет большое количество факторов.

В математическую модель кроме точечной оценки входит большое количество поправок обусловленных:

- 1 инструментальной погрешностью средства измерения;
- 2 используемой методикой выполнения измерений;
- 3 погрешностями формы и расположения измеряемых поверхностей деталей;
- 4 используемыми алгоритмами обработки измеренных точек;

5 внешними факторами.

Поддающимися управлению с целью снижения неопределенности измерений являются факторы: 2 – используемая методика выполнения измерений, 4 – используемые алгоритмы обработки измеренных точек и 5 – внешние факторы.

К внешним влияющим факторам относятся температура, влажность и засоренность окружающей среды. Они могут поддерживаться на необходимом уровне, либо компенсироваться, например, включением термокомпенсации. Методика выполнения измерений представляет собой последовательность выполнения измерений, которая включает в себя: черновое (стартовое) и чистовое базирование посредством измерения базовых поверхностей, последовательность и способ измерения точек на остальных поверхностях, используемые алгоритмы обработки измеренной информации, способ построения и расчета геометрических параметров из известных измеренных параметров, порядок представления информации в протоколе. Особое значение имеют используемые алгоритмы обработки измеренных точек [1].

Расчет неопределенности измерения для КИМ является достаточно сложной задачей, в