

шлифования сферических поверхностей с керамическим детонационным покрытием удовлетворяет всем техническим требованиям и позволяет повысить надежность и работоспособность шаровых кранов.

Механизированное устройство для шлифования сферических поверхностей запатентовано в Украине.

Список литературы: 1. Бартев С.С., Федько Ю.П., Григоров А.И. «Детонационные покрытия в машиностроении», Л. 1982,-215 с.

Поступила в редколлегию 10.10.07

УДК 389.64

О.Е. МАЛЕЦКАЯ, Р.М. ТРИЦ

ОЦЕНИВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ ПРОГРАМНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Для оцінки величини поля розсіювання похибок вимірювальних каналів програмно-технічних комплексів запропоновано застосовувати оптимальні лінійні незміщені оцінки розмаху для рівномірного закону розподілу. Розроблено алгоритм оцінки величини їх похибки, який апробований при проведенні метрологічної атестації.

Введение и постановка задачи исследования.

В настоящее время для управления различными технологическими процессами широко применяются автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП). Функционирование таких систем обеспечивает оперативное получение достоверной информации о контролируемых параметрах технологического процесса и состоянии технологического оборудования, принятие на основе полученной информации оптимальных управляющих воздействий на устройства управления.

Для получения информации о контролируемых параметрах технологического процесса и состоянии технологического оборудования, используются измерительные каналы АСУ ТП, которые представляют собой совокупность датчиков, линий связи и программно-технического комплекса. Метрологические характеристики измерительных каналов АСУ ТП оказывают непосредственное влияние на эффективность функционирования этих систем.

Программно-технический комплекс (ПТК) представляет собой гибкую структуру аппаратных и программных средств, обеспечивающих управление и контроль объектами. Надежный контроль и управление технологическими процессами достигается применением при разработке ПТК современных контроллеров - микропроцессорных модулей, которые изготавливаются различными иностранными фирмами: «Tomson», «Serck Controls», «Emerson», «Motorolla», «MOSCAD», «ABB», «Octagon Systems», «Advantech», «ICP

DAS», «GE FANUC» и другими, а также и украинскими предприятиями.

В состав ПТК входят:

устройства пунктов управления (ПУ);

устройства базовых контролируемых пунктов (КП), в том числе и модули измерения аналоговых сигналов (аналоговые модули);

программное обеспечение;

сервисное оборудование.

Функциональные возможности ПТК обеспечивают такие задачи контроля и управления, как:

автоматический контроль технологических параметров;

вычисление расхода и объема веществ и материалов при реализации технологического процесса;

дистанционного автоматизированного и (или) автоматического управления технологическими объектами.

При выборе конструктивных и схемных решений ПТК учитываются следующие факторы:

гибкая структура аппаратных и программных средств контролируемого пункта;

максимальная универсальность канального модуля связи с объектом, позволяющая обеспечить любую необходимую конфигурацию аналоговых и дискретных каналов;

обеспечение подключаемыми модулями измерения и управления необходимым количеством параметров КП;

обеспечение модулем центрального контроллера КП обработки информации с высокой скоростью и наличие достаточного числа внешних портов для работы с модулями КП, различными внешними устройствами (например, счетчиками учета электроэнергии, вычислителями расхода материала и т. д.) и модулями основного и аварийного каналов связи с пунктом управления.

Применяемое в ПТК программное обеспечение является открытым и универсальным для любой конфигурации измерительных и управляющих каналов, позволяет легко тестировать и настраивать оборудование, обеспечивает архивацию событий и действий оператора.

В связи с тем, что ПТК разрабатываются под конкретные АСУ ТП, то для установления метрологических характеристик измерительных каналов ПТК проводится их метрологическая аттестация. Целью метрологической аттестации является установление метрологических характеристик измерительных каналов ПТК и подтверждение их соответствия требованиям технического задания на разработку АСУ ТП [1].

Однако проведение метрологической аттестации измерительных каналов ПТК влияет на стоимость этого оборудования в целом, т.к. чем больше количество измерительных каналов, тем больше трудоемкость проведения экспериментальных исследований, необходимых для оценки метрологических характеристик этих каналов. Количество исследуемых точек в диапазоне измерений измерительного канала и число наблюдений в исследуемых

точках диапазона измерений при экспериментальных исследованиях устанавливается в соответствии с приложениями 5 и 6 МИ 2002 [1]. Проведение метрологической аттестации представительной выборки измерительных каналов также не устраняет эту проблему, т.к. при этом уменьшается достоверность контроля измерительных каналов.

Оценка метрологических характеристик измерительных каналов.

В соответствии с теорией погрешности средств измерительной техники погрешность измерительных каналов представляет собой совокупность случайной и систематической составляющих погрешности, которые нормируются и оцениваются в соответствии с ГОСТ 8.009 [2].

Практика проведения метрологической аттестации измерительных каналов ПТК показала, что погрешность измерительных каналов ПТК представлена систематической составляющей, зависящей от погрешности эталонного средства измерительной техники, которое применяется для имитации выходных сигналов датчиков, и от точности преобразования измерительного сигнала в модулях измерения аналогового сигнала, которые входят в состав ПТК. Пример результатов наблюдений при проведении экспериментальных исследований измерительных каналов ПТК, в котором использованы аналоговые модули «MOSCAD», в диапазоне измерения одной измеряемой величины, приведен в таблице 1.

Таблица 1. – Пример результатов наблюдений при проведении экспериментальных исследований измерительных каналов ПТК

Диапазон измерения физической величины, ед. изм.	Диапазон входного сигнала ПТК, соответствующий измеряемой величине, мА	4 мА/ 0 ед. изм.	8 мА/ 15 ед. изм.	12 мА/ 30 ед. изм.	16 мА/ 45 ед. изм.	20 мА/ 60 ед. изм.
0-60	4-20	0,04	15,06	30,04	45,03	60,06
		0,04	15,06	30,04	45,03	60,06
		0,04	15,06	30,04	45,03	60,06
		0,04	15,06	30,04	45,03	60,06

Как видно из приведенного примера, случайная составляющая погрешности настолько мала, что при требуемой точности измерительных каналов ПТК не наблюдается и значит этой составляющей можно пренебречь. Таких примеров можно привести достаточное количество для аналоговых модулей различных фирм. Однако, в настоящее время не разработана методика оценки погрешности средств измерительной техники, представляющих собой программно-техническое средство. Если использовать классический метод оценки погрешности средств измерительной техники, например, методику расчета погрешности средств измерительной техники, приведенную в [2], то предполагается проведение достаточно большого количества наблюдений

при экспериментальных исследованиях – не менее 10 при подходе со стороны меньших значений и не менее 10 при подходе со стороны больших значений. Такая методика для измерительных каналов (ИК) ПТК может быть целесообразной исходя из их конструктивной особенности, которая определяется применением программно-технических средств.

На основании выше изложенного можно сделать вывод, что проблема оценки погрешности ИК ПТК в настоящее время достаточно актуальна. В соответствии с [3], проведение многократных наблюдений необходимо при наличии случайной составляющей погрешности, а систематические погрешности не уменьшаются при любом числе усредняемых отсчетов. В результате проведенных экспериментальных исследований было сделано предположение, что уменьшение количества наблюдений в каждой исследуемой точке диапазона измерений ИК ПТК может дать положительные результаты и не уменьшит достоверность установления и контроля их метрологических характеристик.

Для установления возможности применения малой выборки при оценке погрешности ИК ПТК, прежде всего, рассмотрим закон распределения их погрешности. Если предположить, что погрешность ИК ПТК в основном представлена систематической составляющей, то в соответствии с [2] и [3] можно принять равномерный закон ее распределения. Функция распределения равномерного закона принимает значения в пределах некоторого конечного интервала от X_1 до X_2 с постоянной плотностью вероятностей. Плотность распределения определяется по формуле (1):

$$P(X) = 1/(X_2 - X_1) = \text{const} \text{ при } X_1 < X < X_2 \quad (1)$$

$$P(X) = 0 \text{ при } X < X_1, X > X_2.$$

Измеренное ИК ПТК значение параметра при такой функции плотности распределения находится в интервале:

$$X_d - \Delta \leq X \leq X_d + \Delta, \quad (2)$$

где X_d - действительное значение измеряемого ИК ПТК параметра (значение, задаваемое с помощью эталонного СИТ на вход модулей измерения аналогового сигнала);

X - измеренное ИК ПТК значение параметра;

Δ - абсолютная погрешность измерения ПТК.

Поле рассеивания погрешности ИК ПТК можно оценить по формуле (3)

$$w = 2\sqrt{3} \cdot \sigma, \quad (3)$$

где σ - средне квадратическое отклонение погрешности.

В общем случае при измерениях оценка поля рассеивания является состоятельной и смещенной, при чем смещение уменьшается с ростом n . Это смещение в среднем составляет, для равномерного закона распределения при $n = 5$ - 4%, при $n = 10$ - 1,5%, и при $n = 50$ - 0,4%.

В соответствии с методом Ллойда по способу наименьших квадратов А. Сарханом и Б. Гринбергом найдены оптимальные линейные несмещенные

оценки для равномерного закона распределения [4], которые представляют собой функции только экстремальных значений выборки:

$$\theta_1^* = \frac{1}{2}(X_{(n)} + X_{(1)}), \quad (4)$$

$$\theta_2^* = \frac{n+1}{n-1}(X_{(n)} - X_{(1)}), \quad (5)$$

где θ_1^* - несмещенная оценка математического ожидания результатов измерения;

θ_2^* - несмещенная оценка размаха результатов измерения,

$X_{(1)}$ - наименьшее значение из ряда результатов n наблюдений;

$X_{(n)}$ - наибольшее значение из ряда результатов n наблюдений,

Дисперсии этих оценок равны:

$$D[\theta_1^*] = \frac{\theta_2^2}{2(n+1)(n+2)} \quad (6)$$

и

$$D[\theta_2^*] = \frac{2\theta_2^2}{(n+2)(n-1)}, \quad (7)$$

а ковариация оценок $\text{Cov}[\theta_1^*, \theta_2^*] = 0$.

На рисунках 1 и 2 показано, что начиная с объема выборки $n = 10$, при фиксированном эмпирическом размахе $w = X_{(n)} - X_{(1)}$, оценка поля рассеивания практически не изменяется. Отсюда следует, что данная оценка применима при малых объемах выборки n .

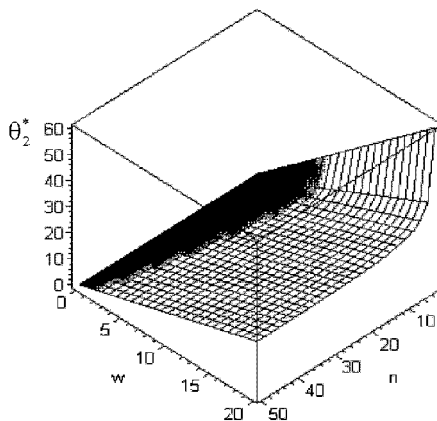


Рис. 1 - Оценка поля рассеивания (5) в зависимости от эмпирического размаха w и объема выборки n .

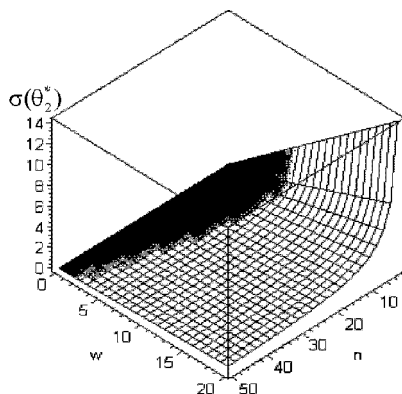


Рис. 2 - Величина ошибки оценки поля рассеивания (5) в зависимости от эмпирического размаха w и объема выборки n .

На рисунке 2 представлена величина ошибки поля рассеивания, по которой, при заданной ошибке и величине эмпирического размаха w можно найти необходимый объем выборки n .

В [4] было показано, что для равномерного распределения экстремальные значения $X_{(1)}$ и $X_{(n)}$ являются достаточные статистики. Поэтому оценки θ_1^* и θ_2^* оказываются наилучшими среди всех возможных.

Статистический анализ показал, что наименьшую дисперсию для равномерного распределения имеет оценка (5), вычисляемая по формуле (7). Эффективность оценки (5) определяемая как отношение дисперсий оценок (5) к дисперсиям оценки (3) при $n = 5$ - равна 0,93, при $n = 10$ - 0,67, а при $n = 50$ - равна 0,19. Отсюда следует, что оценка (3) с ростом n уменьшает ошибку оценки фактического поля рассеивания результатов измерения, но не так быстро, как оценка (5). Следовательно, для решения задач оценки погрешности измерений в условиях ограниченного количества статистических данных, нужно применять оценку поля рассеивания результатов измерения (5). Это позволит получить большую достоверность результата.

При проведении экспериментальных исследований, результаты которых используются для оценки погрешности ИК ПТК, одному измерению соответствует n наблюдений, которые получены как результат измерения измерительным каналом ПТК одного и того же значения, задаваемого эталонным средством измерительной техники для имитации выходного сигнала датчика ИК. По результатам метрологической аттестации устанавливается соответствие погрешностей ИК ПТК требованиям технического задания на разработку АСУ ТП.

Для оценки количества наблюдений при одном измерении используем формулу (5), в которой примем размах равным удвоенному значению требуемой в техническом задании погрешности соответствующего ИК ПТК. При

этом количество наблюдений при измерении определяется по формуле:

$$n = \frac{(X_{(n)} - X_{(1)}) + 2\Delta}{2\Delta - (X_{(n)} - X_{(1)})}, \quad (8)$$

где Δ – значение абсолютной погрешности соответствующего ИК ПТК по техническому заданию;

$(X_{(n)} - X_{(1)})$ – возможное максимальное расхождение между наблюдениями при одном измерении, если случайная погрешность не существенна, которое равно единице младшего разряда индицируемого на выходе ПТК значения измеряемой физической величины.

Применение формулы (8) для расчета необходимого количества наблюдений в одной исследуемой точке диапазона измерения позволяет учесть требуемую точность измерения контролируемого параметра и установить оптимальное количество наблюдений. Однако необходимо иметь ввиду, что минимальное количество наблюдений в одной исследуемой точке должно быть не менее 2.

Таким образом, имеем алгоритм оценки погрешности ИК ПТК:

1– установление требований технического задания на разработку или модернизацию АСУ ТП к погрешности каждого измерительного канала ПТК;

2– выбор эталонного средства измерительной техники для каждого ИК ПТК, которое используется для имитации выходного сигнала датчика, входящего в состав данного ИК;

3– формирование перечня ИК ПТК, которые образованы каждым модулем измерения аналоговых сигналов КП, и представления в виде таблицы функции преобразования ПТК – соответствие входного сигнала ПТК информационному сигналу об измеряемом параметре на пульте управления (автоматизированном рабочем месте оператора);

4 – проведение исследований одного ИК ПТК по каждому модулю измерения аналогового сигнала на существенность случайной составляющей погрешности и наличие вариации. При установлении существенности случайной составляющей погрешности и/или наличия вариации, дальнейшие экспериментальные исследования проводятся в соответствии с [2]. При установлении несущественности случайной составляющей погрешности и/или вариации переходим к шагу 5;

5 – установление количества наблюдений в соответствии с формулой (8);

6 – проведение экспериментальных исследований;

7 – расчет погрешности ИК ПТК.

Предложенный алгоритм оценки погрешности ПТК был опробован при проведении метрологической аттестации ИК ПТК. Полученные и проанализированные результаты доказывают, что применение такого алгоритма значительно сокращает время, необходимое на проведение метрологической аттестации ИК ПТК, при сохранении достоверности полученных оценок погрешности ИК.

Выводы.

1. Для оценки поля рассеивания ИК ПТК предложено применять оптимальные линейные несмещенные оценки размаха для равномерного закона распределения.
2. Разработан пошаговый алгоритм оценки погрешности ИК ПТК
3. Предложенный алгоритм оценки погрешности ПТК был опробован при проведении метрологической аттестации ИК ПТК.

Список литературы: 1. МИ 2002-89 ГСИ. Системы информационно-измерительные. Организация и порядок проведения метрологической аттестации. 2. ГОСТ 8.009-84 ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений. 3. П.В.Новицкий, И.А.Зограф Оценка погрешности результатов измерений.-2-е изд., перераб. - Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1991.-304с. 4. Введение в теорию порядковых статистик. Под ред. А.Я. Боярского, М.: Статистика, 1970, 416 с.

Поступила в редколлегию 10.10.07

УДК 621. 9.

В. Е. КАРПУСЬ, А. В. КОТЛЯР

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИНТЕНСИВНОСТИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПА ВАЛ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СТАНКОВ

В статті представлений порівняльний аналіз інтенсивності формоутворення деталей типу вал для різних верстатів. Проведено порівняльне співвідношення режимів різання за допомогою коефіцієнту напруження режимів різання. Приводяться значення коефіцієнта циклової та нормативної інтенсивності формоутворення для різних методів і характерів обробки.

The article describes the analysis of the details type shaft forming intensity for different machine tools. The comparison of the cutting conditions with assistance the tension cutting conditions coefficient are make. The meaning of the cycle and normative coefficient forming intensity for different methods and character processing are given.

В конструкциях узлов, механизмов и агрегатов многих объектов машиностроительного производства детали типа вал (вал, палец, шток, ось) составляют значительную часть номенклатуры всех деталей. Наибольшее распространение получили валы, которые являются основными деталями для передачи вращательного движения и крутящего момента. Они представляют собой различные по форме, размерам, назначению, сложности и трудоемкости изготовления конструкции. Основными представителями среди них являются ступенчатые валы малых и средних размеров ($d < 100\text{мм}$; $L < 1000\text{мм}$), изготавливаемые из различных материалов. Основу конструкции таких деталей составляют наружные поверхности вращения (цилиндрические, конические, сферические), среди которых преобладают цилиндрические поверхности с различными требованиями, предъявляемыми к ним по