

O. V. Ponomareva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Izhevsk State Technical University

Methodology of the formalized description of probabilistic characteristics measurement procedures of a discrete random process realized by processor measuring means

One of problem of metrology of the measuring procedures realized by processor measuring means (PMM) is development of the methodology of definition inaccuracy (characteristics of inaccuracy) of measurement results. A new approach to the formalized description of spectral function measurement procedures is proposed.

Keywords: CPU measuring, measurement error, formalized description of measurement procedures, statistical measurement, spectral functions

Получено 12.10.10

УДК 623.593

В. А. Афанасьев, аспирант;

В. С. Казаков, кандидат технических наук, профессор;

Ижевский государственный технический университет

В. В. Коробейников, кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Институт прикладной механики УрО РАН

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЗВЕШЕННЫХ МОМЕНТОВ ВРЕМЕНИ В СВЕТОВОЙ МИШЕНИ

Рассматриваются результаты экспериментальных исследований получения взвешенных моментов времени пересечения пульей световых экранов и эффективности их использования в световой мишени при определении координат точек попадания.

Ключевые слова: мишень, координата, нутация, прецессия, погрешность

Статистическое моделирование [1] показало, что погрешность определения координат точек попадания в информационно-измерительных системах (ИИС) на основе световых автоматических мишеней, предназначенных для испытания стрелкового оружия, можно уменьшить за счет учета влияния углов нутации и прецессии. Это возможно в том случае, если аппаратное и программное оснащение ИИС обеспечивает измерение моментов времени входа и выхода пули из светового экрана. Для оценки возможности уменьшения погрешности световой мишени от нутации и прецессии и подтверждения результатов статистического моделирования была создана световая мишень, схема которой показана на рис. 1. Данная схема реализована на оптико-электронных преобразователях (ОЭП) новой конструкции, которая обеспечивает прием сигналов от трех излучателей света и включает в себя два ОЭП и пять излучателей. Датчики и излучатели расположены таким образом, чтобы получить

модель, инвариантную к углу входа траектории пули в мишень. Для этой схемы приборные коэффициенты [2] имеют вид

$$k_y = \frac{t_5 - t_4}{t_5 - t_2}, \quad k_z = \frac{t_5 - t_3}{t_5 - t_2}, \quad (1)$$

где t_i – моменты времени, определяемые по показаниям ОЭП; i – порядковый номер экрана.

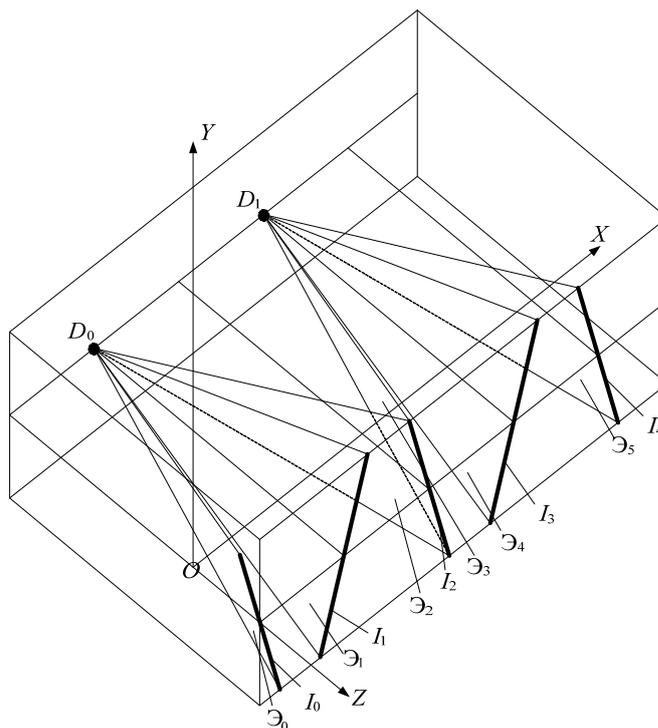


Рис. 1. Оптическая схема ИИС на световой мишени:
 D_0, D_1 – ОЭП; $I_0...I_4$ – излучатели; $\mathcal{E}_0... \mathcal{E}_5$ – световые экраны

Математическая модель световой мишени определяется регрессионными уравнениями [2]

$$y = \frac{a_0 + a_1 k_y + a_2 k_z}{1 - a_3 k_y - a_4 k_z}, \quad z = \frac{b_0 + b_1 k_y + b_2 k_z}{1 - b_3 k_y - b_4 k_z}, \quad (2)$$

где z, y – координаты точки попадания в мишени; a_i, b_i – тарировочные коэффициенты; $i = 0...4$; k_y, k_z – приборные коэффициенты.

Коэффициенты a_i, b_i в (2) определяются на этапе идентификации математической модели мишени по измеренным координатам точек попадания и соответствующим им моментам времени пересечения пульей экранов. В рабочем режиме координаты точки попадания определяются из решения системы (2), в которой коэффициенты a_i, b_i – величины известные (получены на этапе тарирования системы), приборные коэффициенты k_y, k_z – определяются по (1).

Световая мишень была подключена к цифровому запоминающему осциллографу, в память которого записывались сигналы с ОЭП. Моменты времени пересечения экранов пульей определялись вручную с помощью программного обеспечения осциллографа. Стрельба выполнялась из спортивной пневматической винтовки калибра 5,6 мм различными стандартными пулями. Дальность стрельбы – 7 м, размеры мишени – 300 × 300 мм.

Для подтверждения результатов теоретических исследований [1] эксперименты были построены следующим образом:

1. По выбранным характерным точкам (точки прицеливания) выполнялось n ($n = 13-20$) выстрелов. Точка вылета фиксировалась приспособлением, чтобы координаты позиции не отличались от выстрела к выстрелу. Каждый выстрел осуществлялся после прицеливания в очередную характерную точку. В силу неточностей прицеливания и естественного разброса точек попадания мишень покрывалась пробоинами неравномерно, образовывались относительно большие свободные от пробоин области, в которые производились дополнительные выстрелы. Информация о сигналах с ОЭП по каждому выстрелу записывалась в отдельный файл. Затем эта информация обрабатывалась вручную с помощью программного обеспечения, прилагаемого к осциллографу, и для каждого выстрела и светового экрана определялись моменты времени входа и выхода пули из экрана. Все времена определялись от установленного в программе начала отсчета.

2. После отметки на бумажной мишени расположения координатных осей мишень снималась и измерялись координаты каждой пробоины.

3. Измеренные координаты пробоин вводились в память ПЭВМ.

4. Для заданного k – коэффициент пересчета, по измеренным координатам и взвешенным значениям моментов времени по (1) и (2) определялись тарировочные коэффициенты $a_i, b_i; I = 0 \dots 4$. Взвешенные значения моментов времени определялись по формуле

$$t_{i,j}(k) = k(t_k)_{i,j} + (1-k)(t_n)_{i,j}, \quad (3)$$

где i – номер характерной точки в плоскости регистрации; j – номер светового экрана; k – коэффициент пересчета; $(t_n)_{i,j}, (t_k)_{i,j}$ – времена входа и выхода пули из экрана. Оцифрованные значения ординат сигнала считывались из оперативной памяти цифрового запоминающего осциллографа. Значения $(t_n)_{i,j}, (t_k)_{i,j}$ определяются по пересечению сигнала с прямой, параллельной оси абсцисс и проведенной на уровне порога.

5. По найденным тарировочным коэффициентам и (1), (2) вычислялись координаты точек попадания, погрешности как разница между измеренными и вычисленными координатами, среднее значение и дисперсия погрешностей по координате Z и Y .

Изменяя k от 0 до 1 с шагом $h_k = 0,1$ и повторяя п. 4, 5, получали зависимость средних значений и дисперсий погрешностей от k . Для получения в эксперименте неустойчивого полета пуль у них специально смещался центр массы в сторону от оси путем высверливания небольшого отверстия (диаметр = 2 мм, глубина = 2–3 мм) со стороны донной части пули, что не изменяло внешние размеры и форму пули.

На рис. 2, 3 показаны типичные графики зависимости дисперсий погрешностей по координате Z и Y от коэффициента пересчета k . При этом использованы данные одного из экспериментов стрельбы пуль Альфа длиной 6 мм из пневматического спортивного оружия ИЖ-60. Обработка экспериментальных данных осуществлялась в математическом пакете Mathcad [3].

Результаты проведенных исследований показали, что

- 1) эксперименты подтвердили выводы теоретических исследований [1];
- 2) применение взвешенных моментов времени пересечения пуль экранов повышает точность определения координат точек попадания на 10–20 %;

3) для исключения ошибок человеческого фактора и повышения точности необходимо перейти к автоматическому определению моментов времени с использованием соответствующей фильтрации, нормирования и логического анализа информации с ОЭП;

4) учитывая нелинейный характер преобразования процесса затенения экрана пулей в сигнал с ОЭП, а также различное положение экранов в пространстве, необходимо проверить эффективность использования для каждого экрана своего коэффициента пересчета.

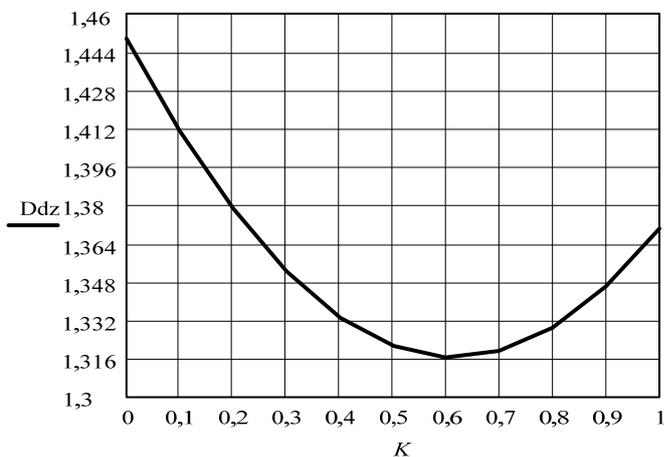


Рис. 2. Зависимость дисперсии погрешности по координате Z от коэффициента k

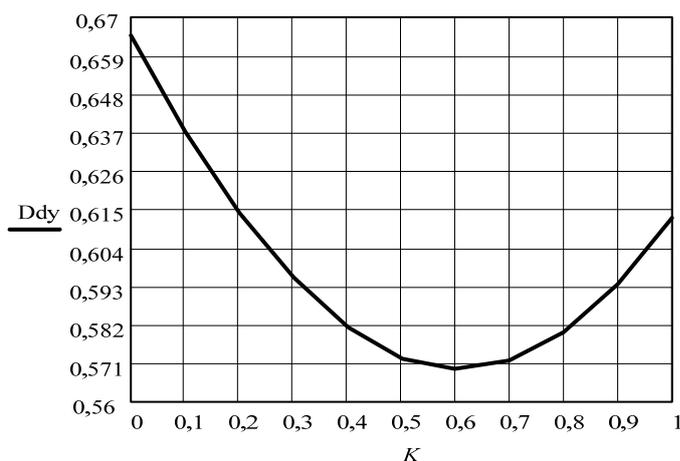


Рис. 3. Зависимость дисперсии погрешности по координате Y от коэффициента k

Список литературы

1. Афанасьев В. А., Коробейников В. В. Исследование возможностей уменьшения погрешностей световой мишени из-за нутации и прецессии тела // Интеллектуал. системы в пр-ве – 2010. – № 2. – С. 103–109.

2. Пат. 2213320 Российская Федерация, МПК F41 J 5/02. Световая мишень / Афанасьев Н. Ю., Веркиенко Ю. В., Казаков В. С., Коробейников В. В. ; заявитель и патентообладатель Ин-т прикладной механики УрО РАН. – № 2002116940/02 ; заявл. 24.06.02 ; опубл. 27.09.03, Бюл. № 27. – 18 с. : ил.

3. Дьяконов В. П. Mathcad 11/12/13 в математике : справ. – М. : Горячая линия – Телеком, 2007. – 958 с.

* * *

V. A. Afanasyev, Postgraduate Student, Izhevsk State Technical University

V. S. Kazakov, Candidate of Technical Sciences, Professor, Izhevsk State Technical University

V. V. Korobeynikov, Candidate of Technical Sciences, Senior Research Worker, Institute of Applied Mechanics, Ural Branch of RAS, Izhevsk

Efficiency Experimental Research of Time Weighted Moments in a Light Target

The results of experimental studies of finding weighted moments of time corresponding to bullet light screens crossing are presented. The efficiency of their use in light targets for determination of impact points coordinates are considered.

Keywords: target, coordinates, nutation, precession, error

Получено 20.10.10

УДК 623.593

В. А. Афанасьев, аспирант;

Ижевский государственный технический университет

В. В. Коробейников, кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Институт прикладной механики УрО РАН, Ижевск

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УМЕНЬШЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ СВЕТОВОЙ МИШЕНИ ИЗ-ЗА НУТАЦИИ И ПРЕЦЕССИИ ТЕЛА

Рассматривается возможность уменьшения погрешности определения координат точек попадания за счет использования взвешенных времен полета пули через световые экраны.

Ключевые слова: мишень, координата, нутация, прецессия, погрешность

В информационно-измерительных системах (ИИС) на основе автоматических мишеней, предназначенных для испытания стрелкового оружия и боеприпасов с целью контроля их качества, а также для выполнения операции приведения к нормальному бою используются оценки параметров кучности и меткости, для вычисления которых необходимо знать координаты точек попадания пуль в плоскость регистрации. В автоматических мишенях (акустических или световых) для определения координат используются измеренные моменты времени срабатывания датчиков. В акустических мишенях датчики реагируют на воздействие звукобаллистической волны от пролетающей пули, а в световых мишенях – на изменение потока световой энергии при пролете пули сквозь световой экран [1].

Световая мишень состоит из нескольких световых экранов, расположенных в пространстве определенным образом относительно друг друга и направления стрельбы. Для определения координат точек попадания используют приборные коэффициенты, функционально зависящие от координат точек попадания. В качестве таких приборных коэффициентов можно взять время полета пули от одного