

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

УДК 623.593

В. А. Афанасьев, старший преподаватель;
В. С. Казаков, кандидат технических наук, профессор
Ижевский государственный технический университет
имени М. Т. Калашникова

В. В. Коробейников, кандидат технических наук, научный сотрудник
Институт механики Уральского отделения РАН (Ижевск)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОРОГА СРАБАТЫВАНИЯ В СВЕТОЙ МИШЕНИ

Рассматриваются результаты экспериментальных исследований влияния порога срабатывания, на уровне которого определяются характеристики сигналов в мишени, на эффективность использования взвешенных времен при определении параметров меткости и кучности стрелкового оружия.

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

В работах [1, 2] показана эффективность учета нутации пули для повышения точности вычисления координат точек попадания (ТП). Чем выше точность определения координат, тем выше достоверность характеристик меткости и кучности. Эксперименты проводились на лабораторной информационно-измерительной системе (ИИС) на световой мишени, в которой для определения координат точек попадания (ТП) пуль использовались времена пролета пули от одного светового экрана до другого. Для измерения этих времен применялся виртуальный цифровой осциллограф (ВЦО). Параметры сигналов, считываемых из ВЦО, определялись на уровне порога срабатывания (в дальнейшем порога), равном 0,5 амплитуды каждого сигнала. В представленной работе исследуется влияние на точность определения координат ТП уровня этого порога, который варьировался от 0,1 до 0,9.

Угол нутации, который появляется у пули из-за ее колебания относительно своего центра массы, увеличивает погрешность определения времен, что, в свою очередь, увеличивает погрешность определения координат ТП. Структурная схема лабораторной ИИС, на которой проводились эксперименты, показана на рис. 1. В качестве пневматического стрелкового оружия (СО) использовалось изделие ИЖ-60, выпускаемое ОАО «Ижевский механический завод». Калибр – 4,5 мм, дульная скорость 230 м/сек.

Стрелковая скамейка представляет собой стол с приспособлением для стрельбы с упора. Для обработки информации с виртуального цифрового осциллографа (ВЦО) [3] использовалась ПЭВМ стандартной конфигурации.

Основным узлом световой мишени является световой экран, который образуется линейным источником света, расположенным с одной стороны траекторий полета пуль, и оптико-электронным преобразователем (ОЭП) – датчиком – с другой стороны.

Схема расположения датчиков и излучателей в блоке датчиков и излучателей (БДИ) показана на рис. 2.

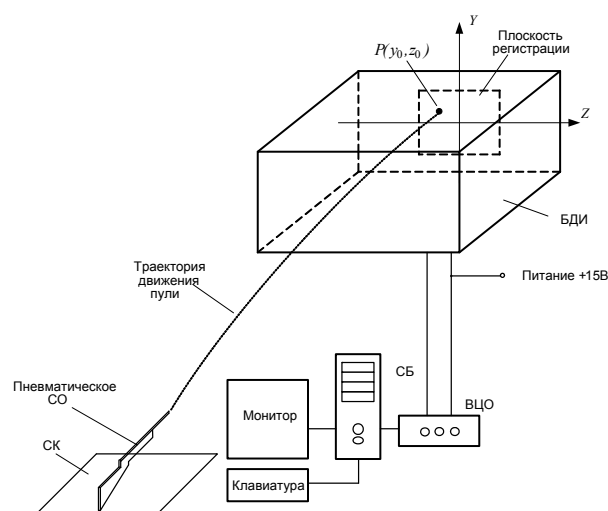


Рис. 1. Структурная схема ИИС:

БДИ – блок датчиков и излучателей; ВЦО – виртуальный цифровой осциллограф; СБ – системный блок ПЭВМ; СО – стрелковое оружие; СК – стрелковая скамейка

В исследовании применялись различные пули. В некоторых экспериментах для ухудшения стабильности полета пули (с целью получения больших углов нутации) искусственно смещался центр ее массы путем высверливания со стороны доньшка на небольшом расстоянии от его центра глухого отверстия малого диаметра.

Снижение отрицательного влияния нутации осуществлялось использованием в математической мишени взвешенных времен, соответствующих моменту пересечения светового экрана центром массы пули. Взвешенные времена вычислялись через время входа и выхода пули из экрана, определяемые на уровне порога относительно амплитуды сигнала ОЭП (рис. 3).

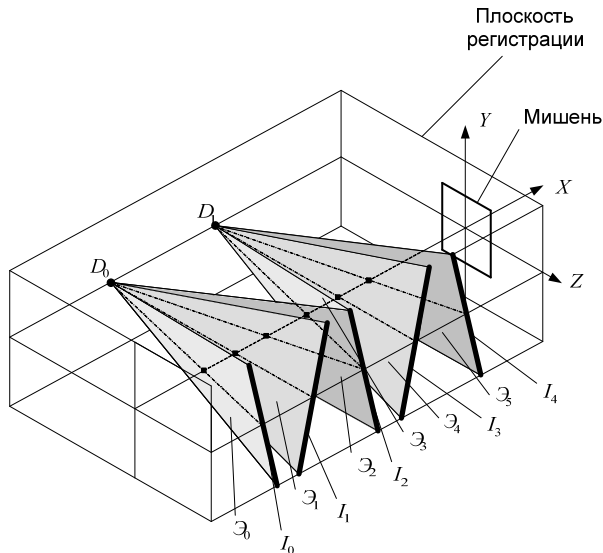


Рис. 2. Схема расположения датчиков и излучателей в БДИ: $I_0, \dots, I_4$ – излучатели; $D_0, \dots, D_1$ – оптико-электронные датчики; $\mathcal{E}_0, \dots, \mathcal{E}_5$ – световые экраны

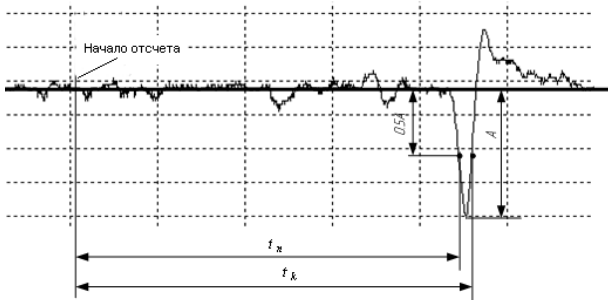


Рис. 3. Определение времени входа (t_n) и выхода (t_k) пули из светового экрана на уровне 0,5 амплитуды сигнала с ОЭП

Для исследования влияния значения порога на точность определения координат было выполнено 9 серий выстрелов из пневматического оружия по бумажным мишеням с использованием лабораторной ИИС. Каждая серия состояла из 20–35 ударов. Сигналы с датчиков от световых экранов по каждому выстрелу записывались с помощью ВЦО в файл на жесткий диск. По бумажной мишени измерялись координаты пробойн. Данные измерений вводились в память ПЭВМ. Обработка информации по записанным сигналам осциллографа и измеренным координатам выполнялась с помощью комплекса программ, состоящего из управляющей программы, которая формировала значение порога, читала, модифицировала и записывала на жесткий диск файл установок, программы определения времен при заданном в файле установок уровне порога и программ пакета MathCAD для определения координат, их погрешностей, дисперсий погрешностей в серии, показателей эффективности использования взвешенных времен, оптимальных значений коэффициентов пересчета времен. Порог изменялся от 0,1 до 0,9 с шагом 0,1.

Взвешенное время (время пересечения экрана центром пули) вычислялась по формуле

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

где i – номер пробойны в бумажной мишени; j – номер светового экрана; k – коэффициент пересчета; $(t_n)_{i,j}, (t_k)_{i,j}$ – времена входа и выхода пули из экрана.

Математическая модель световой мишени определяется регрессионными уравнениями [1, 2, 4]:

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

где z, y – координаты ТП; a_i, b_i – тарировочные коэффициенты; $i = 0, \dots, 4$; k_z, k_y – приборные коэффициенты.

Приборные коэффициенты имеют вид

$$k_y = \frac{t_5 - t_4}{t_5 - t_2}, \quad k_z = \frac{t_5 - t_3}{t_5 - t_2}, \quad (3)$$

где t_i – моменты времени, определяемые по (1); i – порядковый номер экрана.

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 пуль 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) и с последующим их уточнением с помощью регрессионных функций.

Оптимальное значение коэффициента k находилось из условия минимума дисперсии погрешности координат. Эффективность использования взвешенного времени определялась отношением дисперсии погрешности вычисленных координат при $k=0$ к дисперсии погрешности вычисленных координат при $k=k_{op}$. Значение $k=0$ означает, что времена срабатывания датчиков определялись по переднему фронту сигнала на заданном уровне порога. Результаты некоторых расчетов приведены в таблице и на рисунках 4–7. Их анализ показывает, что чем ниже порог, тем выше эффективность (рис. 6, б). Однако низкий порог снижает защищенность ИИС от помех (таблица, серии 7–9). Высокое значение порога увеличивает погрешность (таблица, серия 7; рис. 5).

Оптимальное значение коэффициента пересчета k в зависимости от уровня порога и целевой функции

№ серии	Целевая функция	Уровень порога								
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1	σ_{dz}	0,637	0,625	0,571	0,682	0,692	0,569	0,677	0,674	0,515
	σ_{dy}	0,678	0,687	0,476	0,467	0,484	0,269	0,442	0,568	0,321
2	σ_{dz}	0,677	0,625	0,511	0,475	0,175	0,166	0,258	0,312	0,323
	σ_{dy}	0,533	0,535	0,54	0,495	0,484	0,437	0,555	0,558	0,592

Окончание таблицы

№ серии	Целевая функция	Уровень порога								
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
3	σ_{dz}	0,564	0,57	0,642	0,591	0,44	0,624	0,533	0,584	0,92
	σ_{dy}	0,468	0,442	0,788	0,531	0,587	0,777	0,679	0,734	0,994
4	σ_{dz}	0,651	0,649	0,665	0,702	0,74	0,834	0,81	0,869	0,591
	σ_{dy}	0,405	0,363	0,467	0,711	0,593	0,569	0,609	0,604	0,67
5	σ_{dz}	0,667	0,667	0,698	0,571	0,6	0,575	0,551	0,732	0,779
	σ_{dy}	0,784	0,785	0,803	0,745	0,808	0,784	0,744	0,795	0,67
6	σ_{dz}	0,763	0,751	0,71	0,606	0,47	0,475	0,38	0,409	0,349
	σ_{dy}	0,961	0,979	0,964	0,935	0,908	0,749	0,7	0,588	0,346
7	σ_{dz}	—	0,5	0,477	0,368	0,281	0,293	0,276	0,282	—
	σ_{dy}	—	0,429	0,39	0,398	0,303	0,332	0,392	0,372	—
8	σ_{dz}	—	0,582	0,611	0,544	0,446	0,492	0,47	0,467	0,601
	σ_{dy}	—	0,623	0,652	0,672	0,661	0,623	0,56	0,487	0,539
9	σ_{dz}	—	0,601	0,583	0,547	0,617	0,623	0,589	0,658	0,762
	σ_{dy}	—	0,514	0,366	0,378	0,374	0,431	0,424	0,509	0,621

Оптимальное значение коэффициента k необходимо выбирать из диапазона от 0,3 до 0,8 (рис. 5, 6) в зависимости от типа пули. При выборе порога необходимо ориентироваться на оптимальное значение коэффициента k и обеспечение помехозащищенности системы. Эксперименты показали, что оптимизация коэффициента k позволяет увеличить точность определения координат по сравнению с определением времен по переднему фронту сигналов в 1,2–2,2 раза.

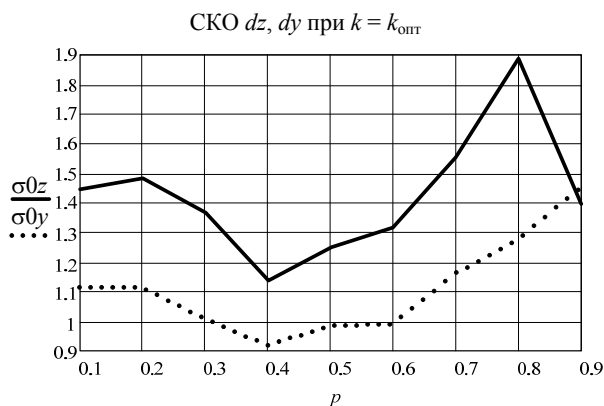


Рис. 4. Зависимость среднего квадратического отклонения (СКО) погрешностей координат ТП при $k = 0$ от порога

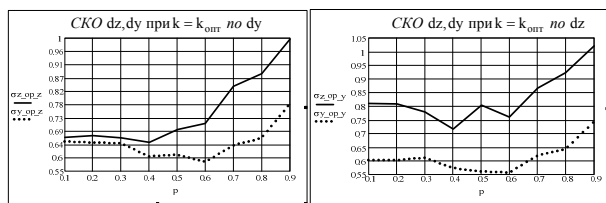


Рис. 5. Зависимость среднего квадратического отклонения погрешностей координат ТП при $k = k_{opt}$ от порога

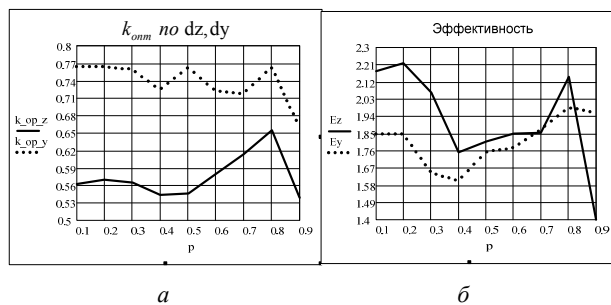


Рис. 6. Влияние порога на значение k_{opt} (а) и на эффективность (б)

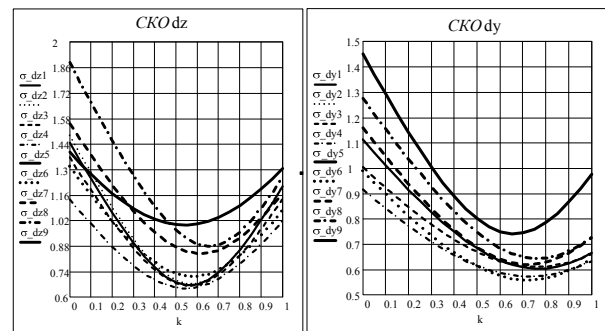


Рис. 7. Зависимость погрешностей от коэффициента k и от порога: $\sigma_{dz1}, \sigma_{dy1}$ – СКО погрешностей при $p = 0,1$; $\sigma_{dz2}, \sigma_{dy2}$ – СКО погрешностей при $p = 0,2$ и т. д.; k – коэффициент, используемый при определении взвешенного времени

Таким образом, выполненные исследования позволили дать рекомендации по оптимальному выбору порога для определения времен пересечения пуль световых экранов и оптимального значения коэффициента k , обеспечивающих минимум погрешностей вычисленных координат ТП, параметров кучности и меткости в световой мишени.

Библиографические ссылки

1. Коробейников В. В., Афанасьев В. А. Исследование возможностей уменьшения погрешности световой мишени из-за нутации и прецессии тела // Интеллектуал. системы в пр-ве. – 2010. – № 2. – С. 103–109.
2. Коробейников В. В., Казаков В. С., Афанасьев В. А. Экспериментальное исследование эффективности использования взвешенных моментов времени в световой мишени // Интеллектуал. системы в пр-ве. – 2010. – № 2. – С. 99–103.
3. АКТАКОМ – Измерительные приборы, паяльное оборудование, промышленная мебель. – URL: <http://www.aktakom.ru> (дата обращения: 18.11.2010).
4. Пат. 2213320 Российская Федерация, МПК F41 J 5/02. Световая мишень / Афанасьева Н. Ю., Веркиенко Ю. В., Коробейников В. В.; заявитель и патентообладатель Институт прикладной механики УРО РАН. – № 2002116940/02; заявл. 24.06.02; опубл. 27.09.03. Бюл. № XXX (XXX).
5. Дьяконов В. П. Mathcad 11/12/13 в математике : справ. – М. : Горячая линия-Телеком, 2007. – 958 с.

* * *

V. A. Afanasyev, Senior lecturer, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

V. S. Kazakov, PhD in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

V. V. Korobeynikov, PhD in Engineering, Senior research worker, Institute of Mechanics of the Ural branch of the RAS, Izhevsk

Pilot study of influence of the operation threshold in the light target

The paper considers the results of pilot studies of the influence of operation threshold (to determine characteristics of signals in a target) on the efficiency applying weighed times when defining the parameters of accuracy and grouping of small arms.

Keywords: target, coordinate, nutation, error, threshold

Получено: 03.04.13

УДК 614.662.844

А. В. Животков, аспирант;

В. Б. Голубчиков, кандидат технических наук, генеральный директор;

ООО «Научно-производственная фирма „Норд“», Пермь

М. М. Ефимова, кандидат технических наук, доцент

Чайковский технологический институт (филиал)

ФГБОУ ВПО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ ПРОЗРАЧНОСТИ АЭРОЗОЛЬНЫХ НАНОСИСТЕМ

Предложена методика оценки параметров оптической прозрачности огнетушащего аэрозоля. Приведено описание разработанного испытательного стенда, методики проведения экспериментов и анализа полученных результатов.

Ключевые слова: оптическая прозрачность, генератор, аэрозоль, наносистема, среда, твердая фракция

Введение

Перспективным и универсальным средством тушения пожара в замкнутых помещениях является огнетушащий аэрозоль [1], который представляет собой смесь твердых мелкодисперсных (соли щелочных и щелочноземельных металлов) и газовых (углекислый газ, азот) компонентов, а исполнительным устройством служит генератор огнетушащего аэрозоля.

Активное внедрение огнетушащего аэрозоля в практику борьбы с пожарами сдерживается наличием ряда недостатков. Огнетушащий аэрозоль – оптически непрозрачная или слабoproзрачная среда, что не позволяет свободно ориентироваться в защищаемом помещении, а значит, самостоятельно эвакуироваться, искать пострадавших, осуществлять пожарную разведку. Составляющие системы в виде мелкодисперсных солей щелочных и щелочноземельных металлов способны стать причиной окисления контактов в электро- и электронном оборудовании. Аэрозоль может иметь достаточно высокую степень токсичности в зависимости от химического состава твердых дисперсных и газовых компонентов.

Увеличение прозрачности среды достигалось путем удаления части твердой фазы из образующегося аэрозоля через специальные фильтрующие материалы, которые отличаются высокой термостойкостью, фильтрующей способностью, окислительной устойчивостью и эрозийной устойчивостью. В качестве фильтрующих материалов были выбраны:

– пористый материал на основе керамики, представляющий собой систему микро- и нанопор, сочетающий высокую термостойкость и прочность;

– нетканый иглопробивной материал на основе рубленного базальтового волокна [2] производства НПО «Вулкан» (Пермь), отличающийся достаточно высокими адсорбирующими свойствами и низкой стоимостью.

Разработан испытательный стенд для исследования оптических свойств аэрозоля, а в качестве сравнения применяется генератор, не имеющий в своей конструкции фильтра, создающий аэрозоль с базовым (максимальным) количеством твердой дисперсной фазы. Экспериментальные значения параметров оптической прозрачности среды основаны на положениях [3, 4] и разработанной методике, позволяющей количественно оценивать параметры оптической прозрачности огнетушащих аэрозолей с различным содержанием твердой дисперсной фазы.

Оборудование для проведения экспериментальных исследований

Специалистами ООО НПФ «Норд» (Пермь) разработан испытательный стенд, рассчитанный на эксплуатацию в помещении при температуре от 0 до +40 °С, относительной влажности 40–95 % (при температуре +20 °С) и атмосферном давлении 630–800 мм рт. ст. Стенд содержит (рис. 1) герметичную камеру (1) объемом 1 м³, одна из сторон которой является подвижным прозрачным экраном, внутри камеры находится генератор аэрозоля (2), соединенный