

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

УДК 681.518.3+623.4.01

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-3-82-87

А. Ю. Вдовин, кандидат технических наук, доцент

Е. М. Марков, кандидат технических наук, доцент

И. Г. Корнилов, кандидат технических наук, доцент

ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

СОВРЕМЕННАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ СКОРОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗАТВОРА СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

Экспериментальное определение характеристик перемещений узлов автоматики чрезвычайно важно при проектировании стрелкового оружия. В статье предложен современный вариант реализации автоматизированной системы, предназначенной для измерения скорости перемещения затворной рамы стрелкового оружия.

Проведен сравнительный анализ существующих методов и устройств для оценки линейных перемещений узлов стрелкового оружия, отмечены их недостатки. Выполнена оценка минимально необходимых характеристик регистрирующего устройства и осуществлен его выбор. Представлена структурная схема системы, описаны основные принципы ее работы. Созданная система во многом сходна с автоматизированными системами на основе световых экранов, применяемыми для оценки скорости, баллистического коэффициента и других параметров пули и снарядов. Представлена форма сигналов, получаемых с фотоприемников и регистрируемых системой. Описаны возможности разработанного программного обеспечения: визуализация сигналов, получение статистической информации по серии выстрелов, сохранение всех результатов на жесткий диск компьютера.

Созданная система позволяет определять среднюю скорость движения затворной рамы стрелкового оружия на участке измерительной базы в прямом и обратном направлении. При этом предлагаемый вариант реализации системы отличается сравнительно низкой стоимостью, простотой и компактностью.

Ключевые слова: средняя скорость, затворная рама, стрелковое оружие, автоматизированная система, программное обеспечение.

Важным этапом проектирования автоматического оружия является его расчет, основанный на инженерном анализе конструкции. Основной задачей при расчете механизмов автоматики остается задача определения ускорений, скоростей и перемещений узлов стрелкового оружия [1]. Опытное измерение перемещения, скорости и ускорения является основой динамических методов определения давления пороховых газов на дно канала ствола и на дно снаряда [2].

Для измерения линейных перемещений механизмов оружия во время стрельбы

получили применение электрические, механические и оптические велосиметры, а также скоростная видеосъемка [3–4]. Электрические и механические велосиметры имеют серьезный недостаток, заключающийся в наличии механической связи подвижной части оружия и регистрирующего устройства, что обуславливает изменение динамических характеристик оружия и внесение погрешностей в результаты измерений. Использование оптических велосиметров предполагает ручную обработку полученных результатов, а применение

скоростной видеосъемки требует серьезных финансовых затрат на приобретение дорогостоящего оборудования. Вместе с тем известно достаточно большое количество устройств, которые, с одной стороны, исключают недостатки, обусловленные наличием механической связи подвижной части оружия и регистрирующего устройства, а с другой – обладают высокой сложностью реализации [5–8].

Для разработки системы предпочтительно использовать недорогую стандартную аппаратуру, что позволит упростить и ускорить создание автоматизированной системы оценки средней скорости перемещения затвора (затворной рамы). Для реализации бесконтактного варианта регистрации движения затворной рамы и дальнейшего определения средних скоростей отката и наката достаточно использовать две оптопары на основе светодиодов и фототранзисторов, разнесенные на величину измерительной базы [9].

Оценим ориентировочные параметры необходимого устройства регистрации. Необходимы два измерительных канала для записи сигналов от фотоприемников. Далее, с одной стороны, по сравнению с системами определения внешнебаллистических параметров [10–11] измеряемая скорость в нашей системе существенно ниже (единицы м/с по сравнению с сотнями), с другой стороны, существенно меньше и величина измерительной базы (единицы миллиметров по сравнению с единицами метров). Если считать, что погрешность определения скорости δV полностью определяется погрешностью дискретизации регистрирующего устройства δt , и считать допустимой погрешностью системы величину $\delta V = 0,2 \%$, то абсолютная погрешность измерения времени, за которое объект преодолевает измерительную базу $S = 10$ мм

на скорости $V = 10$ м/с (наихудший случай), определяется выражением

$$\Delta t = \frac{S}{V} \cdot \delta t = \frac{0,01 \text{ м}}{10 \text{ м/с}} \cdot 0,002 = 2 \text{ мкс}.$$

Найдем минимально необходимую частоту дискретизации f_d :

$$f_d = \frac{1}{\Delta t} = \frac{1}{2 \text{ мкс}} = 500 \text{ кГц}.$$

Определим размер буфера для хранения полученных данных.

Найдем время, за которое объект преодолевает измерительную базу со скоростью 2 м/с (наихудший случай):

$$t = \frac{S}{V} = \frac{0,01 \text{ м}}{2 \text{ м/с}} = 0,005 \text{ с}.$$

При минимальной частоте дискретизации 0,5 МГц размер буфера должен составлять, по меньшей мере, 2500 отсчетов. Если необходимо определять еще и скорость наката, то эту величину необходимо увеличить примерно в 10 раз (для записи всего процесса движения затворной рамы после одного выстрела), а при определении темпа стрельбы в режиме ведения огня короткими очередями (3–5 патронов) – в 30–50 раз.

Вообще в качестве устройства регистрации данных, поступающих с фотоприемников, можно было бы использовать двухканальный измеритель временных интервалов, срабатывающий при достижении сигналом некоторого порогового значения, но из соображений унификации измерительного оборудования было принято решение об использовании виртуального осциллографа АСК-3116 компании «Актаком», аналогичного применяемым в информационно-измерительных системах определения внешнебаллистических параметров. Помимо прочего, такой выбор даст возможность получать визуальное представление сигнала на экране

монитора, что позволит, например, оперативно определять причины возможных неполадок системы. Осциллограф подключается к компьютеру напрямую по USB, что позволяет создать единый программный комплекс регистрации, обработки, отображения и хранения результатов испытаний.

Структурная схема системы представлена на рис. 1. После выстрела объект (например, рукоятка затворной рамы) перемещается в сторону, противоположную выстрелу, и последовательно затеняет собой световые

потоки от светодиодов С1, С2 к фотоприемникам Ф1, Ф2 соответственно, при этом световые потоки от светодиодов к фотоприемникам должны быть перпендикулярны движению объекта. На выходе фотоприемников при этом формируется электрический сигнал, который через коммутационную плату КП поступает на цифровой виртуальный осциллограф ЦО. Питание к светодиодам и фотоприемникам поступает от аккумулятора А также через коммутационную плату.

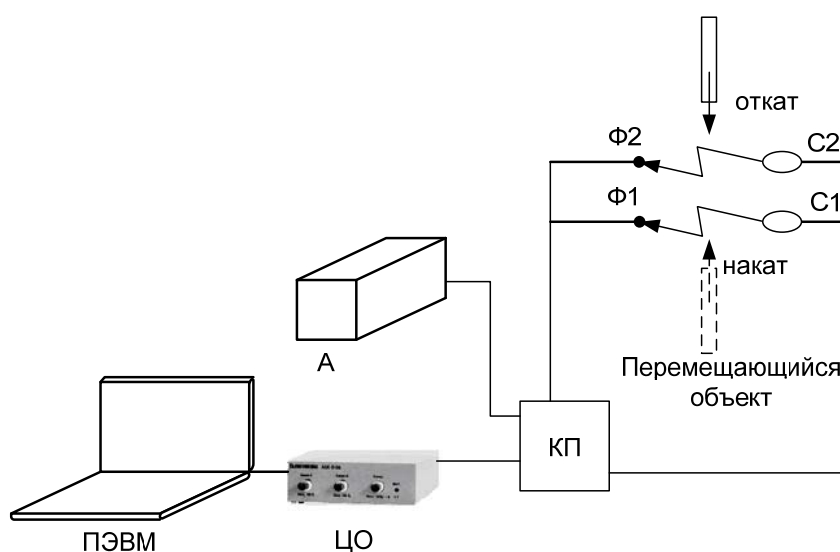


Рис. 1. Структурная схема системы

Для снижения степени влияния боковых помех фотоприемники защищены блендами [12], в результате сигналы, получаемые с фотоприемников после выполнения выстрела, представлены на рис. 2.

На рис. 2 A_1 , A_2 – амплитуды сигнала в первом и втором канале соответственно; t_1 , t_2 – моменты достижения сигналами в первом и втором канале, соответственно, порогового значения амплитуды, задаваемого программно (уровень порогового напряжения определялся экспериментально и составил примерно половину значения амплитуды). Искомая средняя скорость отката

V на участке блокирования, ограниченном длиной измерительной базы, определяется:

$$V = \frac{L}{t_2 - t_1}, \quad (1)$$

где L – длина измерительной базы, задается программно. Аналогичным образом можно определить среднюю скорость отката. Очевидно, что подобные системы могут применяться и для оценки других характеристик перемещения, например темпа стрельбы, а при увеличении количества оптопар – и для определения средних ускорений.

Основное окно программы представлено на рис. 3.

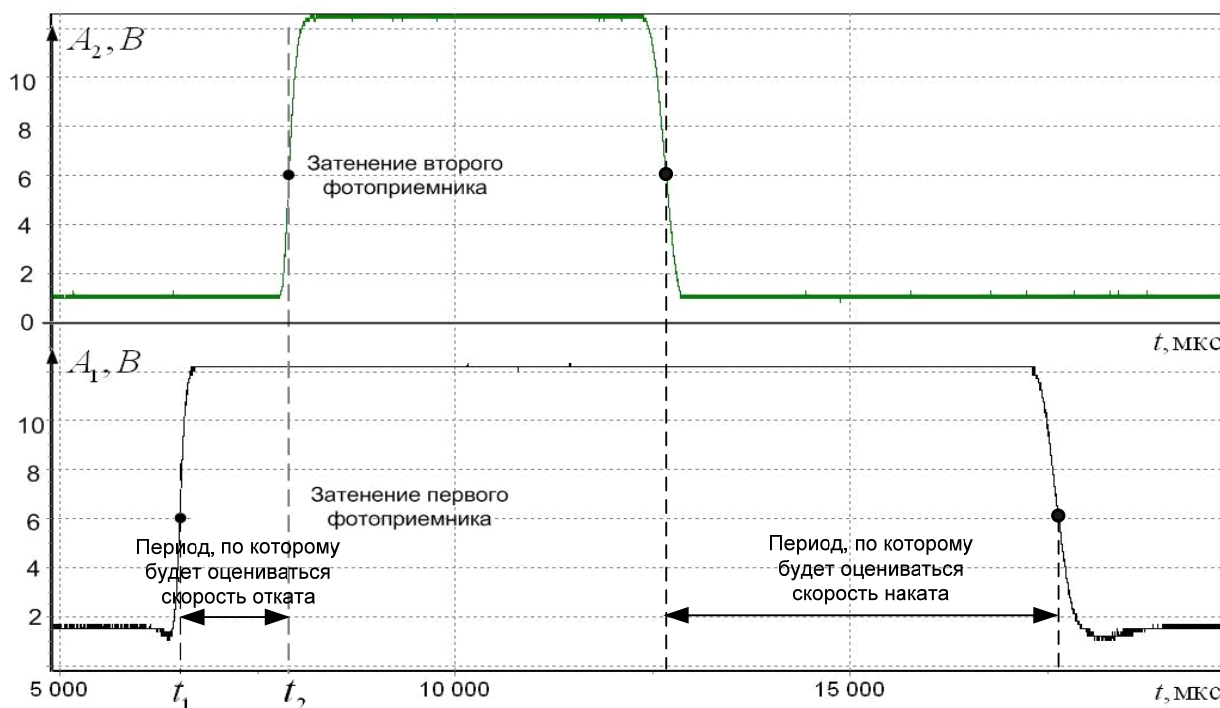


Рис. 2. Характерная форма сигналов с фотоприемников при выполнении выстрела

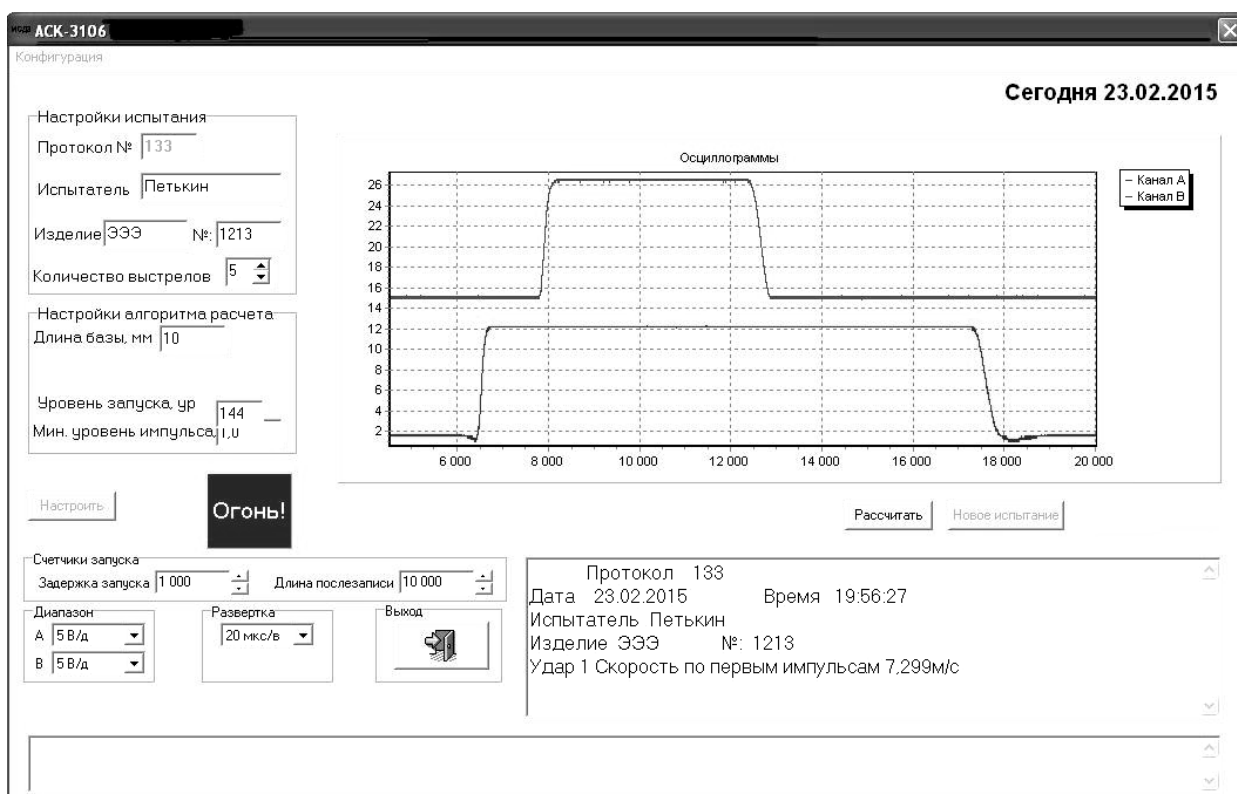


Рис. 3. Основное окно программы

В программе имеется возможность задать количество выстрелов в серии, настроить длину измерительной базы и различные параметры работы осциллографа.

Разработанное программное обеспечение позволяет получать статистическую информацию по серии из заданного числа выстрелов, сохранять результаты испытаний на

жестком диске (сохраняются как исходные файлы, получаемые при выполнении выстрелов, так и протоколы, включающие в себя сводные данные и необходимую статистическую информацию по серии выстрелов). Сравнение результатов, полученных с помощью созданной системы, с результатами измерений другими средствами показала их высокую сходимость.

Таким образом, на основе цифрового виртуального осциллографа АСК-3116 может быть создана сравнительно недорогая, простая в использовании компактная система оценки скорости перемещения затворной рамы.

Библиографические ссылки

1. *Алферов В. В.* Конструкция и расчет автоматического оружия. – М. : Машиностроение, 1977. – 248 с.
2. *Шкворников П. Н., Платонов Н. М.* Экспериментальная баллистика. – М. : Оборонгиз, 1953. – 392 с.
3. Теория и расчет автоматического оружия / В. М. Кириллов, А. К. Голомбовский, Д. К. Девятьяров и др. – Пенза : Изд-во ПВАИУ, 1973. – 493 с.
4. *Петухов К. Ю.* Алгоритмы обработки аналоговых сигналов при цифровых измерениях в информационно-измерительных системах для стрелкового оружия : дис. ... канд. техн. наук. – Ижевск, 2003.
5. А. с. 888043 СССР, МКИ G 01 P 3/68. Устройство для измерения скорости движения объекта / А. А. Жиглинский, Ю. А. Козлов, П. Н. Копаныгин, В. А. Солнцев (СССР). Оpubл. 07.12.81. Бюл. № 45.
6. А. с. 1737345 СССР, МКИ G 01 P 3/64. Устройство для измерения скорости перемещения объекта / А. А. Михайлов (СССР). Оpubл. 30.05.92. Бюл. № 20.
7. Пат. 2223505 Российская Федерация, МПК G 01 P 3/68. Устройство для измерения перемещения, скорости, ускорения и темпа движения объекта / Ю. В. Веркиенко, В. С. Казаков, К. Ю. Петухов, А. Н. Афанасьев; заявитель и патентообладатель Институт прикладной механики УрО РАН № 2002116945/28 ; заявл. 24.06.02 ; опубл. 10.02.04.
8. *Вдовин А. Ю.* Информационно-измерительная система для определения параметров движения механизмов автоматики стрелкового оружия бесконтактным способом // «Выставка инноваций – 2015 (весенняя сессия)» [Электронный ресурс] : электронное научное издание : сборник тезисов докладов XIX Республиканской выставки-сессии студенческих инновационных проектов, Ижевск, 15 апреля 2015 г. / ФГБОУ ВПО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова». – Электрон. дан. (1 файл : 1,9 Mb). – Ижевск : ФГБОУ ВПО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова», изд-во ИННОВА, 2015. – С. 46-47.
9. *Вдовин А. Ю.* Разработка системы на основе световых экранов для определения внешнебаллистических параметров : дис. ... канд. техн. наук. – Ижевск, 2010.
10. *Вдовин А. Ю., Егоров С. Ф., Марков Е. М.* Информационные измерительные системы для определения скорости пуль на нескольких дистанциях // Информационные технологии в науке, промышленности и образовании: сб. тр. науч.-техн. конф. факультета «Информатика и вычислительная техника» ИжГТУ (26 апреля 2011 г.) / науч. ред. В. А. Куликов. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2011. – С. 145–148.
11. *Якушенков Ю. Г., Луканцев В. Н., Колосов М. П.* Методы борьбы с помехами в оптико-электронных приборах. – М. : Радио и связь, 1981. – 180 с.

* * *

A. Yu. Vdovin, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU

E. M. Markov, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU

I. G. Kornilov, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU

Modern Automated System for Evaluation of Movement Velocity of Firearm Bolt

The experimental determination of the movement characteristics of automation nodes is extremely important in the design of small arms. In the paper the modern embodiment of an automated system for measuring the velocity of movement of the firearms bolt carrier are presented.

A comparative analysis of existing methods and devices for estimating the linear movements of small arms units has been carried out, and their shortcomings have been noted. An estimation of the minimum necessary characteristics of the recording device was made and its choice was made. The structural scheme of the system is presented and the basic principles of its work are described. The created system is similar in many respects to automated systems based on light screens used to estimate speed, ballistic coefficient and other parameters of bullets and projectiles. The form of signals received from photodetectors and recorded by the system is presented. The possibilities of the developed software are described: visualization of signals, obtaining of statistical information on a series of shots, saving of all results to the computer hard disk.

The created system makes it possible to determine the average speed of movement of the small arms bolt frame on the length of the measuring base in the forward and backward directions. At the same time, the proposed implementation of the system is characterized by relatively low cost, simplicity and compactness.

Keywords: average velocity, bolt frame, small arms, automated system, software.

Получено: 08.06.2017