

## ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

УДК 004.357+681.518.3

*А. Ю. Вдовин*, кандидат технических наук, доцент

*Е. М. Марков*, кандидат технических наук

*А. В. Максимова*, студентка

*А. Н. Покушев*, студент

ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

### СОЗДАНИЕ НА ОСНОВЕ ЗВУКОВОЙ ПЛАТЫ ИМИТАТОРА СИГНАЛОВ ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВНЕШНЕБАЛЛИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

*Статья посвящена разработке на основе стандартной звуковой платы ПК-имитатора сигналов оптических датчиков, применяемых в системах определения внешнебаллистических параметров, и созданию соответствующего программного обеспечения.*

**Ключевые слова:** имитатор сигналов, звуковая плата, оптический датчик, внешняя баллистика, автоматизированная система.

Современные автоматизированные системы для определения внешнебаллистических параметров (скорости, баллистического коэффициента, координат точек попадания) пуль часто создаются с использованием световых экранов, каждый из которых образован линейным излучателем и оптическим датчиком. При пересечении пуль светового экрана часть светового потока от излучателя к фотоприемнику затеняется и на выходе датчика формируется электрический сигнал [1–5].

При внедрении подобных систем на производстве требуются существенные временные затраты, связанные с отладкой их программного обеспечения. Кроме того, учитывая, что для проведения настройки и отладки системы необходимо выполнение десятков выстрелов из различных образцов стрелкового оружия, резко возрастает стоимость внедрения системы.

Системы измерения внешнебаллистических параметров на основе световых экранов имеют огромный потенциал для развития, при этом важно одновременно с модернизацией самой автоматизированной системы создавать и различное вспомогательное программное обеспечение, например, позволяющее моделировать работу оптических датчиков автоматизированной системы во время проведения измерений внешнебаллистических параметров. Создание подобного программного обеспечения позволит существенно уменьшить время и снизить финансовые затраты на проведение отладки программы управления технологическим процессом испытания и, в конечном счете, на внедрение системы определения внешнебаллистических параметров.

Из соображений удешевления стоимости подобной системы было принято решение о ее реализации на основе стандартной звуковой платы ПК, что исключает необходимость разработки и создания специального аппаратного обеспечения.

Звуковая плата является цифроаналоговым преобразователем в режиме воспроизведения звука и анало-

гово-цифровым преобразователем в режиме записи звука [6]. В настоящее время широко распространены как интегрированные в материнские платы аппаратные кодеки (согласно спецификации Intel AC'97 или Intel HD Audio), так и отдельные модули, использующие различные интерфейсы подключения к ПК.

Сформулируем основные требования к программе имитации сигналов. Программа должна иметь возможность настройки расположения световых экранов под конкретную конфигурацию внедряемой автоматизированной системы. Типовая схема такой системы представлена на рис. 1.

На рис. 1 И – излучатели; Д – оптические датчики; ЦО – цифровой виртуальный осциллограф (например, АКТАКОМ – [www.aktakom.ru](http://www.aktakom.ru)). В зоне видимости каждого оптического датчика находится один или несколько излучателей (как правило, не более трех). Цифровой виртуальный осциллограф может иметь два или четыре измерительных канала, при необходимости сигналы с нескольких датчиков могут быть объединены в один измерительный канал [7, 8].

Параметры имитируемых программой сигналов при испытании различных образцов стрелкового оружия должны быть близки к реальным. Необходимо учитывать, что различные звуковые платы могут иметь разный уровень выходного сигнала, и при использовании на различных ПК необходимо иметь возможность калибровать этот уровень для достижения максимальной точности воспроизведения.

Проведенные исследования [9] подтвердили принципиальную возможность применения стандартной звуковой платы для имитации сигналов оптического датчика. На основе этих исследований был разработан полноценный имитатор сигналов оптических датчиков автоматизированной системы определения внешнебаллистических параметров (рис. 2). Один или два выхода звуковой платы подключаются к измерительным каналам цифрового виртуального осциллографа.

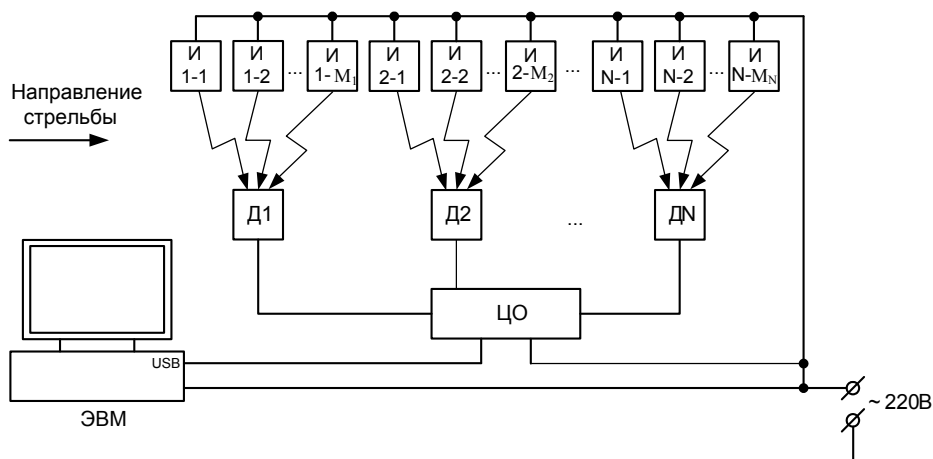


Рис. 1. Типовая схема автоматизированной системы определения внешнебаллистических параметров

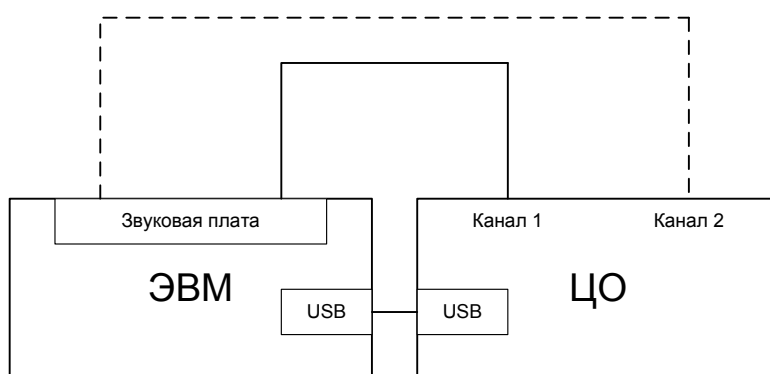
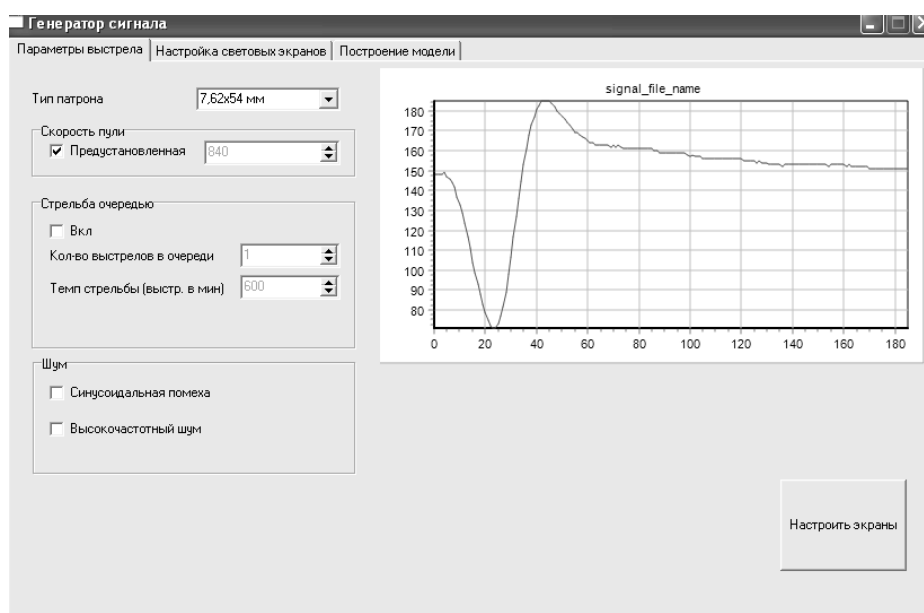


Рис. 2. Схема системы с имитатором сигналов

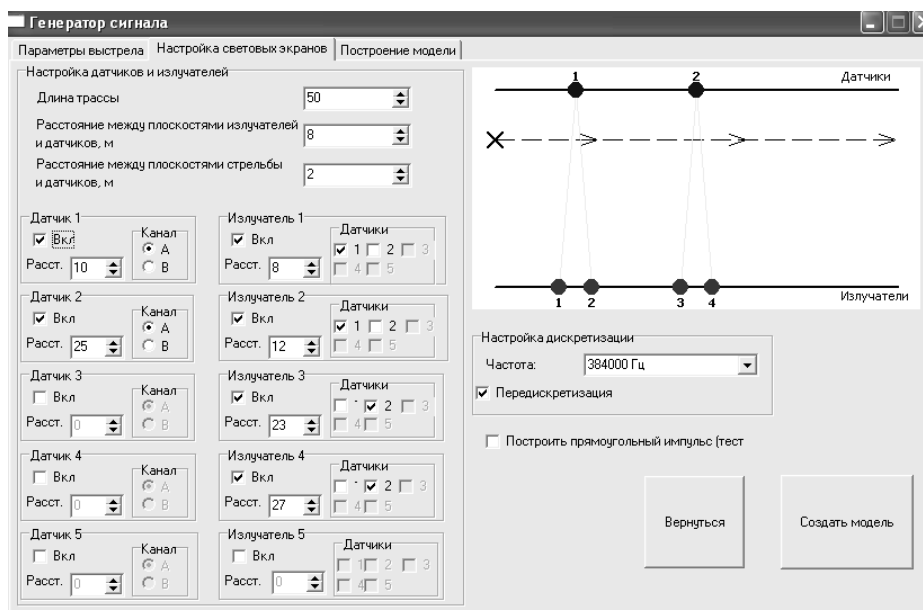
Интерфейс разработанной программы представлен на рис. 3. Страница «Параметры выстрела» предназначена для установки настроек имитируемого выстрела (рис. 3, а). При выборе типа патрона создается модель сигнала, которая представляет собой эталонный импульс (реальный импульс с датчика, получен-

ный при выполнении выстрела из заданного типа стрелкового оружия, сглаженный медианным фильтром [10]), на который опционально может накладываться аддитивная смесь высокочастотного шума и синусоидальной помехи.

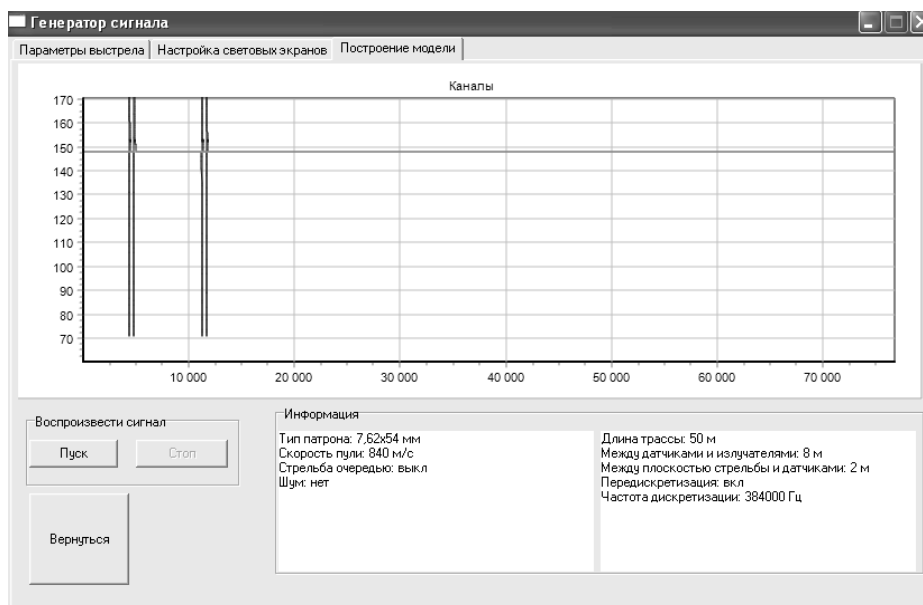


а

Рис. 3. Интерфейс разработанной программы имитации. Окончание на с. 54



б



в

Рис. 3. Окончание. Начало на с. 53

В принципе, модель сигнала может быть получена другими способами, например с помощью моделей оптического датчика, созданных в среде Micro-Cap [11] или Qucs [12]. По умолчанию каждому типу патрона соответствует скорость пули, определенная по справочной литературе [13, 14]. Возможна имитация стрельбы очередями (необходимо указать число выстрелов в очереди и темп стрельбы). На странице «Настройка световых экранов» (рис. 3, б) можно определить взаимное расположение оптических датчиков и излучателей системы в пространстве, установить положение оружия, определить «зоны видимости» датчиков. Различные варианты реализации системы подразумевают, что в поле зрения датчика может находиться один или несколько излучателей, более того, один излучатель может находиться в поле зрения не-

скольких датчиков. При этом импульсы (рис. 3, в) генерируются в те моменты времени, в которые пуля из заданного образца оружия пересекала бы световые экраны, установленные на заданных дистанциях.

Кроме того, в программе существует возможность выбора частоты воспроизведения сигнала. Как правило, в системах на основе световых экранов применяется достаточно высокая частота дискретизации – от 500 кГц до 1 МГц [15], в то время как максимальная частота дискретизации стандартных современных звуковых плат составляет лишь 384 кГц в моноканальном режиме, поэтому в таких случаях необходимо выполнять передискретизацию, которая в программе реализована на основе линейной интерполяции.

Необходимо отметить, что выполнение передискретизации обуславливает отбрасывание значащих точек из модели сигнала, что, в свою очередь, ведет к снижению корреляции эталонного и сформированного импульсов (эксперименты показали, что коэффициент корреляции импульсов находится в диапазоне от 0,7 до 0,9 в зависимости от типа патрона). При этом подобные искажения не являются для системы имитации существенными. Действительно принципиальны лишь величины разностей между моментами прихода импульсов. Проведенные эксперименты показали, что в моноканальном режиме при частотах дискретизации звуковой платы и осциллографа 384 кГц и 1 МГц соответственно разность между моментами прихода импульсов может отклоняться от расчетной на величину до 8 мкс, что допустимо.

Разработанный имитатор сигналов позволит существенно уменьшить временные и финансовые потери от процесса внедрения систем определения внешнебаллистических параметров на различных предприятиях, связанных с разработкой и испытанием стрелкового оружия.

#### Библиографические ссылки

1. Пат. 2213320 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> F 41 J 5/02. Световая мишень / Н. Ю. Афанасьева, Ю. В. Веркиенко, В. С. Казаков, В. В. Коробейников; заявитель и патентообладатель Институт прикладной механики УрО РАН № 2002116940/02 ; заявл. 24.06.02 ; опубл. 27.09.03.
2. Пат. 2279035 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> F 42 В 35/00 G 01 P 3/68. Устройство для определения внешнебаллистических параметров метательного элемента с помощью световых экранов / Н. Ю. Афанасьева, В. А. Афанасьев, Ю. В. Веркиенко, В. С. Казаков, В. В. Коробейников; заявитель и патентообладатель Институт прикладной механики УрО РАН № 2005100994/02 ; заявл. 18.01.05 ; опубл. 27.06.06.
3. Пат. 2378605 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> F 41 J 5/02. Световая мишень / Н. Ю. Афанасьева, В. А. Афанасьев, Ю. В. Веркиенко; заявитель и патентообладатель Институт прикладной механики УрО РАН № 2008129854/02 ; заявл. 18.07.2008 ; опубл. 10.01.2010.
4. Афанасьева Н. Ю. Информационно-измерительная система на основе световых экранов для испытаний стрелкового оружия : дис. ... канд. техн. наук. – Ижевск, 2003.
5. Вдовин А. Ю. Разработка системы на основе световых экранов для определения внешнебаллистических параметров : дис. ... канд. техн. наук. – Ижевск, 2010.
6. Гордеев О. В. Программирование звука в Windows. – СПб. : БХВ – Санкт Петербург, 2000. – 384 с.
7. Вдовин А. Ю. Уплотнение каналов связи в автоматизированных системах измерения параметров движения объектов // Вестник КИГИТ: Серия № 3; Инновации и прикладная наука. – 2010. – № 1. – С. 96–98.
8. Вдовин А. Ю., Казаков В. С. Сокращение числа измерительных каналов в системах определения внешнебаллистических параметров // Информационные технологии в науке, промышленности и образовании : сб. тр. науч.-техн. конф. факультета «Информатика и вычислительная техника» ИжГТУ (24 апреля 2010 г.) / науч. ред. В. А. Куликов. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2010. – С. 13–16.
9. Вдовин А. Ю., Марков Е. М., Коробейников Н. С., Альмакеева Ф. И., Ситдинов Р. М. Исследование возможности создания на основе звуковой карты имитатора сигналов оптического датчика // Информационные технологии в науке, промышленности и образовании : сб. трудов регион. науч.-техн. очно-заоч. конф. (г. Ижевск, 24 мая 2014 г.) / науч. ред. В. А. Куликов. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2014. – С. 220–225.
10. Романова Е. М., Вдовин А. Ю. Создание моделей сигналов оптического датчика автоматизированной системы на основе световых экранов // Информационные технологии в науке, промышленности и образовании : сб. трудов регион. науч.-техн. очно-заоч. конф. (г. Ижевск, 23 мая 2015 г.) / науч. ред. В. А. Куликов. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2015. – С. 277–281.
11. Вдовин А. Ю., Казаков В. С., Коробейников В. В., Киселев В. А. Моделирование в среде Micro-Cap оптического датчика информационно-измерительной системы на основе световых экранов // Вестник Ижевского государственного технического университета. – 2012. – № 3. – С. 108–110.
12. Вдовин А. Ю., Данилов С. А. Моделирование оптического датчика светового экрана в среде Qucs // Информационные технологии в науке, промышленности и образовании: сб. трудов регион. науч.-техн. очно-заоч. конф. (18 мая 2013 г.) / науч. ред. В. А. Куликов. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2013. – С. 130–133.
13. Коломийцев Л. В., Собакарь И. С., Никитюк В. Т., Сомов В. В. Патроны к стрелковому оружию. – Харьков, 2003. – 336 с.
14. Пистолетные и снайперские патроны. Гранатометные выстрелы : учеб. пособие / В. К. Зеленко, А. В. Брызжев, В. В. Злобин, В. М. Королев. – Тула : Инфра, 2008. – 120 с.
5. Вдовин А. Ю. Разработка системы на основе световых экранов для определения внешнебаллистических параметров : дис. ... канд. техн. наук. – Ижевск, 2010.

\*\*\*

A. Yu. Vdovin, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU  
 E. M. Markov, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU  
 A. V. Maksimova, Student, Kalashnikov ISTU  
 A. N. Pokushev, Student, Kalashnikov ISTU

#### Creation of Automated System for Determining the External Ballistics Parameters Based on the Sound Card of Signal Imitator for Optical Sensors

The article is devoted to development of a PC signal simulator on the basis of a standard sound card for optical sensors used in systems for determining the external ballistics parameters and to creation of the appropriate software.

**Keywords:** signal simulator, sound card, optical sensor, external ballistics, automated system.

Получено: 08.07.16