

Предварительная оценка стоимости предлагаемого электронного стрелкового тренажера на общедоступных компонентах составляет не более 500 тыс. руб., что в 20 раз ниже стоимости армейского тренажера.

Список литературы

1. Тренажер оптико-электронный для стрелкового оружия / Ю. В. Веркиенко, В. С. Казаков, В. В. Коробейников и др. // Вестн. Акад. воен. наук. – 2008. – № 4. – С. 84–89. URL: [http://centrawn.ru/download/25\(4\)-2008/25\(4\)-2008-22.pdf](http://centrawn.ru/download/25(4)-2008/25(4)-2008-22.pdf) (дата обращения: 11.04.11).
2. Оптико-электронные стрелковые тренажеры. Теория и практика / В. С. Казаков, Ю. В. Веркиенко, В. В. Коробейников и др. – Ижевск : ИПМ УрО РАН, 2007. – 260 с.
3. Перспективы развития электронных стрелковых тренажеров / В. С. Казаков, В. В. Коробейников, С. Ф. Егоров и др. // Интеллектуал. системы в пр-ве. – 2010. – № 2. – С. 138–142.
4. К. Н. Информационные потоки в электронном стрелковом тренажере // Интеллектуал. системы в пр-ве. – 2010. – № 2. – С. 132–134.
5. RadioCam. Мини-камера, микро-камера, беспроводная камера, скрытая камера. URL: <http://radiocam.ru/> (дата обращения: 11.04.11).

S. F. Egorov, Candidate of Technical Sciences, Research Assistant, Institute of Applied Mechanics, Ural Branch of RAS, Izhevsk

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

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

Shooting Simulator Based on Popular Components

A structure of a shooting training apparatus for secondary schools and Voluntary Society for Assistance to Army, Aviation, and Fleet (DOSAAF), combining sufficient functionality and minimum cost is offered.

Keywords: shooting simulator, video camera, tuner

Получено: 31.03.11

УДК 623.593

С. Ф. Егоров, кандидат технических наук, научный сотрудник;
Институт прикладной механики Уральского отделения РАН, Ижевск
В. С. Казаков, кандидат технических наук, профессор
Ижевский государственный технический университет

ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ ДОЗВУКОВОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ МИШЕНИ ДЛЯ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

В работе рассмотрены вопросы выбора конструкции дозвуковой акустической мишени для физической модели информационно-измерительной системы. Представлены результаты исследования акустических свойств различных материалов и конструкций мишен. Показано, что для достижения требуемых характеристик необходимо использовать материалы с определенными акустическими свойствами и конструктивные решения.

Ключевые слова: акустика, мишень, координата, датчик

В информационно-измерительных системах (ИИС), предназначенных для определения внешнебаллистических параметров стрелкового оружия, используются в основном световые или акустические мишени. Акустические мишени в зависимости от скорости пули подразделяются на сверхзвуковые и дозвуковые. Для пуль со скоростью движения по траектории свыше 500 м/с применяются сверхзвуковые акустические мишени [1], а для пуль со скоростью движения ниже 500 м/с – дозвуковые. Дозвуковая мишень отличается от сверхзвуковой наличием формирователя возмущения [2], при пробивании которого пулей формируется звукобаллистическая волна, распространяющаяся со звуковой скоростью от точки попадания (ТП) до акустических датчиков (далее – датчиков), расположенных в пространстве мишени определенным образом (рис. 1).

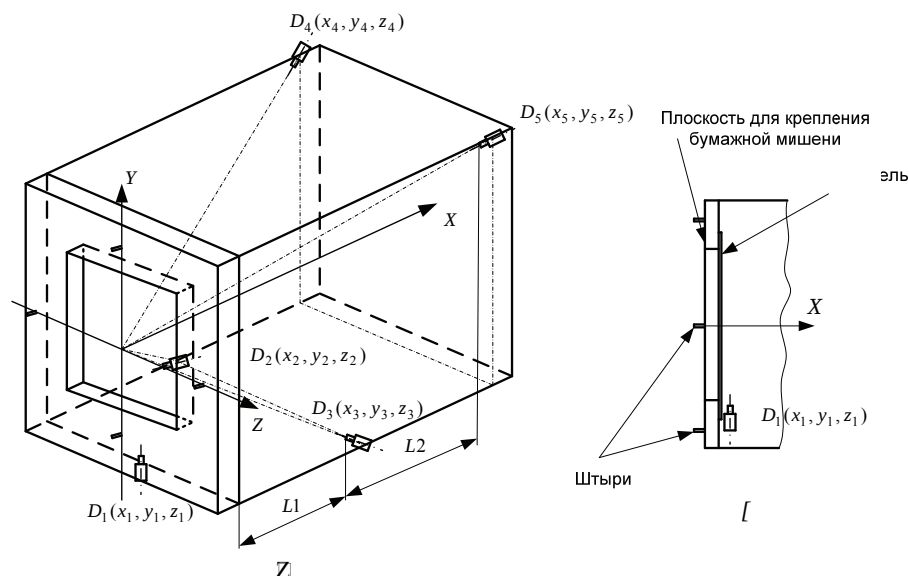


Рис. 1. Дозвуковая акустическая мишень: Z – общий вид мишени; [– вид сбоку

Экспериментальную проверку численных исследований дозвуковой акустической мишени не обязательно проводить в боевых тирах контрольно-испытательных станций оружейных заводов. Для этого достаточно макета информационно-измерительной системы (ИИС) на основе дозвуковой акустической мишени с контрольной дальностью порядка 5–6 м. В статье рассматривается конструкция мишени и обоснование размещения в ней датчиков для использования ее в ИИС, предназначенной для проведения научных исследований и использования в учебном процессе.

В мишени для определения координат ТП применяется косвенный метод измерения, т. е. измеряются значения таких величин, от которых функционально зависят координаты ТП. В дозвуковой акустической мишени в качестве значений косвенных измерений используются времена прохождения звукобаллистической волны от ТП в формирователе до датчиков. Измерение этих времен предполагается осуществлять с помощью виртуального прибора (запоминающего цифрового осциллографа) [3], который будет входить в состав ИИС (рис. 2).

После производства выстрела и запуска прибора выполняется оцифровывание и запись сигналов с датчиков в память прибора, затем с помощью программы ПЭВМ информация из памяти прибора считывается и обрабатывается. В результате обработки сигналов определяются времена от момента появления сигнала на выходе запускающего датчика до момента появления сигнала на выходе каждого координатного датчика. Далее эти времена используются в системе уравнений, в результате решения которой определяются координаты ТП [2].

Для обеспечения использования виртуальных осциллографов без режима предзаписи будем использовать запускающий датчик D_1 , который расположим за формирователем по центру мишени и ниже кромки приемного окна, остальные датчики – на краях каркаса мишени (рис. 1). Датчики D_2 и D_3 расположим в нижней части мишени и на расстоянии $L1$ по координате x от запускающего датчика D_1 , а датчики D_4 и D_5 – в верхней части мишени на расстоянии $L2$ по координате x от датчиков D_2 и D_3 . Такое расположение датчиков в мишени (разнесение датчиков в пространстве) дает возможность объединения измерительных каналов в один [4] и использовать двухканальный осциллограф вместо четырехканального, что снижает стоимость ИИС. Сигналы с датчиков D_2 и D_4 будут записываться в первый канал осциллографа, а сигналы с D_3 и D_5 – во второй канал. Значения $L1$ и $L2$ определяются из условий:

– запускающий датчик при любой ТП в области регистрации должен срабатывать первым и на $50 \cdot 10^{-6}$ секунд раньше, чем D_2 или D_3 ;

– датчик D_4 или D_5 должен срабатывать позже, чем D_2 или D_3 на $0,5 \cdot 10^{-3}$ секунд при любой ТП в области регистрации.

Первое требование определяется назначением датчика $D1$. Второе требование касается датчиков, подключенных к одному каналу, и продиктовано тем, что акустический датчик имеет большое последствие, а идентификация сигнала одного датчика на фоне помех от другого датчика почти невыполнима. Поэтому для обеспечения надежного определения времени срабатывания датчиков, подключенных к одному измерительному каналу, необходимо обеспечить указанную задержку. Предполагается, что за указанное время сработавший первым датчик «успокоится» и не будет генерировать сигналы.

Значение $L1$ определяется из условия нахождения ТП в левом верхнем углу области регистрации и выполнения неравенства

$$t_2 - t_1 \geq \Delta t1, \quad (1)$$

где t_2, t_1 – время срабатывания датчика D_2 и D_1 ; $\Delta t1 = 50 \cdot 10^{-6}$ секунд.

Значение $L2$ определяется из условия нахождения ТП в правом верхнем углу области регистрации и выполнения неравенства

$$t_4 - t_2 \geq \Delta t2, \quad (2)$$

где t_4, t_2 – время срабатывания датчика D_4 и D_2 ; $\Delta t2 = 0,5 \cdot 10^{-3}$ секунд.

Математическая модель дозвуковой мишени получается из рассмотрения рис. 2 и представляет собой следующую систему:

$$\sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2 + (z_i - z_0)^2} = a(t_i - t_0), \quad (3)$$

где t_i – время движения звуковой волны до i -го датчика; t_0 – время начала отсчета; (x_i, y_i, z_i) – координаты i -го датчика; (x_0, y_0, z_0) – координаты точки попадания; a – скорость звука в воздухе.

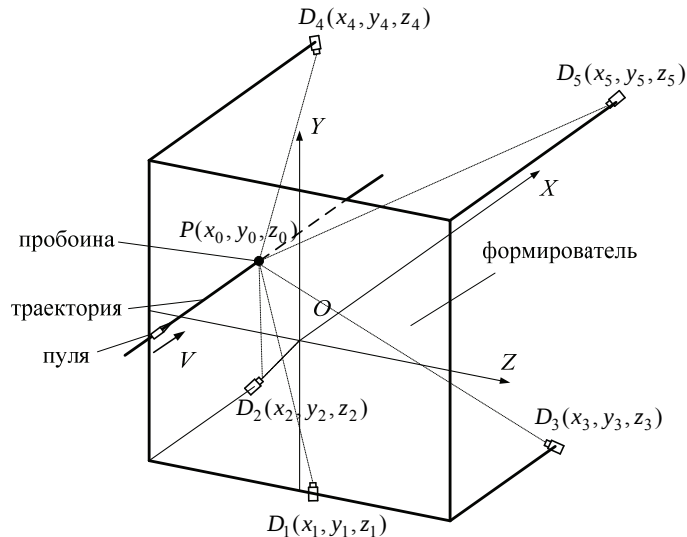


Рис. 2. Схема дозвуковой акустической мишени: $D_i(x_i, y_i, z_i)$ – акустический датчик; i – номер датчика; $i = 1, \dots, n$; $n = 5$ – количество датчиков; $P(x_0, y_0, z_0)$ – пробоина (точка попадания) с координатами x_0, y_0, z_0 ; V – скорость пули

Для определения $L1, L2$ воспользуемся некоторыми уравнениями из (3). Расположим датчики на ребрах каркаса с размерами в плоскости ZOY $0,4 \times 0,4$ м, т. е. координаты датчиков в направлении Y и Z известны, за исключением координат в направлении X . Область регистрации представляет собой квадрат с размерами $0,3 \times 0,3$ м, центр которого совпадает с центром координатной системы. Примем за начало отсчета времени момент пролета пули сквозь формирователь. Тогда значение $L1$ с учетом (1) определяется из решения уравнения

$$\frac{\sqrt{(x_1 + L1 - x_{1_0})^2 + (y_2 - y_{1_0})^2 + (z_2 - z_{1_0})^2} - \sqrt{(x_1 - x_{1_0})^2 + (y_1 - y_{1_0})^2 + (z_1 - z_{1_0})^2}}{a} = \Delta t_1, \quad (4)$$

где $(x_1 = 0,05; y_1 = -0,2; z_1 = 0)$ – координаты первого датчика; $(y_2 = -0,2; z_2 = -0,2)$ – координаты второго датчика; $(x_{1_0} = 0; y_{1_0} = 0,15; z_{1_0} = -0,15)$ – координаты верхнего левого угла области регистрации; $\Delta t_1 = 50 \cdot 10^{-6}$ с; $a = 340$ м/с.

В результате решения уравнения (4) получим $L1 = 0,14$ м.

Значение $L2$ с учетом (2) определяется из решения уравнения

$$\frac{\sqrt{(x_2 + L2 - x_{2_0})^2 + (y_4 - y_{2_0})^2 + (z_4 - z_{2_0})^2} - \sqrt{(x_2 - x_{2_0})^2 + (y_2 - y_{2_0})^2 + (z_2 - z_{2_0})^2}}{a} = \Delta t_2, \quad (5)$$

где $(x_2 = 0,05; y_2 = -0,2; z_2 = -0,2)$ – координаты первого датчика; $(y_4 = 0,2; z_4 = -0,2)$ – координаты второго датчика; $(x_{2_0} = 0; y_{2_0} = 0,15; z_{2_0} = 0,15)$ – координаты верхнего правого угла области регистрации; $\Delta t_2 = 0,5 \cdot 10^{-3}$ с; $a = 340$ м/с.

В результате решения уравнения (5) получим $L2 = 0,26$ м.

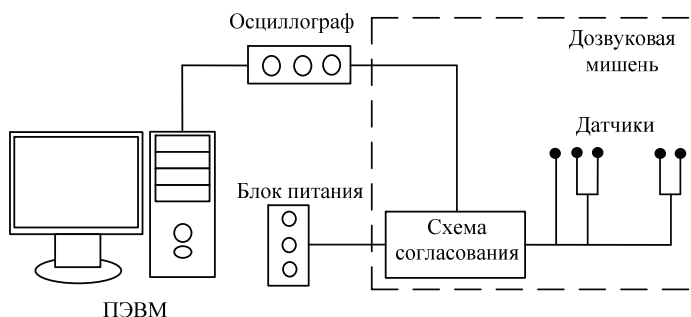


Рис. 3. Структурная схема ИИС

Конструкция крепления датчика должна обеспечивать регулировку ориентации датчика на центр мишени, т. е. ось датчика должна пересекать центр мишени в плоскости регистрации. Также необходимо обеспечить звукоизоляцию датчика от конструкции для предотвращения воздействия на него опережающей волны, которая действует на каркас мишени.

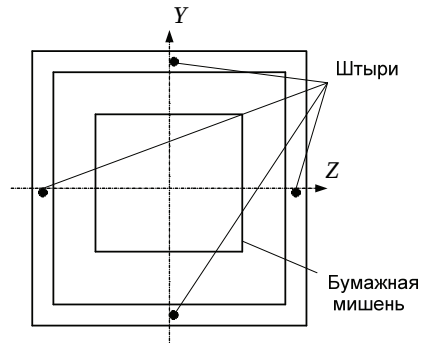


Рис. 4. Контрольная рамка с координатными штырями

Настройка мишени, а также все экспериментальные исследования математических моделей мишени и влияния различных их параметров на точность определения внешнебаллистических параметров связаны с измерениями координат ТП по бумажной мишени, которая крепится на контрольной рамке. Для переноса координат

натных осей измерительной системы на бумажные мишени аналогично [4], с целью уменьшения инструментальной погрешности измерений, предусматриваются штыри, которые расположены на лицевой стороне контрольной рамки вдоль координатных осей (рис. 4) и обеспечивают их постоянное положение. Отметка осей на бумажной мишени осуществляется с помощью линейки, прижатой к этим штырям, и ручки или карандаша. После серии выстрелов бумажная мишень снимается, по осевым отметкам проводятся координатные оси, относительно которых и выполняются измерения координат ТП.

Конструкция дозвуковой мишени обеспечивает размещение ее непосредственно перед световой мишенью, которая разработана и функционирует в составе лабораторной учебной ИИС на кафедре «Вычислительная техника» Ижевского государственного технического университета.

Результаты проведенных исследований показали, что разработанная конструкция мишени для измерения времен прохождения звуковой волны от ТП до датчиков позволяет использовать двухканальный осциллограф и разместить дозвуковую мишень перед действующей ИИС на основе световой мишени, что дает возможность одновременных измерений с помощью обеих систем внешнебаллистических параметров одного выстрела.

Список литературы

1. Пат. 2392577 Российская Федерация, МПК F41 J 5/06. Устройство определения внешнебаллистических параметров на основе акустических датчиков / Афанасьев Н. Ю., Афанасьев В. А., Веркиенко Ю. В., Коробейников В. В. ; заявитель и патентообладатель И-т прикладной механики УрО РАН. – № 2008129855/02; заявл. 18.07.08 ; опубл. 20.06.10. Бюл. № 17-ил.
2. Dzhigalov A. S. <. <. Модель дозвуковой акустической мишени // Вестн. ИжГТУ. – 2011. – № 1. – С. 100–102.
3. L-Card. Новости. URL: <http://www.lcard.ru/info/news> (дата обращения: 04.05.2011).
4. Dzhigalov A. S. <. X ., DZaZdh\ <. К. Сокращение числа измерительных каналов в системах определения внешнебаллистических параметров // Информационные технологии в науке, промышленности и образовании : сб. тр. науч.-техн. конф. фак. «Информатика и вычислительная техника» ИжГТУ (24 апр. 2010 г.) / науч. ред. В. А. Куликов. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2010. – С. 13–16.
5. Физическая модель световой мишени / В. А. Афанасьев, В. С. Казаков, С. В. Казаков и др. // Информационные технологии в науке, промышленности и образовании : сб. тр. науч.-техн. конф. фак. «Информатика и вычислительная техника» ИжГТУ (24 апр. 2010 г.) / науч. ред. В. А. Куликов. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2010. – С. 7–11.

V. V. Korobeynikov, Candidate of Technical Sciences, Research Assistant, Institute of Applied Mechanics, UB RAS, Izhevsk

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

Design Selection of Subsonic Acoustic Target for Physical Model of Information and Measuring System

The target design and rationale of sensors location in it for use in information and measuring system intended for research and education use are considered.

Keywords: acoustics, target, coordinates, sensor

Получено: 25.04.11