

9. Куликов А. В. Разработка малогабаритных термопреобразователей сопротивления для систем температурной диагностики в судебной медицине : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Ижевск, 2006. – 24 с.

10. Сяктерева В. В., Зылёв А. А., Куликов В. А. Электротепловое моделирование системы «датчик – среда» при измерении теплопроводности грунта // Вестник ИжГТУ. – 2009. – № 2. – С. 115–119.

11. Корепанов Е. В., Сяктерев В. Н. Расчетно-экспериментальный метод исследования теплоотдачи поршней мотоциклетных двигателей внутреннего сгорания // Гидродинамика течений с тепломассообменом : Межвуз. сб. научн. тр. / Ижевский механический институт. – Ижевск, 1989. – С. 135–139.

V. A. Kulikov, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

V. N. Syakterev, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

V. V. Syaktereva, PhD in Engineering, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Research of Influence of Systematic Errors on Measurement Accuracy of Moving Engine Components Temperature with Application of Telemetric Measurement Systems

Simulation results of the temperature field of the piston internal combustion engine when measuring the temperature of a semiconductor thermistors are presented in this article.

Key words: internal combustion engine, temperature measurement, methods of thermistor installation, measurement accuracy.

Получено 21.10.2014

УДК 681.518.3: 623.593.3

Е. М. Марков, кандидат технических наук, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

А. Ю. Вдовин, кандидат технических наук, доцент, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОЙ ТЕЛЕВИЗИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДРОБОВОГО ВЫСТРЕЛА НА ОСНОВЕ КАМЕРЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

Представлены исследование и разработка аппаратной части мобильной телевизионной измерительной системы для проведения испытаний дробового оружия. Для построения системы предложены стандартные решения, используемые в области видеонаблюдения.

Ключевые слова: телевизионная измерительная система, дробовой выстрел, дробовое оружие.

Испытания дробового оружия можно проводить в закрытом тире, на открытом воздухе, но в любом случае остается проблема обработки результатов стрельбы. Обработать лист вручную с несколькими сотнями отметин в мишени от дробового выстрела даже с использованием упрощенных методик, сильно снижающих точность, трудоемко [1]. Разработка мобильной и доступной измерительной системы для оценки результатов дробового выстрела является актуальной задачей.

Одним из самых доступных способов построения системы для измерения параметров дробового выстрела является телевизионный [2, 3]. Состав такой системы можно представить из следующих частей: система формирования изображения, блок предварительной обработки изображения и интерфейс согласования с телевизионным датчиком, блок выделения и измерения параметров объектов на изображении, блок вычисления первичных и вторичных параметров дробового выстрела, блок хранения и вывода результатов измерения.

Самым доступным способом построения телевизионной измерительной системы (ТИС) является программный способ реализации большинства блоков и компонентов системы. Данный способ построения при использовании стандартных аппаратных компонентов позволяет существенно упростить структуру системы, ускорить разработку и уменьшить конечную стоимость. Упрощенная структура системы представлена на рис. 1.



Рис. 1. Упрощенная структура системы

Для формирования требований к отдельным компонентам рассмотрим подробнее результат дробового выстрела по мишени. Стрельбу для проверки боя дробового оружия проводят дробью № 3, 5 или 7 на дистанции 35 м [1, 2]. Количество дробинок в снаряде определяется его весом (для 12-го калибра вес снаряда дробы составляет 32–36 г) и номером дроби (табл. 1).

Таблица 1. Параметры шарообразной свинцовой дроби

№ дроби	Диаметр, мм	Масса, г	Приближенное количество дроби в снаряде	
			весом 32 г	весом 36 г
3	3,5	0,25	128	144
5	3	0,15	213	240
7	2,5	0,09	356	400

Из табл. 1 видно, что диаметр дробовых пробоин будет всего несколько миллиметров, это следует учитывать при выборе разрешающей способности камеры. Так как количество дроби в снаряде может достигать несколько сотен, можно допустить потерю части дроби из-за ограниченного размера мишени и ошибок обработки изображений.

Стандартное соотношение сторон матрицы камеры четыре к трем, и для использования всей матрицы необходимо использовать прямоугольную мишень. В результате имитационного моделирования и проверки на практике были получены соотношения по проценту попадания дроби в круглую мишень P и описанных вокруг нее прямоугольника P_{Π} и квадрата P_K [2, 4, 5]. Если диаметр круглой мишени принять за D , то сторона квадрата равна D , а стороны прямоугольника – D и $4D/3$. Результаты моделирования (рис. 2) позволяют перейти от процента попадания в круглую мишень к прямоугольной мишени и оценить процент потерь B .

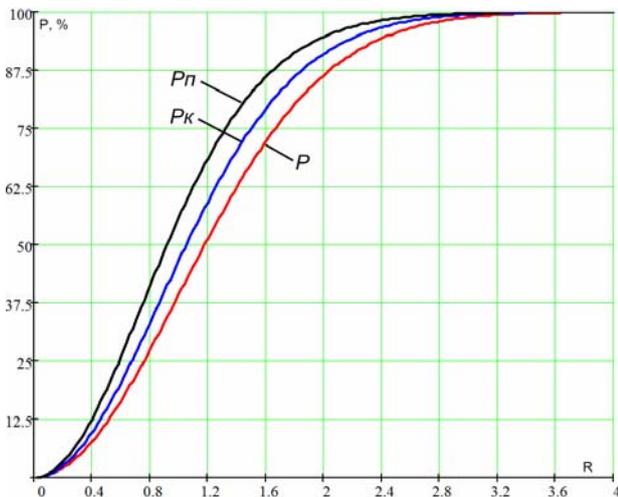


Рис. 2. Процент попадания дроби в мишень в зависимости от эквивалентного радиуса круга по форме сверху вниз: P_{Π} – прямоугольник со сторонами D и $4D/3$; P_K – квадрат со стороной D ; P – окружности диаметра D

Размер области регистрации можно оценить по известным условиям проведения испытаний и модели, полученной в работе [2, 4, 5]. На основе известных размеров области регистрации и размеров пробоины можно оценить минимальную разрешающую способность камеры по следующей формуле:

$$R_M = \frac{4}{3} \left(\frac{d_{\min} D}{d} \right)^2 \cdot 10^{-6},$$

где d_{\min} – минимальный размер диаметра дробовой отметки, пикселей; d – диаметр дроби (пробоины), мм;

D – диаметр разлета дроби, мм; R_M – разрешающая способность телекамеры в мегапикселях. Оценим разрешающую способность телекамеры для минимального размера дробовой отметки в $d_{\min} = 3$ пикселя (табл. 2) для надежного распознавания на изображении.

По данным табл. 2 видно, что при допустимых потерях 5–10 % дроби и выстреле дробью № 5 достаточно будет 5-мегапиксельной камеры, при этом надо иметь довольно большой размер прямоугольной мишени – 1500 на 2000 мм.

Таблица 2. Минимальная разрешающая способность телекамеры при диаметре дробовой отметки от 3 пикселей и стрельбе на дистанции 35 м из ружья без дульного сужения

Процент потерь B , %	Процент попаданий в окружность P , %	Минимальная разрешающая способность телекамеры в мегапикселях, D мм		
		№ 3 (3,5 мм)	№ 5 (3 мм)	№ 7 (2,5 мм)
0,3	99	5,0 (2271)	8,0 (2452)	13,9 (2686)
2	94	3,1 (1775)	4,9 (1917)	8,5 (2100)
5	87	2,2 (1511)	3,6 (1632)	6,1 (1788)
10	78	1,7 (1302)	2,6 (1406)	4,6 (1540)
20	64	1,1 (1069)	1,8 (1155)	3,1 (1265)
30	53	0,8 (919)	1,3 (993)	2,3 (1088)

На текущий момент в продаже представлено множество камер видеонаблюдения и сопутствующего им оборудования. Большинство камер имеет малую разрешающую способность в 1,3 мегапикселя, что недостаточно для разрабатываемой системы, поэтому выбор существенно сокращается до одной-двух камер от производителя. Причем камера должна подключаться напрямую к компьютеру, что обеспечивается интерфейсами *USB* или *LAN* (*IP*-камера). Подключение по *USB* имеет существенный недостаток в ограничении длины кабеля до компьютера, для его преодоления требуется использовать дополнительное оборудование. Подключение по *LAN* для камеры значительно удобнее, так как нет существенного ограничения по длине кабеля, кроме того, большинство сетевых камер поддерживает технологию *PoE* подачи питания по сетевому кабелю.

Отметим, какие пункты являются наиболее значимыми для выбора камеры: разрешающая способность 5 мегапикселей, подключение по *LAN* с поддержкой *PoE*, доступный инструментальный разработчика. Дополнительно желательными требованиями являются: поставляемый в комплекте объектив, отключаемый ИК-фильтр, простота приобретения и низкая цена. В ходе анализа доступных предложений была выбрана 5-мегапиксельная *IP*-камера *Grandstream GXV3651 FHD* как удовлетворяющая всем требованиям, в том числе дополнительным.

Рассмотрим состав и принцип работы разрабатываемой телевизионной измерительной системы с учетом возможности ее перемещения и удобства сборки. Так как выбран программный способ построения и нет строгих ограничений по времени обработки результата выстрела в мишень в качестве

компьютера, выберем ноутбук с доступным сетевым портом LAN. Камера с объективом подключена к ноутбуку через инжектор питания PoE одним проводом, что позволяет ее легко перемещать. Мишень представляет собой бумажный лист, размер которого выбирается в зависимости от дальности стрельбы и допустимых потерь дробин, не попавших в мишень. Дополнительно может быть использован проектор для подсветки мишени в случае использования системы в помещении. Для расчета дальности установки камеры от мишени можно воспользоваться формулой

$$L_{\text{уст}} = l_{\text{миш}} F / l_{\text{м}},$$

где $L_{\text{уст}}$ – дальность установки камеры от мишени, мм; $l_{\text{миш}}$ – длина мишени, мм; $l_{\text{м}}$ – длина матрицы, мм; F – фокусное расстояние объектива, мм. Для выбранной камеры $l_{\text{сен}} = 5,7$ мм и $F = 12$ мм для объектива в комплекте. Например, при длине мишени 1 м камеру следует устанавливать на расстоянии 2105 мм от мишени, ориентируясь ее таким образом, чтобы большая сторона изображения соответствовала большей стороне мишени.

Для использования системы производится установка мишени, после этого с необходимой дальности производится дробовой выстрел по мишени. Затем устанавливается на штативе подключенная камера на необходимом удалении от мишени и на ноутбуке запускается программа, которая автоматически получает и обрабатывает изображение и на основе введенных параметров испытания рассчитывает пара-

метры дробового выстрела – координаты отдельных попаданий. При проведении серии испытаний можно оценить качество дробового оружия.

Таким образом, из представленного анализа следует, что относительно недорогая и отвечающая современным требованиям мобильная мишенная система, применяемая для испытания дробового оружия, может быть построена на основе IP-камеры видеонаблюдения с разрешением 5 мегапикселей, LAN-интерфейса с поддержкой PoE и ноутбука. Разработка программного обеспечения может быть выполнена на основе существующих теоретических наработок в области внешней баллистики дробового оружия и распознавания образов [2].

Библиографические ссылки

1. *Зернов А. А., Крейцер Б. А.* Стрельба дробью охотничья и спортивная. – М., 1930. – 210 с.
2. *Марков Е. М.* Разработка средств контроля параметров дробового оружия с использованием телекамеры : дис. ... канд. техн. наук. – Ижевск, 2011. – 171 с.
3. *Марков Е. М., Вдовин А. Ю.* Исследование и выбор параметров видеосистемы для получения изображения дробового выстрела // Приборостроение в XXI веке : Тр. 4-й науч.-техн. конф. (Ижевск, 17–19 мая 2007 г.). – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2008. – С. 157–161.
4. *Марков Е. М., Вдовин А. Ю., Егоров С. Ф.* Разработка модели дробовой осыпи для оценки равномерности с учетом параметров стрельбы // Вестник ИжГТУ. – 2013. – № 2(58). – С. 103–105.
5. *Марков Е. М.* Моделирование и исследование характеристик дробового выстрела по мишени // Интеллектуальные системы в производстве. Научно-практический журнал. – 2010. – № 2. – С. 172–176.

E. M. Markov, PhD in Engineering, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

A. Yu. Vdovin, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Development of Mobile Television System for Measuring the Shotgun Shot Parameters by Surveillance Camera

The article describes the research and development of the hardware of the mobile television measuring system for testing the shotgun shot. In order to create such a system the standard solutions used in the field of video surveillance are proposed.

Keywords: television measurement system, shotgun shot, shotgun.

Получено 21.10.2014