

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИИ ПУЛЬ И ГИЛЬЗ

Евгений Владимирович Власов

Конструкторско-технологический институт научного приборостроения СО РАН, 630058, Россия, г. Новосибирск, ул. Русская, 41, научный сотрудник, e-mail: vlasov@tdisie.nsc.ru

Ирина Вячеславовна Калашникова

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, тел. (913)722-38-07, студент, e-mail: irakalashnikova16@gmail.com

Описывается бесконтактный теневой метод контроля геометрических параметров пуль и гильз стрелкового оружия, его достоинства и актуальность, представлены результаты измерений биения системой неразрушающего контроля. Показано, что теневой метод обладает достаточной точностью для отбраковки изделий в соответствии с допустимыми значениями биения носовой части, обеспечивает высокую производительность контроля, позволяет проводить достаточно быструю калибровку и переналадку системы.

Ключевые слова: система технического зрения, пуля, гильза, кучность, теневой метод.

OPTICAL-ELECTRONIC SYSTEM FOR INSPECTION OF GEOMETRIC PARAMETERS OF BULLETS AND SLEEVES

Evgeniy V. Vlasov

Technological Design Institute of Scientific Instrument Engineering SB RAS, 41, Russkaya St., Novosibirsk, 630058, Russia, Researcher, e-mail: vlasov@tdisie.nsc.ru

Irina V. Kalashnikova

Novosibirsk State Technical University, 20, Prospect K. Marx St., Novosibirsk, 630073, Russia, phone: (913)722-38-07, Student, e-mail: irakalashnikova16@gmail.com

A contactless shadow method for measurements of the geometrical parameters of bullets and cases of weapon, its advantages and relevance are described. The results of beating measurements by an optical testing system are presented. It is shown that the shadow method has adequate accuracy for rejection of products according to permissible values for the nasal part beat, provides high performance productivity and allows to carry out rather fast calibration and readjustment of a system.

Key words: vision system, bullet, sleeve, accuracy, shadow method.

Введение

Кучность стрельбы, траектория движения пули и другие параметры стрелкового оружия в большей степени зависят от геометрических характеристик составляющих патрона: пули, гильзы, пороха. Поэтому особенно важно на этапе производства осуществлять точное соблюдение всех допусков, как на геометрические параметры элементов патрона, так и на соответствие массы [1–4]. Ос-

новными контролируруемыми параметрами являются длина и диаметр объектов, а также биение носовой части пули или гильзы относительно центральной оси [5]. В данном эксперименте акцентируется внимание на получении значений биения носовой части пули и дульца относительно центральной оси.

Существует множество разнообразных методов контроля патронов, но наиболее перспективными и информативными на данном этапе развития являются оптические методы бесконтактного контроля. Они позволяют избежать повреждений структуры поверхности и изнашивания самой измерительной системы без потери точности измерений [6].

В настоящее время известны многочисленные оптические способы и устройства бесконтактных измерений параметров объектов. Например, на основе интерференционного метода, метода теневой проекции, триангуляционного, дифракционного методов, фотограмметрии и некоторых других [7–15]. В данной работе теневой метод контроля заявлен как наиболее подходящий для данной задачи, так как он обеспечивает измерение всех геометрических параметров без точного позиционирования изделий и позволяет осуществить быструю переналадку на контроль изделий разных калибров.

Метод контроля

Метод теневой проекции заключается в формировании изображения контролируемого объекта на поверхности фоточувствительного многоэлементного устройства, сканирование этого изображения и определение границ тени с последующим вычислением по этим координатам требуемых геометрических параметров изделия. Оптическая схема системы состоит из одной или двух пар взаимно ортогональных теневых каналов.

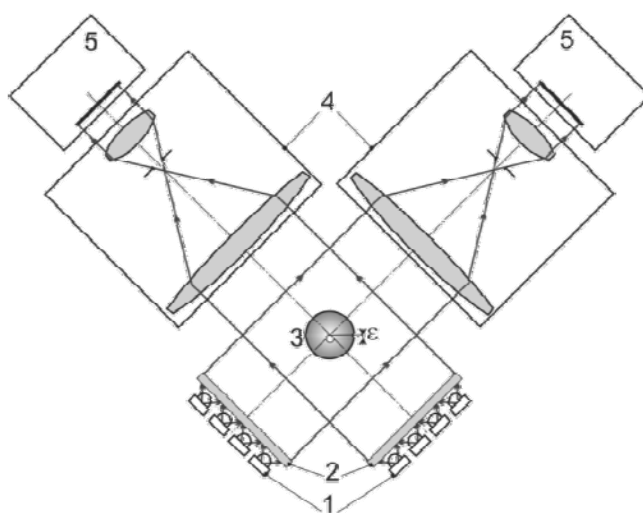


Рис. 1. Оптическая схема контроля геометрических параметров элементов патрона:

1 – светодиодная матрица; 2 – матовый рассеиватель; 3 – контролируемое изделие; 4 – телецентрический объектив; 5 – цифровая камера

В качестве источников света используются матрицы сверхярких светодиодов 1, работающих в импульсном режиме. Свет от светодиодов рассеивается на пластинах 2, что создает равномерный яркий фон позади контролируемого изделия 3. Для формирования теневой проекции изделия на матрицу цифровой камеры 5 используются специализированные телецентрические объективы 4 [16, 17], которые обладают высокой степенью ортоскопичности (дисторсия менее 0,1 %).

Равномерный пучок света, формируемый осветителем, освещает измеряемый объект. Проецирующая система формирует в плоскости фотоприемника теневое изображение объекта. Телецентрическая система и фотоприемная матрица выполняют электронное сканирование теневого изображения. В процессе этого сканирования осуществляется предобработка сигнала – компенсация темновых токов, коррекция неравномерной чувствительности элементов, сглаживание сигнала, световая коррекция. Отсчеты скорректированного сигнала записываются в буфере ОЗУ. Используя эти отчеты, определяется размер объекта в каждом сечении и проводится усреднение значений по всем сечениям объекта.

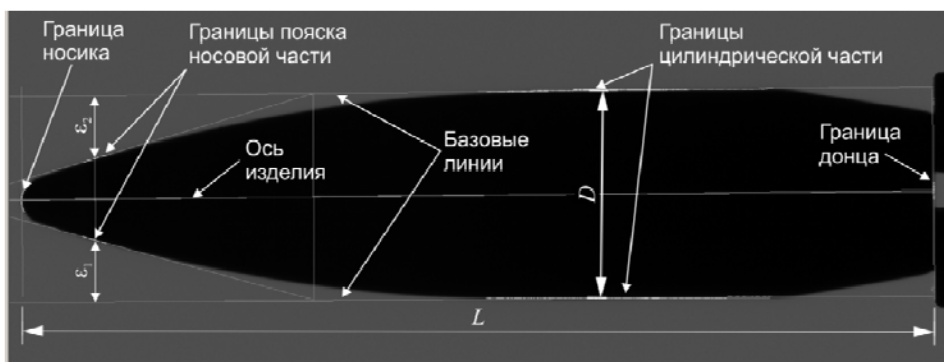


Рис. 2. Обработка изображения пули

Для вычисления требуемых геометрических параметров (длины L , диаметра D , биения носика) необходимо определить границы изделия в определенных местах: донце, носик, поясок носовой части и цилиндрическая часть. Профиль интенсивности края теневого изображения представляет собой сложную функцию. Для определения края используют разные критерии [18]. Однако на этом профиле можно выделить линейный участок, занимающий 3–6 пикселей, аппроксимировав который можно найти положение края с субпиксельной точностью [19]. Такой подход достаточно прост в реализации и не занимает много машинного времени, когда приходится обрабатывать изображение объемом 4–6 МПикс. Математическая обработка изделий вычисление биения носика описаны в статье [20].

Такая методика измерения биения выбрана для обеспечения максимального соответствия с существующим и применяющимся на производстве контактным методом контроля биения. Имеется возможность определять интегральную

несимметричность изделия относительно оси базовой цилиндрической части. Эта несимметрия в целом и определяет отклонение центра масс изделия от оси вращения и, в конечном счете, сказывается на кучности стрельбы.

Экспериментальные исследования и результаты

В качестве объектов измерений были выбраны пули и гильзы стрелкового оружия калибров от 5,45 до 14,5 мм, а также изготовлены эталонные изделия с биением носовой части не более 10 мкм.

Эксперимент проводился на разработанной в КТИ НП СО РАН системе контроля геометрических параметров пуль, оболочек пуль и гильз «Стрела-Н», имеющей 4 теневых канала [20]. На рис. 3, 4 приведены графики представляющие результаты 100 измерений для пуль и гильз соответственно.



Рис. 3. Измерение биения носовой части гильз



Рис. 4. Измерение биения носовой части пуль

Представленные эталонные образцы гильз 1–3 обладают довольно малым биением 0,01 мм (погрешность изготовления менее 3 мкм). Объекты 4 и 5 являются реальными изделиями и имеют большое биение – порядка 0,09–0,12 мм. Представленные эталонные образцы пуль 1–2 имеют довольно малые биения – 0,01 мм (погрешность изготовления менее 3 мкм). Объекты 3 и 4 являются реальными изделиями с биениями порядка 0,01–0,02 мм.

Измерения параметров изделий в системе «Стрела-Н» проводились с разворотом пуль и гильз: после каждого 10 снимка объект поворачивался вокруг своей оси на 5–10°. По результатам измерений системой для эталонных образцов гильз максимальное отклонение биения составило порядка 8 мкм, а для реальных изделий эти отклонения достигали порядка 15–20 мкм. Для эталонных образцов пуль максимальное отклонение составило порядка 5 мкм. Что касается реальных образцов пуль, то максимальные отклонения не превышали 10–15 мкм. Основываясь на полученных данных по результатам контроля эталонных образцов и реальных изделий, можно сделать вывод о сильном влиянии формы носовой части на погрешность измерения биения. Кроме того, шероховатость поверхности, вмятины и различные дефекты изделий могут приводить к существенному ухудшению их точности измерения.

Заключение

Рассмотрен теневой метод контроля геометрических параметров пуль и гильз стрелкового оружия. Представлены результаты измерений биения оптико-электронной системой бесконтактного контроля. В ходе проведенных исследований показано, что теневой метод обладает достаточной точностью для отбраковки изделий в соответствии с допустимыми значениями биения носовой части, обеспечивает высокую производительность контроля, позволяет проводить достаточно быструю калибровку и переналадку системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баранова Е. М., Баранов А. Н. Построение математической модели полета пули на основе ее массогабаритных параметров // Вестник машиностроения. – 2014. – № 9. – С. 13–16.
2. Кэрт Б. Э., Набоков Ю. А. Методика исследования влияния точности изготовления и сборки снарядов на кучность стрельбы // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2017. – Вып. 11, ч. 3. – С. 214–224.
3. Данилин Г. А., Ильина О. Н. Экспериментальное исследование влияния технологических отклонений размеров патрона на баллистические параметры выстрела // Всероссийская научно-техническая конференция «Фундаментальные основы баллистического проектирования». Санкт-Петербург, 28 июня – 2 июля 2010. Сборник трудов в двух томах. Т. I. – С. 130–142.
4. Бондаренко А. Н., Губин С. Г. Улучшения характеристик стрельбы из СВД // Наука Промышленность Оборона: труды XVI Всероссийской научно-технической конференции – Новосибирск: НГТУ, 2015. – С. 127–131.
5. Бабкин А. В., Велданов В. А., Грязнов Е. Ф., Имховик Н. А., Кобылкин И. Ф., Колпаков В. И., Ладов С. В., Орленко Л. П., Охитин В. Н., Ришняк А. Г., Селиванов В. В. «Боеприпасы». – М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. Учебник в двух томах. Т. I.

6. Завьялов П. С., Финогенов Л. В., Жимулева Е. С., Хакимов Д. Р., Савинов К. И. Оптико-электронный контроль керамических изделий // Датчики и системы. – 2016. – № 8–9. – С. 64–72.
7. Неразрушающий контроль и диагностика. Справочник / под ред. В.В. Клюева. – М. : Машиностроение, 2003.
8. Ладыгин В. И., Чугуй Ю. В., Юношев В. П. и др. Оптико-электронное устройство для бесконтактного контроля геометрических параметров ТВЭЛ // Автометрия. – 2004. – Т. 40. – № 2.
9. Gordon M. Brown, Kevin G. Harding, H. Philip Stahl. Industrial Application of Optical Inspection, Metrology and Sensing // Proc. SPIE. – 1992. – Vol. 1821.
10. Чугуй Ю. В., Юношев В. П., Кривенков Б. Е. и др. Фотодиодный оптико-электронный измеритель размеров «Сенсор» // Автометрия. – 1989. – С. 83–91.
11. Чугуй Ю. В. Лазерный дифракционный измеритель / Ю. В. Чугуй, Л. В. Финогенов, Р. М. Бычков и др. // Тез. докл. III Всероссийской шк. по оптич. обраб. информ. – Рига, 1980. – 4.2. – 46 с.
12. Митрофанов А. С., Тарлыков В. А. Исследование дифракционного способа контроля диаметра проводов и проволок // Приборостроение. – 1976. – № 1. – Т. XIX. – С. 104–108.
13. Белобородов А. В., Власов Е. В., Завьялов П. С., Финогенов Л. В. Высокопроизводительный оптико-электронный контроль внешнего вида топливных таблеток // Автометрия. – 2010. – № 4. – С. 121–129.
14. Завьялов П. С., Финогенов Л. В., Власов Е. В. Разработка специализированных объективов для оптико-электронного контроля 3D-объектов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «СибОптика-2015» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. Т. 2. – С. 69–75.
15. Автоматизированный комплекс оптико-электронной разбраковки таблеток керамического ядерного топлива / Д. Г. Сырецкий, Г. А. Сырецкий, П. С. Завьялов, Л. В. Финогенов, Е. В. Власов, А. В. Белобородов, Я. В. Килин // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «СибОптика-2016» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 1. – С. 124–129.
16. Жимулева Е. С. Разработка телецентрических объективов для систем размерного контроля / Е. С. Жимулева, П. С. Завьялов, М. С. Кравченко // Автометрия. – 2018. – Т. 54. – № 1. – С. 61–70.
17. Телецентрический в пространстве предметов объектив, патент на изобретение № 0002623819 : Завьялов П. С., Сенченко Е. С., патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Конструкторско-технологический институт научного приборостроения Сибирского отделения Российской академии наук, дата охр. документа 29.06.2017.
18. Ziou Djemel & Tabbone Salvatore. Edge Detection Techniques. – An Overview. – 2000.
19. Чугуй Ю. В. Фотодиодный оптико-электронный измеритель размеров «Сенсор» / Е. Н. Богомолов, Н. В. Василец, Б. Е. Кривенков, Л. М. Шульженко, В. П. Юношев, И. В. Ярославцев // Автометрия. – 1989. – № 5. – С. 83–91.
20. Завьялов П. С., Власов Е. В., Гущина А. А., Соколов Е. В., Сартаков В. Ю. Оптико-электронная система бесконтактного контроля геометрических параметров бронебойных сердечников и пуль // Датчики и системы. – 2018. – № 10. – С. 34–39.

© Е. В. Власов, И. В. Калашникова, 2019