

## **РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА НА ОСНОВЕ ДАТЧИКОВ С ПАССИВНЫМ ПОДМАГНИЧИВАНИЕМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ПОЛЕТА ПУЛИ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ**

**Введение:** При проведении баллистических испытаний защитных бронеструктур средств индивидуальной защиты, защиты бронетехники и других средств защиты на противоположную стойкость, баллистических экспертиз в криминалистике, разработке и испытаниях стрелкового оружия необходимо знать начальную скорость полета пули, которая является одним из основных технических параметров стрелкового оружия, влияющая на такие характеристики как траектория полета, дальность и т.п.

**Анализ способов измерения скорости полета пули:** Существует несколько основных методов определения скорости полета пули, которые основываются на использовании измерительного оборудования различного принципа действия [1]:

### 1. Специализированные:

- скоростная фото-видеосъемка;
- импульсная рентгенография;
- измерения на основе эффекта Доплера;

(данные измерительные методы не получили широкого распространения из-за высокой стоимости измерительного оборудования, а точность измерения не всегда соответствует необходимой).

### 2. Контактные:

– *дисковые* – система из двух равномерно вращающихся дисков разнесенных между собой на величину измерительной базы. Зная величину угловой скорости и расстояние между дисками, можно вычислить скорость полета пули. Такой метод обладает рядом недостатков: повышенные требования к равномерности вращения дисков, дополнительную погрешность за счет динамического воздействия на систему при ударе пули по диску и их деформации в процессе пробития, снижение скорости пули в процессе пробития первого диска, большое количество расходных материалов.

– *рамочные* (на разрыв или замыкание). Рамочные измерители скорости состоят, как правило, из двух плоских рам-мишеней, разнесенных между собой на величину измерительной базы, рам-мишени могут быть выполнены из тонкой проволоки или из металлической фольги соответственно.

Преимуществами рамочных систем измерения скоростей являются простота конструкции и низкая стоимость, высокие помехоустойчивость и метрологические характеристики при работе на больших измерительных базах. При этом в качестве недостатков можно отметить следующее: большое количество расходных материалов; значительное время подготовки к последующему измерению.

– *зарядовые* Зарядовые измерители скорости представляют собой двухканальную систему, состоящую из приемников заряда – это тонкие металлические пластины, зафиксированные на баллистической трассе перпендикулярно траектории движения пули и зарядовых усилителей – преобразующих изменение заряда на приемнике заряда в измерительный сигнал.

### 3. Бесконтактные:

- *оптические* Оптические измерители скорости работают на принципе

фотоэлектрической блокировки и выполняются, как правило, в виде системы, состоящей из двух измерительных оптических плоскостей, разнесенных на величину измерительной базы.

Оптические измерители скорости характеризуются высокой производительностью, постоянной готовностью к работе, не требуют расходных материалов и работают в широком диапазоне скоростей.

Существенным недостатком таких измерителей является возможная значительная погрешность измерений, особенно в случае проведения работ со ствольными системами с плохой обтюрацией пороховых газов в канале ствола или в случае образования интенсивной баллистической ударной волны, распространяющейся впереди летящего тела с отличной от него скоростью. В обоих случаях прерывание светового потока осуществляется не пулей, а фронтом турбулентности (ударной волны), перемещающимся в пространстве с переменной скоростью и имеющим косвенное отношение к скорости самой пули.

– *индуктивные*. Принцип работы индуктивных измерителей скоростей базируется на изменении индуктивностей измерительных катушек, являющихся датчиками пролета пули. Эти измерители скорости характеризуются более высокими эксплуатационными параметрами, чем оптические измерители, но имеют значительную погрешность измерения и весьма чувствительны к электромагнитным и механическим помехам (вибрации, удары и т.п.).

– *индукционные*. Индукционные измерители скорости реализуют тот же принцип измерения скорости – измерение интервала времени на фиксированной измерительной базе. От других измерителей неконтактного типа отличаются конструкцией и принципом работы датчиков скорости. Индукционные измерители разделяют на магнитные и электромагнитные. В магнитном измерителе датчик выполнен на базе постоянного магнита, а в электромагнитном – на базе электромагнита.

Основное преимущество индукционных измерителей скорости по сравнению с индуктивными и оптическими состоит в том, что выходные уровни сигналов датчиков достигают единиц и десятков вольт, что позволяет надежно работать при высоком уровне внешних помех. Кроме того, фронты турбулентности, сопровождающие процесс выстрела и полета пули, не оказывают отрицательного влияния на точность измерений.

Основной недостаток индукционных измерителей скорости – выходной сигнал датчика скорости прямо пропорционален скорости пули. Этим ограничено их применение для измерения малых скоростей.

**Постановка задачи** Разработка и изготовление измерительного прибора, позволяющего определять скорость полета пули, на основе индуктивных датчиков с пассивным подмагничиванием

**Основная часть** Применение индуктивных датчиков с пассивным подмагничиванием позволяет использовать все преимущества индукционного способа измерения скорости полета пули, а также значительно уменьшить зависимость выходных сигналов датчиков от скорости пули, что позволяет определять скорость при малых скоростях.

Кроме того применение индуктивных датчиков с пассивным подмагничиванием позволяет снизить энергопотребление, тем самым увеличить время работы прибора и уменьшить массогабаритные показатели.

В ГП «ХКБМ» был разработан измерительный прибор хронометр цифровой ХЦ-7 – настольный специализированный прибор модульного типа, предназначенный для измерения времени пролета пули стрелкового оружия калибром 7,62 мм (пулемёты ПК, ПКТ, КМ и др.) через измерительную базу модуля регистрации прибора, в котором

используются индуктивные датчики с пассивным подмагничиванием на основе неодимовых магнитов [2].

Конструктивно прибор ХЦ-7 (рис.1) состоит из:

- модуля вычисления и индикации (1);
- соединительного кабеля (2).
- модуля регистрации (3);

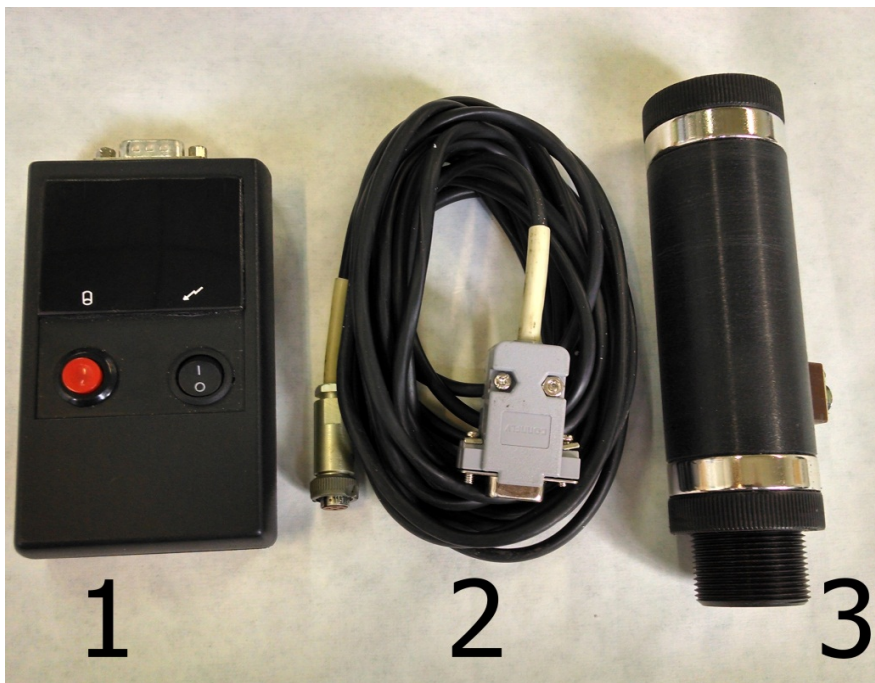


Рис. 1. Хронометр цифровой ХЦ-7

Модуль регистрации устанавливается на ствол стрелкового оружия вместо пламегасителя посредством резьбового соединения (рис 2).



Рис. 2. Установка модуля регистрации ХЦ-7 на ствол стрелкового оружия

Корпус модуля изготовлен из капролона. На корпусе смонтированы два пассивных индуктивных датчика, формирующие две активные зоны прибора. Измерительная база между двух активных зон –  $(100 \pm 0,01)$  мм. Диаметр активной зоны равен внутреннему диаметру модуля регистрации и составляет  $(16,5 \pm 0,1)$  мм.

Индуктивные датчики (рис. 3) представляют собой пассивные катушки, намотанные в один слой из эмалированного провода, над катушками установлены мощные неодимовые магниты, поджатые к корпусу гайками.

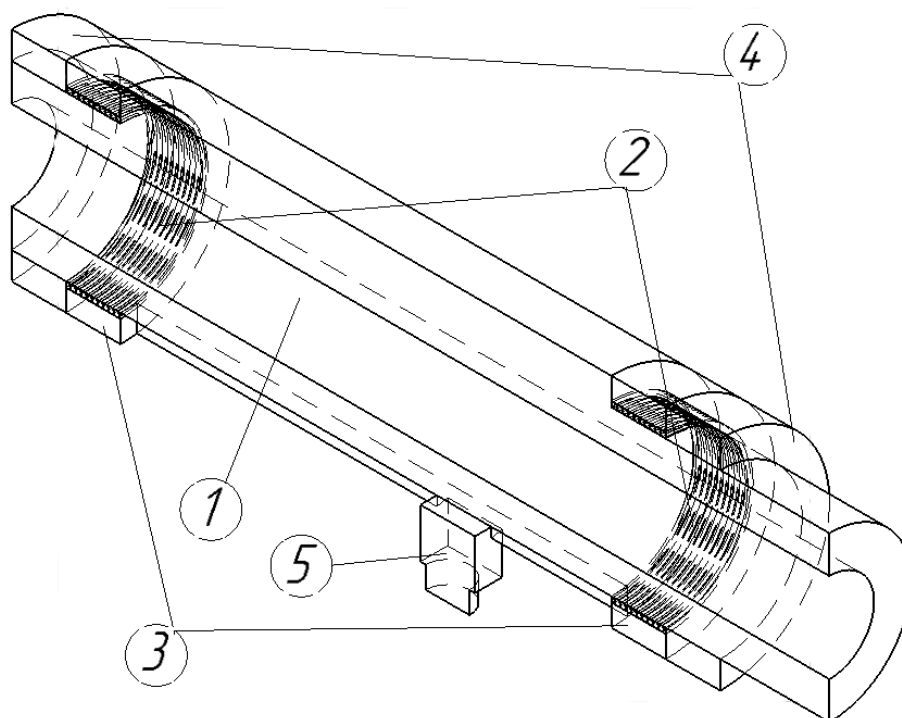


Рис. 3. Конструкция модуля регистрации и индуктивных датчиков с пассивным подмагничиванием (1 – корпус, 2 – катушки, 3 – неодимовые магниты, 4 – гайки, 5 – разъем)

Принцип работы прибора следующий. При пересечении пулей плоскостей пассивных индуктивных датчиков (активных зон модуля регистрации), происходит кратковременное изменение магнитного поля и формирование аналоговых импульсов, которые преобразуются блоком вычисления и индикации в цифровой сигнал, длительность которого соответствует времени между срабатываниями индуктивных датчиков. Отсчет осуществляется методом заполнения измеряемого промежутка времени прямоугольными импульсами, частота импульсов заполнения  $f=1$  МГц.

Прибор позволяет измерять время в диапазоне  $1 \dots 999$  мкс с точностью до 1 мкс. Максимальное измеряемое (отображаемое) время ограничено применением в данном приборе трехразрядной светодиодной матрицы для индикации результата измерений, замена на многоразрядную светодиодную матрицу позволяет отображать время в диапазоне от 1 мкс до 0,1 с.

Вычисление начальной скорости полёта пули (средней скорости на измерительной базе) выполняется по формуле:

$$V = \frac{L}{t} \text{ м/с,}$$

где  $L$  – длина измерительной базы 100 мм ( $100 \times 10^{-3}$  м);  $t$  – измеренное время, мкс ( $\times 10^{-6}$  с).

Прибор питается от одного элемента типа 6LF22, которого хватает на 5...6 часов непрерывной работы.

Данный цифровой хронометр прошел проверку в процессе проведения стрельбовых испытаний. По результатам испытаний прибор ХЦ-7 соответствует заявленным техническим характеристикам и параметрам.

Прибор прошел первичную метрологическую аттестацию в ГП «ХКБМ» в соответствии с методикой аттестации и успешно применяется для определения скорости полета пули при проведении стрельбовых испытаний.

**Выводы.** Применение индуктивных датчиков с пассивным подмагничиванием на основе мощных неодимовых магнитов в приборе ХЦ-7 позволило:

- значительно уменьшить зависимость выходных сигналов датчиков от скорости пули;
- обеспечить надежность и точность измерений, при высоком уровне внешних помех;
- снизить энергопотребление, тем самым увеличив время автономной работы прибора и уменьшить массогабаритные показатели.

**Литература.** 1. Сташенко Е.Н. Способ расчета скорости снарядов (пуль) на различных расстояниях от дульного среза оружия // Экспериментальная техника.–1981.–№69, – с.59-57. 2. Испытание хронометра цифрового ХЦ-7 при проведении стрельбы из пулемета КМ-7,62: Научно-технический отчет ГП «ХКБМ» им. А.А. Морозова. – Харьков, 2017. – 33с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Stashenko E.N. Sposob rascheta skorosti snaraydov (pul') na razlichnykh rasstoyaniyakh ot dul'nogo sreza oruzhiya //Eksperimental'naya tehnika. –1981.–№69,– s.59-57. 2. Ispytanie hronometra cyfrovogo ХЦ-7 pri provedenii strel'by iz pulemeta КМ-7,62:Nauchno-tehnicheskii otchet GP "HKBM"im. А.А. Morozova.–Har'kov, 2017.–33s.

Дудко В.В., Сергієнко О.О., Малєєв І.Ю., Каторгін О.М., Дєєв С.Г.

#### РОЗРОБКА ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПРИБОРА НА ОСНОВІ ДАТЧИКІВ З ПАСИВНИМ ПІДМАГНІЧУВАННЯМ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ПОЛЬОТУ КУЛІ СТРЕЛЬЦЬКОЇ ЗБРОЇ

Стаття містить аналіз способів вимірювання швидкості польоту кулі. Розглянуто виготовлений у ДП «ХКБМ» ім. О.О. Морозова хронометр цифровий ХЦ-7, який дозволяє визначати швидкість польоту кулі за допомогою індуктивних датчиків з пасивним підмагничуванням. Наведені результати використання хронометра цифрового ХЦ-7.

Дудко В.В., Сергиенко А.А., Малеев И.Ю., Каторгин А.Н., Деев С.Г.

#### РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА НА ОСНОВЕ ДАТЧИКОВ С ПАСИВНЫМ ПОДМАГНИЧИВАНИЕМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ПОЛЕТА ПУЛИ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

Статья содержит анализ способов измерения скорости полета пули. Рассмотрен изготовленный в ГП «ХКБМ» им. А.А. Морозова хронометр цифровой ХЦ-7, позволяющий определять скорость полета пули с помощью индуктивных датчиков с пассивным подмагничиванием. Приведены результаты использования хронометра цифрового ХЦ-7.

V. Dudko, O. Serhiienko, I. Malieiev, O. Katorgin, S. Dieiev

#### DEVELOPMENT OF A MEASURING INSTRUMENT UTILIZING SENSORS WITH PASSIVE BIAS TO DETERMINE SMALL ARMS BULLET VELOCITY

The article contains an analysis of measuring bullet velocity. It considers Kharkiv Morozov Machine Building Design Bureau made ХЦ-7 digital chronometer, allowing to determine bullet velocity with the help of inductive sensors with passive bias. The results of the use of ХЦ-7 digital chronometer are given.