

УДК 62-408.64:531.715.2

О.М. Крюков

Національна академія Національної гвардії України, Харків

## ПРИНЦИП ПОБУДОВИ ЗАСОБУ ВИМІРЮВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХОНЬ КАНАЛІВ СТВОЛІВ

*Проведено аналіз відомих методів і засобів вимірювання, які можуть бути застосовані для контролю геометричних характеристик каналів стволів вогнепальної зброї. Запропоновано в основу будови перспективного засобу вимірювання покласти триангуляційний метод із застосуванням лазерного випромінювання для зондування досліджуваної поверхні.*

**Ключові слова:** засіб вимірювання, геометрична характеристика, канал ствола, триангуляційний метод вимірювання, джерело лазерного випромінювання.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Важливою складовою ефективного застосування вогнепальної зброї є реалізація вимірювального контролю її параметрів в ході експлуатації. Зокрема, велике значення мають дані про геометричні характеристики поверхонь каналів стволів (КС). Ці дані дозволять вирішувати низку важливих завдань, наприклад:

- оцінювати технічний стан та виявляти типові дефекти зразків вогнепальної зброї, що знаходиться у експлуатації, а також під час проведення держаних та приймальних випробувань;

- досліджувати вплив умов експлуатації та режимів стрільби на темпи зносу КС, здійснювати прогнозування технічного стану вогнепальної зброї.

Достовірні дані про геометричні характеристики поверхонь КС можуть бути отримані за результатами вимірювань відповідних параметрів. Разом з цим відомі методи вимірювання геометричних розмірів не в повній мірі відповідають зростаючим вимогам до достовірності результатів діагностування КС, оскільки спираються на застарілі принципи (наприклад, інколи ґрунтуються навіть на окомірному способі) та передбачають застосування засобів вимірювань обмеженої точності. Тим самим створюється проблемна ситуація, яка полягає в невідповідності можливостей існуючих методів і засобів вимірювань зростаючим потребам практики.

**Аналіз публікацій.** Опису методів і засобів вимірювання геометричних величин присвячена значна кількість публікацій. Наприклад, в [1] викладено детальну характеристику засобів вимірювання лінійних розмірів (зокрема, на основі оптичних методів), що застосовуються в промисловості. Робота [2] присвячена опису принципу дії та характеристик перетворювачів переміщень і відстаней на електричні величини. В [3] розглянуто принци-

пи побудови датчиків положення. В [4] наведено методи і засоби вимірювання геометричних розмірів.

Низка літературних джерел висвітлює особливості контролю технічного стану вогнепальної зброї і, зокрема, каналів стволів.

Основні заходи, спрямовані на визначення стану КС зброї несмертельної дії під час її випробувань, викладено в [5].

В документі [6] викладено технологію приймального контролю технічного стану озброєння та детальний опис процедури контролю технічного стану КС викладено.

Принципи побудови перспективного пристрою для перевірки зносу КС по всій його довжині наведено в роботі [7].

Аналіз розглянутих літературних джерел свідчить про таке:

- існуючі методи контролю не дозволяють в повній мірі провести достовірну оцінку технічного стану КС вогнепальної зброї;

- доцільним є дослідження можливостей застосування оптичних методів вимірювань для побудови спеціалізованих засобів вимірювання характеристик форми поверхні КС.

Таким чином, обґрунтування принципів побудови перспективних засобів вимірювання характеристик форми поверхні КС, які б забезпечували задані точність вимірювання і достовірність контролю параметрів вогнепальної зброї, є актуальною науковою задачею.

**Метою статті** є обґрунтування методу вимірювання і принципу побудови перспективного засобу вимірювання характеристик форми поверхні КС.

### Викладення основного матеріалу

З огляду на обмежені можливості традиційних засобів вимірювання геометричних величин перспективним видається створення приладів, побудо-

ваних на основі триангуляційного методу вимірювання із застосуванням лазерного випромінювання для зондування досліджуваної поверхні. Загальний принцип вимірювання полягає у спрямуванні лазерного променя на досліджувану поверхню, формуванні на ній світлової плями та прийманні відбитого випромінювання, параметри якого несуть вимірювальну інформацію про відхилення точки поверхні від вихідного положення.

На рис. 1 проілюстровано триангуляційний метод вимірювання на основі зондування досліджуваної поверхні лазерним випромінюванням.

Джерело лазерного випромінювання 1 спрямовує промінь 2 на поверхню С, відстань до якої вимірюється. Цей промінь падає на поверхню в точці D. В загальному випадку поверхня С не є дзеркальною або абсолютно чорною, тому світло буде відбиватися розсіяно (дифузно), тобто в усіх напрямках у вигляді півсфери навколо точки D.

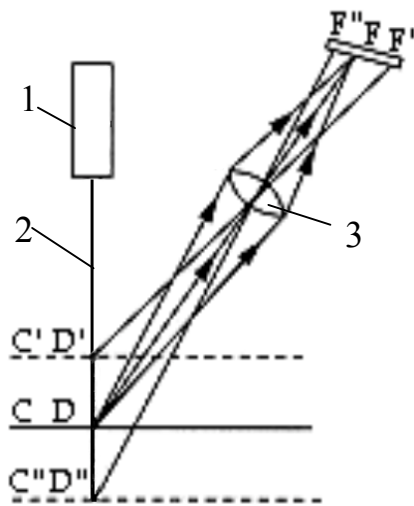


Рис. 1. Ілюстрація триангуляційного методу вимірювання

Розташуємо лінзу 3 таким чином, щоб її оптична вісь перетинала поверхню С в точці D. Тоді усі промені, що проходять крізь лінзу 3, будуть сфокусовані в певній точці F. Якщо вважати лінзу 3 тонкою, то відстань  $g$  від точки D до центру лінзи, відстань  $b$  від центру лінзи до точки F та фокусна відстань  $f$  лінзи будуть зв'язані формулою лінзи [8]

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{g}. \quad (1)$$

Якщо поверхня С переміщується на нову позицію  $C'$ , то промінь 2 буде дифузно відбиватися в точці  $D'$ . Оскільки лінза 3 залишається на тому ж місці, відбите світло буде сфокусоване в напрямку лінії, яка з'єднує точку  $D'$  та центр лінзи, а саме – в точці  $F'$ . Використовуючи формулу лінзи (1), можна розрахувати положення точки  $F'$  з високою точ-

ністю. Визначення положення точки  $F'$  складає зміст триангуляційної задачі.

При переміщенні поверхні С на нову позицію  $C''$  виникне нове положення зображення точки  $D''$  відбиття променя, а саме –  $F''$ . Таким чином, якщо виміряти переміщення точки F уздовж прямої  $F'F''$ , можна визначити переміщення положення точки D з урахуванням його напрямку. Однак для визначення переміщення точки F потрібен світлочутливий детектор, який має бути розміщений уздовж прямої  $F'F''$ .

Застосування застарілих видів світлочутливих детекторів (болометрів, селенових світлочутливих елементів, фотодіодів та ін.) не розглядатимемо, оскільки такі детектори не задовольняють сучасним високим вимогам до точності вимірювання. Сучасні позиційно-чутливі датчики (ПЧД) представляють собою фотодіоди, аналогові вихідні сигнали яких пропорційні координаті центру світлової плями на чутливій поверхні [3]. Конструкція ПЧД дозволяє одночасно контролювати як інтенсивність світлового потоку, так і положення променя, що переміщується уздовж смуги фоточутливої поверхні. Фотострум, що генерується в місці падіння світлового потоку, розділяється на дві компоненти, а їх розподіл дозволяє визначити місцезнаходження центру світлової плями.

Прилади із зарядовим зв'язком (ПЗЗ) мають лінійку малогабаритних світлочутливих елементів, розташованих в лінію. За рахунок внутрішнього фотоефекту освітлення цих елементів призводить до формування зарядових пакетів, причому заряд кожного з пакетів пропорційний експозиції відповідного елемента світлочутливої поверхні [9]. При реалізації спеціальної схеми управління кожний із накопичених зарядів може бути перенесений до сусіднього елемента і, врешті, повторення процесу переносу зарядів дозволяє зчитати усі зарядові пакети, генеровані освітленням лінійки світлочутливих елементів. Для цього на виході ПЗЗ застосовується перетворювач «заряд-напруга», яким послідовно формуються рівні напруги, пропорційні освітленню кожного із світлочутливих елементів.

Обираючи тип світлочутливого детектора для конкретних умов проведення вимірювань, слід відзначити більш високу роздільну здатність, забезпечувану ПЧД, що впливає на точність вимірювання і поріг чутливості засобу вимірювання. Крім того, ПЧД характеризується більш високою допустимою частотою опитування у порівнянні з ПЗЗ, що може бути критичним при реєстрації швидкоплинних процесів. Разом з цим ПЗЗ характеризується більшою завадостійкістю (наприклад, є менш чутливим до розсіяного світла), що забезпечується фільтрацією сигналів з рівнем нижче певного граничного значення.

Відзначимо, що розроблення принципів побудови і застосування засобу вимірювання характеристик поверхонь КС вимагає вирішення низки наукових задач, основними з яких є такі:

1. Аналіз особливостей вимірювання характеристик поверхні КС, дослідження умов проведення вимірювань, впливних величин, розробка вимог до основних технічних характеристик засобу вимірювання.

2. Розроблення схеми триангуляційного датчика, яка дозволить проводити вимірювання в умовах вкрай обмеженого простору (всередині каналів стволів).

3. Побудова математичної моделі засобу вимірювання, отримання системи виразів для визначення характеристик поверхні КС за результатами вимірювань.

4. Обґрунтування вимог до складу і характеристик елементів структурної схеми засобу вимірювання, створення узагальненого алгоритму оброблення вимірвальної інформації.

5. Побудова математичних моделей і аналіз характеру прояву складових похибки засобу вимірювання. Розроблення способів забезпечення потрібної точності вимірювань, оцінювання результуючої інструментальної похибки.

6. Експериментальна перевірка адекватності математичних моделей засобу вимірювання та складових його похибки. Обґрунтування рекомендацій з реалізації та застосування засобу вимірювання.

## Висновки

Для вирішення завдань з оцінювання технічного стану зразків вогнепальної зброї потрібно мати вимірвальну інформацію про геометричні характеристики поверхонь каналів стволів. Створення засобу вимірювання геометричних характеристик поверхонь каналів стволів дозволить підвищити достовірність діагностування і експлуатаційного

контролю технічного стану вогнепальної зброї, а також прогнозувати технічний стан окремих зразків вогнепальної зброї на основі дослідження дрейфу геометричних характеристик каналів стволів у часі та за напрацюванням.

Крім того, наявність такого засобу вимірювання сприятиме оптимізації характеристик дослідних зразків зброї.

## Список літератури

1. Измерения в промышленности. Справочник. [Текст] / Под ред. П. Профоса. – Т. 1. М.: Металлургия, 1990. – 492 с.
2. Полищук Е. С. Измерительные преобразователи [Текст] / Полищук Е. С. – К.: Вища школа, 1990. – 480 с.
3. Виглеб Г. Датчики. [Текст] / Г. Виглеб. – М.: Мир, 1989. – 196 с.
4. Полищук Е.С. Метрологія та вимірвальна техніка. [Текст] / Е.С. Полищук. – Львів: Бескид Біт, 2003. – 544 с.
5. Стандарт Міністерства внутрішніх справ України “Пістолети, револьвери та інші короткоствольні пристрої несмертельної дії” [Текст]: наказ МВС України від 29 вересня 2007 року № 325 // ДНДЕКЦ МВС України, 2008. – 36 с.
6. Общее руководство по ремонту ракетно-артиллерийского вооружения [Текст] / Под ред. А.Д. Вавилова. – М.: Воениздат, 1982. – Ч. 1. – 744 с.
7. Пат. 2368885 РФ, МПК G 01 N 3/56, G 01 B 13/12, F 41 A 31/02. Способ измерения износа канала ствола и устройство для его осуществления (варианты) / Зев-рев Ю.В., Котляр П.Е., Мишнев В.И., Назаренко С.И. Заявл. 05.07.2007; опубл. 27.09.2009. Бюл. № 27. – 9 с.
8. Кухлинг Х. Справочник по физике [Текст] / Х. Кухлинг. – М.: Мир, 1982. – 520 с.
9. Носов Ю.Р. Основы физики приборов с зарядовой связью. [Текст] / Ю.Р. Носов, В.А. Шилин – М.: Наука, 1986. – 318 с.

Надійшла до редколегії 20.04.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. І.П. Захаров, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

## ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТЕЙ КАНАЛОВ СТВОЛОВ

А.М. Крюков

Проведен анализ известных методов и средств измерения, которые могут быть использованы при контроле геометрических характеристик каналов стволов огнестрельного оружия. Предложено в основу построения перспективного средства измерения положить триангуляционный метод с применением лазерного излучения для зондирования исследуемой поверхности.

**Ключевые слова:** средство измерения, геометрическая характеристика, канал ствола, триангуляционный метод измерения, источник лазерного излучения.

## THE CONSTRUCTION PRINCIPLE OF THE MEASURING INSTRUMENT FOR GEOMETRIC CHARACTERISTICS OF THE SURFACE OF THE BARREL CHANNELS MEASUREMENT

O.M. Kriukov

The analysis of the known methods and measuring tools that can be used for geometric characteristics of the barrel fire-arms control was carried out. The triangulation method using laser light to probe the surface under investigation is proposed as the basis for perspective measuring tool.

**Keywords:** measuring tool, geometric characteristics, barrel channel, triangulation measurement method, laser source.