

УДК 623.482+62-408.64:531.715.2+53.082.531



О. М. Крюков



О. О. Мігура

МЕТОД ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ КАНАЛІВ СТВОЛІВ ВОГНЕПАЛЬНОЇ ЗБРОЇ НА ОСНОВІ ВИЗНАЧЕННЯ ЇХНІХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Проведено аналіз сучасних методів технічного діагностування каналів стволів вогнепальної зброї, визначено суперечності між їхніми можливостями та зростаючими потребами практики. Обґрунтовано потребу у створенні методу і засобу діагностування, який забезпечував би створення деталізованого образу внутрішньої поверхні каналу ствола та ідентифікацію як виду дефекту, так і його ступеня.

Запропоновано метод технічного діагностування каналів стволів вогнепальної зброї на основі визначення їхніх геометричних характеристик за допомогою лазерного триангуляційного датчика та створення таблиці координат точок поверхні каналу ствола у циліндричній системі координат. Розглянуто загальний принцип вимірювання, будову датчика та особливості його інтегрування до вимірювального зонда і модуля позиціонування.

Запропоновано підхід до визначення потрібного обсягу вимірювальної інформації і кількості точок контролю, обґрунтовано форму подання результатів вимірювань.

***Ключові слова:** канал ствола, технічний стан, метод діагностування, дефект каналу ствола, лазерний триангуляційний датчик, геометрична характеристика.*

Постановка проблеми. Запорукою ефективного застосування вогнепальної зброї під час виконання бойових завдань є періодичний контроль її технічного стану в ході експлуатації. Оскільки ствол будь-якого зразка вогнепальної зброї виступає як пошкоджуваний її елемент, особливе значення має інформація про поточний технічний стан саме каналів стволів (КС).

Відхилення геометричних параметрів КС (діаметра, характеристик нарізів) від відповідних номінальних значень, наприклад, у разі його зношування, роздуття, утворення раковин тощо, призводить до безповоротної втрати частини енергії порохових газів під час пострілу. Унаслідок цього балістичні характеристики зброї погіршуються, початкова швидкість метаного елемента зменшується, і у разі її падіння до рівня, який виходить за межі допустимих значень, ресурс КС вважається вичерпаним [1].

Окрему зацікавленість фахівців викликають не тільки проблеми контролю технічного стану або діагностування типових несправностей каналів стволів, але й завдання прогнозування їхнього залишкового ресурсу. Особливо

© О. М. Крюков, О. О. Мігура, 2023

цінними дані про технічний стан КС та про ознаки початку процесу його деградації можуть виявитися для зразків вогнепальної зброї з високою закупівельною вартістю та з обмеженим ресурсом, а також для тих зразків, які протягом усього терміну експлуатації мають зберігати балістичні характеристики у порівняно вузьких межах (наприклад, снайперська та протитанкова зброя, артилерійські системи, кінетична зброя несмертельної дії). При цьому перевагу слід віддавати реалізації контролю технічного стану в ході експлуатації зброї, тобто без тривалого переривання процесу її застосування (наприклад, у польових умовах, безпосередньо на позиціях тощо). Це виключатиме транспортування зразків вогнепальної зброї до віддалених місць проведення контролю, унаслідок чого може бути суттєво підвищена оперативність такого контролю і зменшена його вартість.

Однак відомі на сьогодні традиційні методи експлуатаційного діагностування базуються переважно на найпростіших способах визначення технічного стану каналів стволів, наприклад, передбачають використання серій

військових калібрів чи спеціалізованих нутромірів [2, 3] або навіть ґрунтуються на окомірному способі виявлення дефектів КС (огляд тінювих відбитків тощо) [4]. Матеріальна база для реалізації такого контролю технічного стану каналів стволів значною мірою є морально та технічно застарілою. Вона дає змогу лише констатувати поточний стан КС і не забезпечує високу достовірність контролю та можливість здійснення прогностичного оцінювання динаміки зміни технічного стану.

Окремі сучасні методи вимірювального контролю каналів стволів та відповідні їм засоби є більш інформативними. Наприклад, відомі методи визначення технічного стану КС за результатами вимірювання початкової швидкості метаного елемента [5] та за результатами оцінювання купчастості стрільби [6], але вони передбачають здійснення серії пострілів з контрольованого зразка зброї, що може виявитися неприйнятним у певних умовах обстановки. Гідроаеродинамічний метод [7] також забезпечує прийнятну достовірність контролю технічного стану КС, але вимагає застосування спеціалізованого маломобільного обладнання, унаслідок чого має обмежені можливості з адаптації до польових умов. Крім того, цей метод не дає уявлення про характер пошкодження та кутову орієнтацію пошкодженої ділянки КС.

Отже, відомі методи і засоби технічного діагностування каналів стволів є малоефективними з позиції достовірності, оперативності, а іноді й економічності під час їх застосування у польових, а інколи навіть і в лабораторних умовах, оскільки спираються на застарілі принципи та передбачають застосування засобів вимірювань обмеженої точності. Потреби практики вимагають наявності методу і засобу технічного діагностування КС вогнепальної зброї, який забезпечував би створення деталізованого образу внутрішньої поверхні каналів стволів шляхом надання інформації у вигляді кількісних даних, що відображають відхилення геометричних параметрів КС від їхніх номінальних значень та дають змогу ідентифікувати як вид дефекту (пошкодження), так і його ступінь.

Ці обставини зумовлюють створення проблемної ситуації, яка полягає у невідповідності можливостей відомих методів і засобів технічного діагностування КС зростаючим потребам практики.

Один із перспективних напрямів вирішення цієї проблеми й удосконалення експлуатаційного контролю технічного стану вогнепальної зброї полягає у розробленні сучасного методу технічного діагностування каналів стволів на основі визначення їхніх геометричних характеристик.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У працях [8, 9, 10] проведено аналіз еволюції методів інструментального контролю технічного стану стволів вогнепальної зброї та показано, що перспективним напрямом є подальший розвиток концепції безконтактного сканування внутрішньої поверхні каналу ствола з наступним обробленням отриманої вимірювальної інформації за певними алгоритмами. У статті [11] викладено та обґрунтовано метод технічного діагностування каналів стволів вогнепальної зброї та боєприпасів до неї, який ґрунтується на експериментальному отриманні та аналізі характеристик балістичних елементів пострілу. У публікаціях [12, 13, 14] проаналізовано можливості технічного діагностування стволів на основі застосування засобів вимірювання тиску та швидкості руху метаного елемента всередині каналу ствола, визначено напрями досліджень, спрямованих на створення засобів вимірювання, що мають задані характеристики.

Однак у цих джерелах не отримали належного розвитку основи аналізу й інтерпретації результатів вимірювань геометричних характеристик для встановлення виду і ступеня прояву дефекту КС. Таким чином, огляд джерел інформації свідчить про те, що у відомій літературі не дістали висвітлення науково-методичні основи технічного діагностування каналів стволів вогнепальної зброї, які базуються на аналізі вимірювальної інформації про відповідні геометричні параметри та дають можливість створити деталізований образ внутрішньої поверхні КС.

Метою статті є викладення та обґрунтування методу технічного діагностування каналів стволів вогнепальної зброї, який ґрунтується на визначенні шляхом вимірювання та аналізі їхніх геометричних характеристик.

Виклад основного матеріалу. З огляду на обмежені можливості традиційних засобів контролю технічного стану каналів стволів перспективним видається створення оптико-механічного засобу вимірювання, побудованого на основі триангуляційного методу визначення відстаней із застосуванням лазерного випромінювання для зондування досліджуваної

поверхні. Потенціал цього методу вимірювання є доволі високим і дасть змогу досягти потрібної точності у діапазонах вимірювань, притаманних геометричним розмірам КС основних видів вогнепальної зброї Національної гвардії України.

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 (номінального) положення. Незважаючи на достатній ступінь вивченості триангуляційного методу визначення відстаней, актуальним залишається комплекс завдань, спрямованих на побудову схем засобів діагностування, адаптованих до умов виконання вимірювань усередині каналів стволів вогнепальної зброї, та розроблення математичного опису відповідних перетворень вимірювальної інформації. А втім, ці завдання становлять окремий інтерес і в межах роботи, що проводиться, детально не розглядаються.

Триангуляційний метод вимірювання (рис. 1) передбачає проведення розрахунку шуканої відстані від опорної точки 1 до контрольованої поверхні КС 2 через тригонометричні відношення трикутника із застосуванням відомих геометричних параметрів оптичної схеми датчика. До складу датчика входять джерело лазерного випромінювання 3 та світлочутливий детектор 4, а також фокусувальний 5 і приймальний 6 об'єктиви. Усі ці елементи розташовуються фіксовано у просторі та взаємоузгоджено. Під час роботи датчика лазерне випромінювання дифузно відбивається від поверхні каналів стволів, і його частка проходить крізь приймальний об'єктив, де фокусується та падає на одну з чарунок 7 світлочутливого детектора (лінійки світлочутливих елементів).

При зміщенні на певну відстань Δx точки, від якої відбивається лазерне випромінювання на поверхні каналу ствола (наприклад, у разі збільшення радіуса КС унаслідок його стирання, утворення раковини тощо), світлова пляма на поверхні світлочутливого детектора також набуває певного переміщення Δz . Координата світлової плями на світлочутливому детекторі несе інформацію про відхилення точки зондування від вихідного положення, яке відповідає номінальному значенню радіуса КС. Залежність між Δz та Δx отримано і досліджено у статті [15].

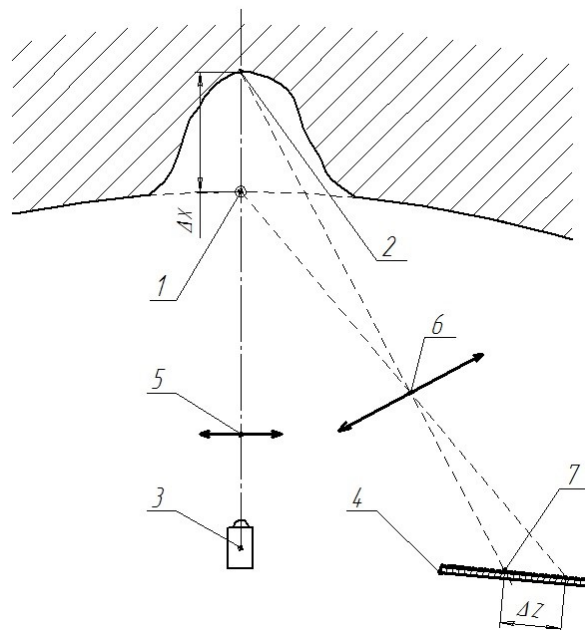


Рисунок 1 – Схема лазерного триангуляційного датчика

Зазначимо, що до виразу для обчислення Δz входять базові геометричні параметри оптичної схеми датчика, а саме – фокусна відстань приймального об'єктива, а також кут між оптичними осями фокусувального і приймального об'єктивів, кут між оптичною віссю приймального об'єктива й світлочутливим детектором, відстані від центра приймального об'єктива до точки фокусування променя на поверхні КС та до світлочутливого детектора відповідно. Також зауважимо, що оброблення сигналів з виходу детектора, які несуть інформацію про освітленість лінійки світлочутливих елементів, а також обчислення відстані до об'єкта вимірювання може бути покладено на спеціалізований обчислювальний компонент.

Для створення деталізованого образу внутрішньої поверхні КС потрібно отримати масив даних, що містить просторові координати точок на внутрішній поверхні каналу ствола та відповідні їм значення радіуса КС. З огляду на форму поверхні каналу ствола, яка є наближеною до циліндричної, доцільним виявляється визначення координат точок внутрішньої поверхні КС саме у циліндричній системі координат.

По-перше, вимірювання радіуса каналу ствола мають виконуватись у різних перерізах КС (див. рис. 2), які створюються перпендикулярно до поздовжньої осі каналу ствола із заданим кроком h , який обирається

оператором і залежить від мети дослідження технічного стану КС. Наприклад, такі перерізи мають розташовуватися на відстанях 0,25 мм під час побудови деталізованого образу або 2 мм під час створення наближеного опису поверхні каналу ствола. Перерізи, у яких вимірюється радіус КС, охоплюють усю його довжину L , номер останнього перерізу становить L/h , а загальна кількість перерізів N визначається виразом

$$N = \frac{L}{h} + 1.$$

При цьому відстань за поздовжньою віссю від поточного перерізу каналу ствола до початку координат залежить від номера n цього перерізу (тобто номера кроку за поздовжньою віссю) і становитиме nh .

По-друге, визначення у кожному з перерізів і подання для подальшого оброблення координат точок внутрішньої поверхні КС здійснюється у циліндричній системі координат. Вимірювання виконуються із заданим кроком φ , при цьому полярний кут точки, у якій вимірюється полярний радіус, становить $m\varphi$, де m – порядковий номер цієї точки у певному перерізі n . Кількість M точок, у яких виконуються вимірювання у кожному з

перерізів, також залежить від мети досліджень та вимог до деталізації технічного стану поверхні каналу ствола і визначається виразом

$$M = \frac{2\pi}{\varphi},$$

а полярний кут останньої з точок у цьому перерізі становить $2\pi - \varphi$.

Зауважимо, що крок за кутом φ має обиратися таким, щоб M належало до ряду натуральних чисел.

Множина ліній, що проходять через точки поверхні каналу ствола, у яких виконуються вимірювання, утворює уявну сітку (див. рис. 3). Під час вибору густини таких точок доцільно добиватися рівних (за довжиною) розмірів кроків за поздовжньою та круговою координатами. Це означає, що розгортка чарунки уявної сітки, яка «наноситься» на внутрішню поверхню КС, має бути наближеною до квадрата. Математичний запис такої умови має вигляд

$$h = \varphi R_n,$$

де R_n – номінальне значення радіуса КС зразка вогнепальної зброї, що розглядається.

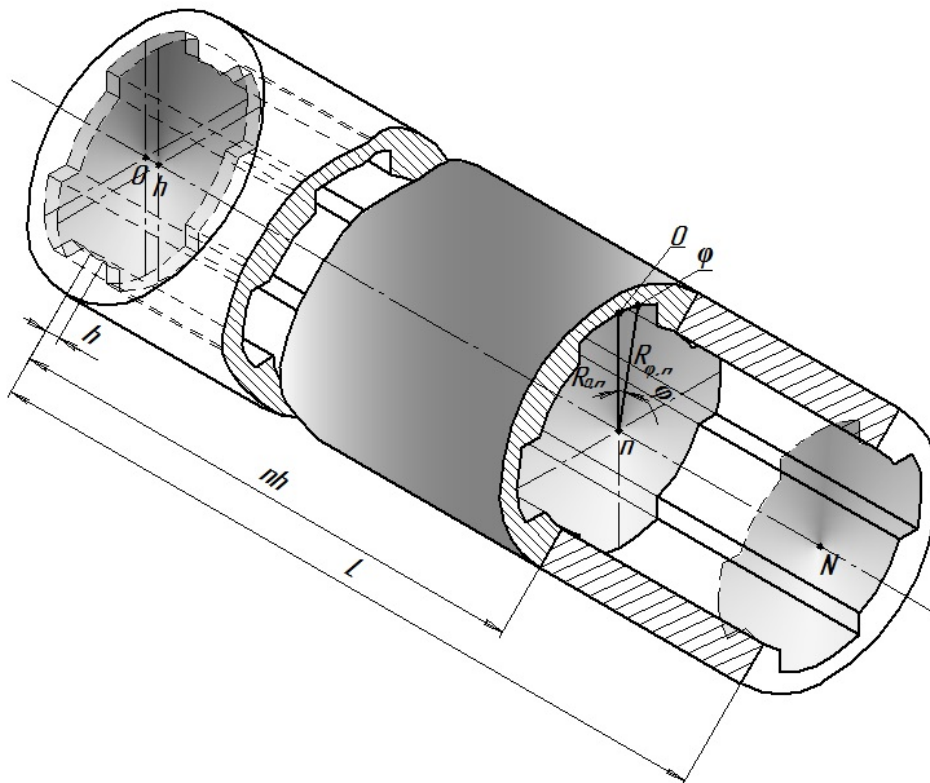


Рисунок 2 – Розташування перерізів під час вимірювань

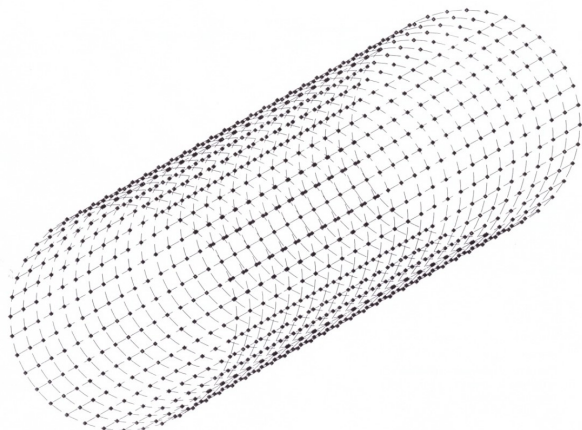


Рисунок 3 – Уявна сітка на внутрішній поверхні каналу ствола

Основними елементами засобу вимірювання (ЗВ) геометричних характеристик каналів стволів є лазерний тріангуляційний датчик та модуль його позиціонування. Конструктивно датчик ЗВ виконується як вимірювальний зонд, що вводиться усередину КС з дульної його частини та пересувається у ньому за допомогою модуля позиціонування. До складу модуля позиціонування, поряд з вузлами поздовжнього переміщення та обертання, входять датчики поздовжнього та кутового положення (наприклад, цифровий ноніус для визначення поздовжнього положення й абсолютний енкодер для визначення обертального положення датчика [16]). Вимірювальна інформація про поздовжнє та кутове положення датчика надходить до обчислювального компонента, де формується матриця результатів вимірювань. Особливості будови і конструкції зазначених та інших компонентів ЗВ (наприклад, лінії зв'язку, система електроживлення тощо) знаходяться поза межами визначеної мети статті і детально не розглядатимуться.

Під час проведення вимірювань вимірювальний зонд у кожному із N фіксованих поздовжніх положень має дискретно, із заданим кутовим кроком φ обертатися навколо своєї осі, зупиняючись у кожному окремому положенні для визначення інформації про поточне значення радіуса R каналу ствола. За таких зупинок лазерний тріангуляційний датчик зондує відповідну точку на внутрішній поверхні КС, у результаті чого до обчислювального компонента по лініях зв'язку надходять координати $(m\varphi, nh)$

точки каналу ствола у циліндричній системі координат та відповідне їй значення радіуса КС $R_{m\varphi, nh}$ у цій точці.

Після того як вимірювальний зонд зробить повний оберт, до обчислювального компонента потрапить сукупність зазначених даних для поточного перерізу каналу ствола. Далі вимірювальний зонд переміщується уздовж осі КС на один крок h , після чого вимірювання для наступного перерізу повторюється.

Таким чином, за результатами послідовних поздовжніх та обертових переміщень вимірювального зонда до обчислюваного компонента надійде масив даних про координати всіх досліджених точок поверхні КС. Після закінчення повного циклу вимірювань їхні результати подаються у вигляді таблиці значень (див. табл. 1).

Надалі цей масив даних обробляється з метою подання результатів вимірювань у потрібній формі. Зокрема, доцільно подавати результати вимірювань у вигляді таблиці відхилень радіуса каналу ствола та параметрів нарізів від їхніх номінальних значень, що у сукупності з певними кількісними критеріями придатності для такого зразка зброї стане підставою для висновку стосовно технічного стану КС, який діагностується.

Крім того, за необхідності результати вимірювань можуть бути подані у вигляді: графіків залежності радіуса каналу ствола від полярного кута у певному перерізі; графіків залежності радіуса КС від координати за поздовжньою віссю за певного полярного кута; графічних зображень профілю каналу ствола у циліндричній системі координат для такого перерізу; тривимірних зображень усієї поверхні КС (рис. 4) або окремих її ділянок (див. рис. 5) тощо.

Зауважимо, що візуалізація результатів дослідження пошкоджених ділянок каналу ствола із застосуванням сучасних програмних засобів, зокрема з кольоровим позначенням ділянок з різними ступенями пошкодження, відкриває принципово нові можливості для достовірного й оперативного технічного діагностування зразків вогнепальної зброї. А втім, такий напрям розвитку цього методу технічного діагностування КС потребуватиме окремого дослідження та обговорення.

Таблиця 1 – Подання результатів вимірювання

Координата за поздовжньою віссю	Полярний кут	Полярний радіус (радіус КС)
0	0	$R_{0,0}$
0	φ	$R_{\varphi,0}$
0	2φ	$R_{2\varphi,0}$
.....
h	0	$R_{0,h}$
h	φ	$R_{\varphi,h}$
h	2φ	$R_{2\varphi,h}$
.....
$2h$	0	$R_{0,2h}$
$2h$	φ	$R_{\varphi,2h}$
$2h$	2φ	$R_{2\varphi,2h}$
.....
nh	0	$R_{0,nh}$
nh	φ	$R_{\varphi,nh}$
nh	2φ	$R_{2\varphi,nh}$
.....
L	$2\pi - 3\varphi$	$R_{2\pi-3\varphi,L}$
L	$2\pi - 2\varphi$	$R_{2\pi-2\varphi,L}$
L	$2\pi - \varphi$	$R_{2\pi-\varphi,L}$

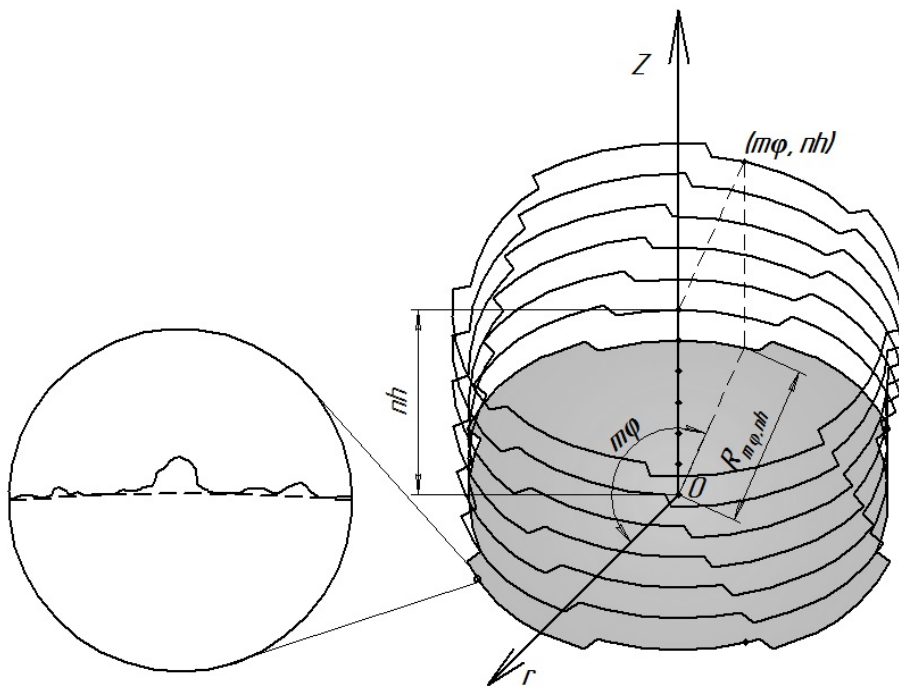
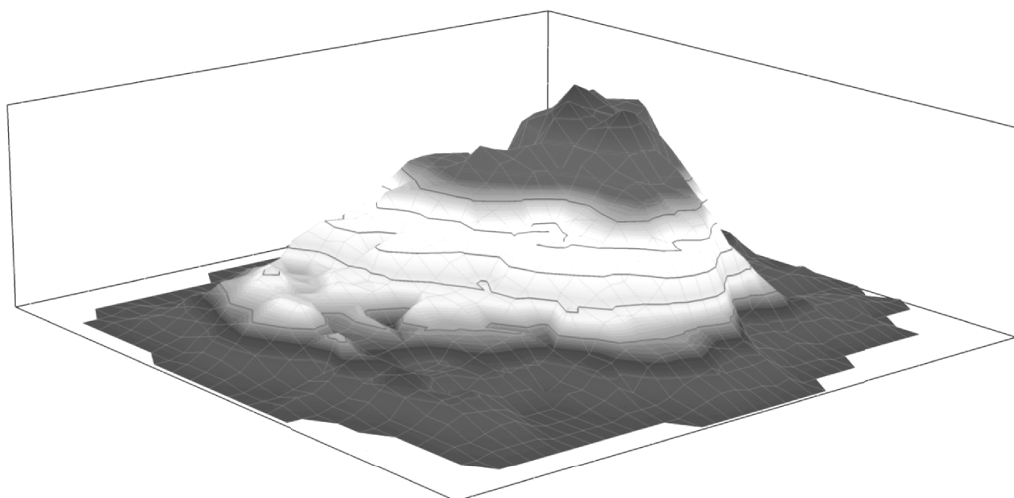
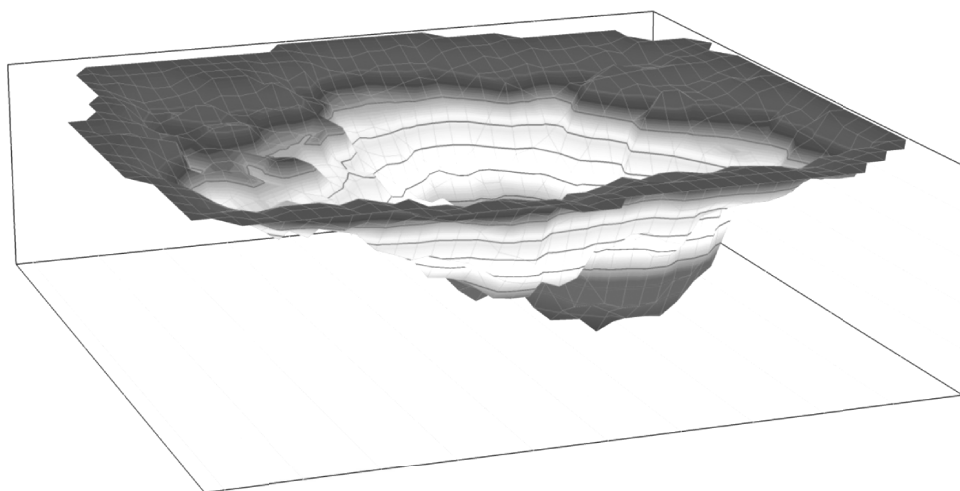


Рисунок 4 – Приклад подання результатів вимірювань у вигляді тривимірного зображення поверхні каналу ствола



a



б

Рисунок 5 – Приклад подання результатів вимірювань у вигляді тривимірного зображення ділянки каналу ствола з раковиною під різними кутами зору: а) вид на раковину «ззовні» каналу ствола; б) вид на раковину «зсередини» каналу ствола

Отже, запропонований метод технічного діагностування каналів стволів вогнепальної зброї на основі визначення їхніх геометричних характеристик полягає у: зондуванні поверхні каналів стволів за допомогою лазерного триангуляційного датчика, що виконує узгоджене поздовжнє та кругове переміщення усередині КС; отриманні вимірювальної інформації про радіус каналу ствола у заданих його перерізах та кутових положеннях датчика; поданні результатів вимірювань у вигляді таблиці координат точок поверхні каналу ствола у циліндричній системі координат; обчисленні відхилень радіуса КС та параметрів нарізів від їхніх номінальних значень; встановленні факту

наявності (або відсутності) певного дефекту каналу ствола і визначення технічного стану КС на основі характеру й обсягу цих відхилень.

Створення засобу вимірювання та програмно-апаратного комплексу, які базуються на розглянутому методі діагностування, дасть змогу отримувати деталізований образ внутрішньої поверхні каналів стволів, визначити поточний технічний стан КС та ідентифікувати як вид дефектів (пошкоджень), так і ступінь їх прояву.

Висновки

У статті запропоновано метод технічного діагностування каналів стволів вогнепальної

зброї, який ґрунтується на визначенні їхніх геометричних характеристик за допомогою лазерного триангуляційного датчика, що виконує узгоджене поздовжнє і кругове переміщення усередині каналів стволів, та встановленні характеру й обсягу відхилень радіуса каналу ствола і параметрів нарізів від їхніх номінальних значень.

Продуктивність методу і засобу вимірювання, створеного на його основі, забезпечить отримання деталізованого образу внутрішньої поверхні каналу ствола, який залежно від завдань контролю міститиме 10–100 точок контролю на один квадратний сантиметр такої поверхні.

Застосування таких методу і засобу дасть можливість:

– підвищити достовірність діагностування й експлуатаційного контролю вогнепальної зброї та, як наслідок, зменшити ймовірність використання несправної зброї;

– прогнозувати технічний стан окремих зразків основних видів вогнепальної зброї на основі дослідження змінювання характеристик їхніх каналів стволів у часі та за напрацюванням;

– забезпечити можливість дослідження й оптимізації характеристик зразків зброї, що створюються або модернізуються, під час їх випробувань;

– досліджувати вплив умов експлуатації та режимів стрільби на темпи зносу каналів стволів.

Застосування запропонованого методу та відповідного засобу дасть можливість реалізації експлуатаційного контролю вогнепальної зброї у польових умовах, що виключатиме її транспортування до стаціонарних місць проведення контролю. Унаслідок цього може бути суттєво підвищена оперативність та знижена вартість контролю.

Подальші дослідження у цьому напрямі доцільно спрямувати на обґрунтування принципів побудови програмно-апаратного комплексу засобів діагностування, що базуються на зазначеному методі, та на моделювання складових похибки вимірювань геометричних характеристик каналів стволів.

Перелік джерел посилання

1. Шерешевский М. С., Гонтарев А. Н., Минаев Ю. В. Эффективность стрельбы из автоматического оружия. М. : ЦНИИ информации, 1979. 310 с.

2. Руководство по эксплуатации войсковых калибров и приборов для ракетно-

артиллерийского вооружения. М. : Воениздат, 1983. 80 с.

3. Нутрометричні мікрометри трьохточкові : веб сайт. URL: <http://surl.li/kuevl> (дата звернення: 10.04.2023).

4. Оценка состояния КС : веб сайт. URL: <http://surl.li/kunug> (дата обращения: 10.04.2023).

5. 7,62-мм снайперская винтовка Драгунова (СВД). Наставление по стрелковому делу. М.: Воениздат, 1984. 170 с.

6. Визначення характеристик купчастості бою : веб сайт. URL: <http://surl.li/kunyh> (дата звернення: 10.04.2023).

7. Способ измерения износа канала ствола и устройство для его осуществления (варианты) : пат. 2368885 РФ, МПК G 01 N 3/56, G 01 B13/12, F41 A 31/02; заявл. 05.07.2007; опубл. 27.09.2009. Бюл. № 27. 9 с.

8. Гончарено П. Д., Хайков В. Л. Современные средства контроля износа канала ствола. *Збірник наукових праць Академії військово-морських сил ім. П. С. Нахімова*. Севастополь : АВМС, 2012. Вип. 1 (9). С. 22–30.

9. Хайков В. Л. Развитие методов инструментального контроля и визуализации состояния каналов стволов артиллерийских орудий. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2013. № 3/7(63). С. 52–56.

10. Цибуляк Б. З. Деградація параметрів стволів артилерійського озброєння в процесі експлуатації. *Військово-технічний збірник*. Львів : НА СВ, 2016. № 14. С. 121–126.

11. Крюков О. М., Мельников Р. С., Музичук В. А. Метод діагностування технічного стану каналів стволів та боеприпасів на основі ідентифікації характеристик балістичних елементів пострілу. *Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України*. Харків : НА НГУ, 2018. Вип. 2 (32). С. 5–11.

12. Крюков О. М., Александров О. А. Математична модель датчика для вимірювання миттєвих значень тиску в каналах стволів стрілецької зброї. *Системи озброєння і військова техніка*. 2010. № 4 (24). С. 71–74.

13. Крюков О. М., Александров О. А. Шляхи підвищення точності моделювання внутрішньобалістичних процесів. *Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України*. Харків : Акад. ВВ МВС України, 2009. №1. С. 11–14.

14. Крюков О. М., Мудрик В. Г., Кайдалов Р. О., Біленко О. І. Дослідження методу та засобу вимірювання швидкості руху снаряда в каналі ствола вогнепальної зброї. *Ukrainian Metrological*

Journal. Харків : ХНУРЕ, 2020. № 2. С. 40–48.

15. Крюков О. М., Мігура О. О. Математична модель оптико-механічного датчика для вимірювання геометричних характеристик каналів стволів вогнепальної зброї. *Честь і закон*. 2023. № 1 (84). С. 78–85.

16. Абсолютний енкодер : веб сайт. URL: <http://surl.li/kuevx> (дата звернення: 10.04.2023).

Стаття надійшла до редакції 10.07.2023 р.

UDC 623.482+62-408.64:531.715.2+53.082.531

О. Kriukov, O. Migura

METHOD OF TECHNICAL DIAGNOSING OF THE BORES OF FIREARMS BASED ON THE DETERMINATION OF THEIR GEOMETRIC CHARACTERISTICS

The work is devoted to the justification of the method of technical diagnosing of the bores of firearms, which is based on determining their geometric characteristics using a laser triangulation measurement tool and creating a detailed image of the surface in a cylindrical coordinate system.

An analysis of modern methods of technical diagnosing of the bores of firearms was carried out, and the contradiction between their capabilities and the growing needs of practice was determined. The need to create a diagnostic method and tool that would ensure obtaining a detailed image of the inner surface of the bore and identifying both the type of defect and the degree of its manifestation is substantiated. The detailed image of the inner surface of the bore should be presented in the form of a data array containing the spatial coordinates of the points on its inner surface and the corresponding values of the radius of the bore.

It is shown that it is most expedient to diagnose the bore using the laser triangulation method, which makes it possible to determine their geometric characteristics and create tables of coordinates of surface points in a cylindrical coordinate system with a given step. The number of points at which measurements are made in each of the sections is chosen depending on the purpose of the research and the requirements for detailing the technical condition of the surface of the bore.

The general principle of measurement based on the application of the triangulation method of determining distances to the controlled surface of the object, as well as the structure of the sensor and the features of its integration with the measuring probe and the positioning module, are considered. An approach to determining the required amount of measurement information and the number of control points is proposed. The method of grouping the measurement results into the given options for their presentation for the next analysis is defined.

Keywords: *bore, technical condition, method of diagnosis, bore defect, triangulation laser sensor, geometric characteristics.*

Крюков Олександр Михайлович – заслужений працівник освіти України, доктор технічних наук, професор, професор кафедри оперативного та логістичного забезпечення Національної академії Національної гвардії України

<https://orcid.org/0000-0003-4194-6081>

Мігура Олексій Олександрович – ад'юнкт Національної академії Національної гвардії України

<https://orcid.org/0000-0003-0327-9839>