УДК 623.526.7

Б.З. Цибуляк

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

ДЕГРАДАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ СТВОЛІВ АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ОЗБРОЄННЯ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Проведено аналіз процесів і факторів, що спричиняють деградацію параметрів стволів артилерійського озброєння, запропоновано їхню класифікацію. Розглянуто еволюцію методів інструментального контролю стану артилерійських стволів. Запропоновано напрями розробки та впровадження сучасних систем контролю стану артилерійських стволів та методи модернізації існуючої військової техніки.

Ключові слова: *артилерійські системи, інструментальний контроль, деградація ствола.*

Вступ

Актуальність проблеми. Досвід військових дій під час проведення Антитерористичної операції на Сході України показав неоціненну роль артилерії при проведенні операцій, захисті суверенітету країни. Тому реальна оцінка ефективності артилерії в цілому і її боєприпасів зокрема є критичним елементом планування бою і операції.

У даний час артилерією успішно вирішується завдання боротьби з піхотою і вогневими засобами противника, в тому числі прихованою у польових інженерних спорудах і міській забудові. Це дозволяє нашим військам, як правило, не вступали в ближні вогневі бої. При цьому більшість розвіданих цілей уражалися вогнем артилерії, ударами ракетних військ, а не атаками загальновійськових формувань.

Завдання масованих вогневих ударів далекобійними силами значною мірою призводить до підриву морально-психологічної стійкості і бойових можливостей банд-формувань, що дозволяє суттєво знизити бойові втрати загальновійськових, танкових і десантних підрозділів. Тому від кількості і виду артилерійського озброєння, типу і витрат боєприпасів, часу виконання вогневого завдання значною мірою залежать склад піхоти, танків, саперів, які залучаються для вирішення тактичних і оперативних завдань. Що ж стосується стійкості артилерійської техніки, то цей параметр впливає на бойові можливості підрозділів і частин.

Постановка завдання. Метою статті є класифікація причин, що призводять до деградації параметрів каналу ствола артилерійського озброєння, та огляд методів контролю його стану.

Виклад основного матеріалу

Аналіз факторів та процесів, що спричиняють зменшення часу живучості ствола артилерійського озброєння. Ствол – основна частина артилерійського озброєння. Тому крім бойових характеристик важливе значення для нього мають експлуатаційні властивості, однією з найважливіших є живучість ствола, яка характеризується кількістю пострілів, що можна здійснити зі ствола без зниження балістичних характеристик снаряда до наперед заданого рівня [1]. Таким чином, ствол є конструкцією, яка в процесі експлуатації і застосування за призначенням накопичує ушкодження, що до певного рівня не впливають на показники зовнішньої балістики, або можуть бути компенсовані конструктивно або методично [2, 3].

Явище зносу стволів досліджувалося багатьма авторами [2, 3, 4] як в експериментальному, так і в теоретичному плані. На сучасному етапі в основному визначені механізм зносу, причини, які його викликають, а також розроблені заходи щодо зменшення зносу, є окремі оцінки впливу величини і характеру зносу на критерії, що визначають живучість ствола.

Тривалість терміну служби нарізного чи гладкого ствола залежить від багатьох причин: конструкції ствола, кількості випущених боєприпасів, сортів пороху і експлуатаційних умов. Стволи, що мають тріщини або роздуття, бракуються і вважаються не придатними до використання. Знос і руйнування ствола залежать від великого числа факторів різної природи. Для того щоб зберегти ствол боєздатним якомога довше, треба добре уявляти собі ті шкідливі для нього процеси, які відбуваються в каналі ствола під час пострілу і після нього.

Зазвичай причини, що викликають знос і деформацію ствола, об'єднують у три основні групи [5], проте проведене дослідження на основі досвіду, набутого під час проведення АТО, дозволило запропонувати розширену класифікацію.

1. Причини механічного характеру (тертя): знос каналу ствола спричиняється зміною діаметра каналу по нарізах і по полях, а також зміною профілю нарізки. При врізанні снаряда в нарізи внаслідок великого тертя відбувається їх знос, який збільшується з наступними пострілами.

Поля нарізів на відстані 3-6 калібрів від початку нарізів при великому числі пострілів зовсім викри-

© Б.З. Цибуляк

шуються і зникають. Ще однією причиною зносу ствола є механічне стирання під час неправильного його чищення.

2. Причини термічного характеру: висока температура порохових газів сильно, але неоднаково, нагріває шари стінок ствола. Внаслідок короткочасності пострілу висока температура встигає передатися лише дуже тонкому внутрішньому шару, який, прагнучи розширитися, зустрічає протидію менш нагрітих зовнішніх шарів металу.

Після пострілу настає швидке охолодження внутрішнього шару, і він починає скорочуватися. Внутрішні ж шари, охолоджуючись значно повільніше, будуть затримувати це стискання. Таке почергове стиснення і розширення внутрішнього шару викликає появу на ньому сітки тріщин (сітки розпалу). Покритий сіткою тріщин поверхневий шар під дією порохових газів поступово викришується, і частинки металу, що відкололися, виносяться з каналу ствола.

3. Причини хімічного характеру: деградація поверхні каналу ствола під впливом хімічного складу порохових газів.

Наявність оксиду вуглецю і азоту в продуктах розкладання порохового заряду викликає цементацію і нітрування стінок ствола, що надають поверхневому шару велику крихкість. Великий вплив на знос ствола має нагар, що утворюється при пострілі. Кількість нагару в стволі залежить від числа пострілів і якісного стану ствола. Чим більше зроблено пострілів і чим гірший стан ствола, тим більше в ньому залишається нагару [5].

До пострілу поверхня каналу ствола з усіма її рисками, порами, тріщинами вкрита тонким шаром мастила. Після кількох пострілів мастило згорає, поверхня каналу ствола покривається рихлим шаром нагару, під яким до металу приплавились склоподібні часточки солей. На окремих місцях поверхні каналу приплавляються часточки металу, зірвані з оболонки снаряда.

Солі, що знаходяться в нагарі, легко вбирають вологу з повітря і перетворюються на насичені розчини солей, що викликають посилене іржавіння металу.

Оскільки живучість ствола сильно знижується при підвищенні температури, необхідно вживати заходів щодо зменшення його нагрівання під час стрільби.

На знос ствола може впливати і маса снаряда без зміни маси пороху. Зі зменшенням маси снаряда живучість ствола зростає в кілька разів [5].

4. Зміна геометричних параметрів ствола.

Завдяки певній товщині та значній довжині каналу ствола під час пострілу він зазнає впливу екстремальних швидкоплинних процесів (високі температури, значні тиски тощо), які по-різному впливають на окремі частини ствола. Крім того, на температурні характеристики ствола впливають зовнішні фактори (температура навколишнього середовища, вологість та ін.), а також ефективність механізмів примусового охолодження чи продування. Такі фактори спричиняють виникнення процесів його нелінійного об'ємного термічного розширення за рахунок значної інертності, що призводить до відхилення від прямолінійності і, відповідно, зниження точності стрільби.

5. Вплив характеристик боєприпасів, що використовуються, на параметри живучості ствола.

Проведені експериментальні дослідження з визначення живучості трьох серійних гладкоствольних гармат на полігоні з використанням спеціального обладнання КП ХКБМ ім. А.А. Морозова показали, що знос стволів для різних типів гармат неоднаковий, залежить від калібру ствола, темпу і режиму стрільби заряду і снаряда [1]. Крім того, тривале зберігання боєприпасів призводить не лише до зміни властивостей їхніх порохових зарядів [6], а й до зміни параметрів внутрішньої балістики при проведенні пострілу. Тому «вік» боєприпасів також слід враховувати як один з факторів, що впливають на інтенсивність вичерпування ресурсу ствола.

Порівняння результатів вимірювання зносу серійного ствола в результаті відстрілювання кондиційними боєприпасами (тривалість зберігання партії – 9 років) з аналогічним післягарантійного терміну зберігання показав, що при використанні останнього відбувається підвищена інтенсивність зносу ствола. Причому відносний показник зносу при цьому склав 1,6. Таким чином, застосування боєприпасів, термін зберігання яких на 12 років більший за гарантований, на 50 ... 60% збільшують знос ствола при однаковому числі пострілів.

Встановлено також відмінність у динаміці внутрішнього зносу каналу ствола. Так, виявлено максимум зносу в координаті ствола 0,16-0,18 від казенної частини для різних типів досліджуваних гладкоствольних стволів, який не спостерігається при стрільбі кондиційними боєприпасами. Його поява пов'язана, найімовірніше, з підвищенням швидкості горіння пороху в результаті тривалого його зберігання і, як наслідок, утворення максимального тиску в каналі ствола, який в 1,03...1,2 раза перевищує нормальний. На ділянці ствола 0,3-0,6 знос каналу виявився еквідистантним і лише після проходження координати ствола 0,6 знос, зумовлений боєприпасами післягарантійного терміну зберігання, виявився аналогічним зносу при стрільбі кондиційним боєприпасами.

Проте встановлені досить широкі осциляції діаметра після 0,6 найімовірніше пов'язані з тим, що за умови підвищення швидкості горіння пороху (для 22 років – на 11...18%), до цього моменту порох вже згорів і снаряд рухається пульсуючи, ривками, то вириваючи частини ведучого кільця, то знову закушуючи їх [6].

Ще одним з факторів, що впливає на точність стрільби артилерійських батерей, є температура порохового заряду боєприпасів. Відхилення реальних значень

© Б.З. Цибуляк

від розрахункових на 1°С може давати похибку влучання у діапазоні 100-150 м при дальності стрільби 10 км. Проте на озброєнні ЗСУ досі відсутні сучасні прилади контролю температури крім застарілих батарейних термометрів серії ТБ-15.

Таким чином, температурні характеристики та геронтологічні зміни властивостей порохових зарядів істотно впливають не тільки на початкову швидкість снаряда, але і на знос ствола гармати, причому збільшується інтенсивність зносу і характер його по довжині ствола.

Безумовно, на знос ствола впливає і тип використовуваних снарядів. Так, за умови проведення близько 20% усієї кількості пострілів БПС з терміном зберігання 20...25 років фактично слід очікувати підвищення зносу ствола на 20...30%. Застосування ж інших типів боєприпасів (наприклад, ОФ і К) аналогічного терміну зберігання значно менше впливає на інтенсивність зносу ствола.

Прилади та методи діагностики параметрів артилерійських стволів. Сьогодні для виконання балістичної підготовки артилерійських комплексів потрібне проведення великої кількості стрільб. Це призводить до значних матеріальних і часових витрат. Тому використання різних методів діагностики параметрів артилерійських стволів, зміна характеристик у процесі експлуатації дозволяє вводити індивідуальні поправки для підвищення точності кожної з гармат, звести до мінімуму кількість стрільб пристрілки, реалізувати рекомендації щодо продовження терміну експлуатації артилерійського озброєння.

Для нарізного ствола як інформативний параметр була обрана інтенсивність «каморного» зносу, тобто подовження зарядної камори ствола (ЗКС). Процес збільшення її обсягу адекватно характеризує працездатність ствола. Довжину ЗКС прийнято визначати шляхом проведення прямого виміру механічним способом. Для цього, як правило, використовується вимірювальний диск заданого діаметра, закріплений на штанзі, яка вставляється в канал ствола з казенної частини. Такий прилад в збройних силах СРСР отримав назву «прилад вимірювання довжини зарядної камори». Стволи польової артилерії, як правило, контролювалися одним диском, а корабельної – набором із 2-6 [7].

Крім дискових вимірювачів для визначення ступеня зносу (каморного, каморно-діаметрального) використовувались механічні прилади з дво- чи триточковим щупом вимірювача, які відносились до простих і надійних приладів, однак реалізована в них ідея прямого виміру, що відноситься до 50-60-их років XX ст., робить дуже складною або практично неможливою операцію дослідження всієї поверхні каналу ствола гармат, незалежно від його типу (нарізний чи гладкоствольний), а це ускладнює вирішення завдання оцінки впливу геронтологічних змін метально-вибухових речовин боєприпасів на живучість ствола гармат.

Недоліком механічних засобів контролю зносу внутрішньої поверхні каналу ствола є значний суб'єктивний аспект, який залежить від кваліфікації оператора і особливостей використання вимірювальних засобів. До того ж такі вимірювання характеризуються високою трудомісткістю і не достатньою на сьогодні точністю.

Подальший розвиток методів безконтактного вимірювання зносу артилерійського ствола був реалізований у вигляді «повітряного» вимірювача. Прилад складався з насоса, що подавав у канал ствола через штангу і вимірювальне кільце з отвором повітря із заданими параметрами. За зміною опору повітряного потоку в зазорі між кільцем і поверхнею каналу ствола визначалася зміна діаметра ствола. Проте така система мала значний недолік, що полягав у нечутливості результатів до орієнтації несиметричного зносу, тобто відсутньою прив'язкою до орієнтації овала каналу ствола.

Спроби автоматизації виконання механічних вимірювань і зменшення часу, що витрачається на одиничний замір, привели до розробки електро-механічних приладів контролю зносу ствола з точністю, що складала ±20 мкм для артилерійських калібрів 61-155 мм, можливістю вибору режимів вимірювання симетричного чи асиметричного зносу і роздуття ствола тощо [7].

Сучасні успіхи в лазерній техніці, методах сканування поверхонь, а також в комп'ютерній обробці результатів вимірювань стимулювали розробку альтернативного підходу до вирішення проблеми контролю стану каналу артилерійського ствола – лазерне сканування його поверхні.

У військах Російської Федерації недавно з'явилась контрольно-перевірочна машина (КПМ), 1И37Э, оснащена сучасними вимірювальними приладами і потужними обчислювальними засобами, яка дозволяє комплексно вирішувати завдання балістичної підготовки для артилерійських підрозділів. КПМ призначена для проведення наступних операцій [8]:

1. Технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання, системи управління вогнем, комплексу керованого озброєння танків Т-72, Т-80 і Т-90, самохідної протитанкової гармати 2С25. Обслуговування проводиться в обсязі операцій ТО-1 і ТО-2, передбачених експлуатаційною документацією, з додатковим використанням методів приладового контролю, а також спеціального обладнання та інструменту.

2. Технічна підготовка танкових і протитанкових гармат до стрільби – вивірки прицілів, приведення до нормальної роботи зброї з використанням стрільб і безстрільбовим методом.

3. Балістична підготовка до стрільби – визначення поправок початкової швидкості снарядів на партію пострілів і на знос каналу ствола гармати.

4. Чищення каналу ствола від нагару, мастила, забруднень та іржі при підготовці танкових гармат.

5. Електронне документування робіт і друк документів.

© Б.З. Цибуляк

6. Навчання персоналу проведення технічного обслуговування комплексів артилерійського озброєння танків, технічної та балістичної підготовки гармат, обслуговування КПМ.

Високоточні електронно-оптичні прилади дозволяють вимірювати з похибкою не більше 0,01 мм діаметр каналу ствола по його довжині (прилади ПИНТ, ПИОС), початкову швидкість снаряда з похибкою не більше 0,1% (ФЭБ, АБС), а також ЕОМ, яка за допомогою спеціального програмного забезпечення може вирішувати широке коло завдань забезпечення бойової підготовки артилерійських комплексів.

У методиці пропонується вирішення наступних завдань балістичної підготовки:

1) визначення поправок на відхилення початкової швидкості снарядів через особливості партії зарядів методом проведення контрольних стрільб;

2) визначення поправок на відхилення початкової швидкості снарядів через знос каналу ствола і властивостей партії для окремої гармати методом проведення контрольних стрільб;

3) визначення поправок на відхилення початкової швидкості снаряда через зношування каналу ствола і властивості партії боєприпасів для окремої гармати без проведення стрільб;

4) визначення поправок на відхилення початкової швидкості снарядів через невідповідність температури заряду табличній;

5) визначення поправок на відхилення початкової швидкості снарядів через розігрів ствола гармати;

6) визначення поправки на сумарне відхилення початкової швидкості снарядів для окремої гармати;

7) визначення різнобою основних гармат батарей щодо контрольної гармати дивізіону і гармат батареї щодо основної;

8) розробка рекомендацій щодо комплектування вогневих підрозділів з урахуванням зносу стволів гармат;

9) розробка рекомендацій щодо комплектування вогневих підрозділів і гармат боєприпасами відповідно до надходжень партій боєприпасів.

Перші два завдання вирішуються на основі точних вимірювань початкової швидкості снаряда приладами КПМ, третя, четверта і п'ята – розв'язком завдання внутрішньої балістики і нагріву (охолодження) ствола при стрільбі, всі інші завдання вирішуються методами обробки інформації, що знаходиться в базі даних бортової інформаційно-вимірювальної управляючої системи КПМ, яка обслуговує підрозділ [9].

Особливу увагу привертає бортова інформаційно-вимірювальна система КПМ у складі блока управління БУ-38, приладу для вимірювання величини відхилення від прямолінійності осі каналу ствола гармати, приладу для вимірювання початкової швидкості снаряда, пристроїв для проведення повірки прицілів і вимірювання дульного кута, пристроїв документування і спеціального програмного забезпечення.

Перевагою такого типу техніки є вже індивідуальний підхід до кожної з одиниць артилерійських комплексів, а також врахуванням поправок на тип використовуваних зарядів. Проте дана КПМ розрахована на проведення робіт, пов'язаних з дослідженням зносу ствола гармат лише у неробочому стані, під час обслуговування техніки. Тому актуальним залишається питанням розробки приладів контролю параметрів стволів гармат під час їхньої експлуатації. Так, відомим є пристрій для вимірювання вигину артилерійських стволів різних калібрів [10]. Як правило, робота такої систем полягає у встановленні обладнання для формування направленого світлового пучка на початку ствола, поширенні променя вздовж ствола, відбиванні дзеркалом на кінці і прийманні отриманого сигналу фоточутливим датчиком. При вигині ствола дзеркало повертається, відбувається зсув відбитого світлового променя відносно фотоприймача. Величина такого відхилення дає можливість визначити величину вигину ствола. Проте, оскільки дзеркало встановлено на кінці ствола, під час пострілу воно зазнає значних ударних навантажень, що впливають на стабільність кутового положення дзеркала. Крім того, на нього впливають зовнішні фактори (коливання температури), що може призводити до виникнення похибок вимірювань. Тому актуальними є роботи щодо підвищення точності таких вимірювань в складних експлуатаційних умовах. [11].

Впровадження контрольно-вимірювальних систем в режимі реального часу використовується для модернізації та вдосконалення артилерійської техніки країн НАТО. Так, для вдосконалення самохідних гаубиць AS90B командування сухопутних військ Великобританії проводить не лише підвищення бойових параметрів озброєння, а й впровадження систем керування температурним режимом каналу ствола, лазерне ініціювання метального заряду, розробку низькочутливих вибухових речовин для боєприпасів, повністю автоматичної системи заряджання [12]. Зокрема, контроль за температурою каналу ствола потрібний для підвищення скорострільності гармати при тривалих режимах ведення вогню. Оскільки для ведення стрільб протягом години частота пострілів не повинна перевищувати 2 постр./хв, при збільшенні темпу вже через 20 хв температура досягає критичного значення (+160°С), і це без врахування умов навколишнього середовища. При досягненні критичного значення для зниження температури можуть бути застосовані спеціальні аерозолі або системи рідинного охолодження, розміщені в середніх шарах ствола.

Сьогодні, більш ніж будь-коли, користувачам і виробникам зброї необхідна інформація про стан внутрішньої поверхні стволів озброєння, а також надійні кількісні та якісні методи вимірювання і перевірки параметрів деталей та інструментів. Фірма BEMIS™ розробила повну лінійку лазерних систем, які забезпечують значне підвищення точності та роздільної здатності проведення вимірювань, порівняно з існуючими

© Б.З. Цибуляк

механічними методами та електрооптичними вимірювачами. Багато з таких лазерних скануючих систем вже використовуються американською армією, військово-морським флотом і військово-повітряними силами (табл. 1) [13].

Таблиця 1

Серія продуктів BEMIS™ контролю стану внутрішньої поверхні стволів військового озброєння

Пристрій	Калібр, мм	Стаціонарний/ портативний
BEMIS -SC™	5,56 – 12,7	+/-
BEMIS - MC™	12,7 - 76	+/+
BEMIS - T™	60 - 120	+/-
BEMIS -LC™	105/120/155	+/+

Для прецизійного вимірювання розмірів і перевірки стану внутрішньої поверхні стволів фірмою BEMIS™ було запропоновано серію продуктів, які видають результат з високими точністю і роздільною здатністю. Розроблене обладнання складається із лазерних зондів, які дають суттєве підвищення точності та якості отриманих даних у порівнянні із застарілими механічними чи електрооптичними вимірювачами.

Система лазерного сканування BEMIS™ інтегрована з програмним забезпеченням, що дає змогу швидко провести сканування всієї поверхні ствола безконтактним методом за допомогою лазерного зонда, з високою точністю і у значному діапазоні вимірювань отримати дані, на основі яких формується точне тривимірне зображення.

Лазерні датчики установки проектують крихітний лазерний промінь на поверхні деталі, що дозволяє проводити тисячі вимірів за цикл сканування. Дані можуть бути оцінені за допомогою аналітичного програмного забезпечення LaserViewer™ або системи візуалізації та аналізу LaserViewer 3D™. Результати вимірювань після обробки можуть бути представлені у наступному вигляді:

- контур відображення повної довжини ствола;
- поперечний переріз ствола у будь-якому аксіальному положенні;
- 3D-зображення;
- таблиця зведеного звіту.

Основні переваги лазерного сканування:

- безконтактні вимірювання;
- автоматизована система збору даних;
- універсальні змінні датчики;
- повнофункціональний аналіз та система звітності, яка може бути експортована в текстовий файл;
- швидкий перехід на інший калібр;
- повна характеристика сканованої поверхні;
- отримання будь-якого поперечного перерізу ствола;
- фотознімок якості поверхні ствола і отримання зображення за допомогою пакета LaserVideo™.

Висновки

Проведений аналіз процесів, що спричиняють деградацію характеристик артилерійського озброєння у процесі експлуатації, дозволив запропонувати розширення існуючої класифікації факторів зносу і деформації ствола.

Показано, що використання боєприпасів, термін зберігання яких більше ніж вдвічі переважає гарантійний, призводить до змін класичної динаміки внутрішнього зносу каналу ствола та скорочення терміну його живучості в 1,6 раза.

Відсутність прийнятих на озброєння сучасних вітчизняних методів і засобів контролю стану артилерійських стволів дала можливість врахувати світові напрацювання у даній галузі і запропонувати два основні напрями вирішення проблеми:

- створення мобільних діагностичних систем для проведення експерс-сканування внутрішньої поверхні стволів артилерійської техніки із застосуванням неруйнівних методів (як правило, лазерних скануючих вимірювань), які здатні забезпечити точність вимірювання внутрішнього діаметра ±5 мкм із можливістю комп'ютерної обробки та візуалізації даних;
- застосування оперативних методик та пристроїв індивідуального контролю певних параметрів (температурних режимів, відхилення від прямолінійності осі каналу ствола гармати, визначення початкової швидкості польоту снаряда та ін.) артилерійського озброєння з можливістю автоматичної передачі даних у прилади проведення балістичної підготовки або системи наведення під час виконання бойових завдань.

Список літератури

1. Экспериментальное исследование живучести ствола гладкоствольной пушки / О.Б. Анипко, М.Д. Борисюк, Ю.М. Бусяк и др. // Інтегровані технології та енергозбереження. – №1. – 2011. – С. 28-31.

2. Орлов Б.В. Устройство и проектирование стволов артиллерийских орудий / Б.В. Орлов, Э.К. Ларман, В.Г. Маликов. – М. : Машиностроение, 1976. – 432 с.

3. Чуев Ю.В. Проектирование ствольных комплексов / Ю.В. Чуев. – М. : Машиностроение, 1976. – 216 с.

4. Надтока В.Н. Эрозия орудийных стволов (обзор) / В.Н. Надтока // Артиллерийское стрелковое вооружение. – N4(21). – 2006. – С. 16-22.

5. Тычков А.В. Прочность и живучесть ствола. Действие нагара на ствол оружия / А.В. Тычков // Издательский центр УрГу. – 2011. – С. 249-252.

6. Анипко О.Б. Внутренняя баллистика ствольных систем при применении боеприпасов послегарантийных сроков хранения / О.Б. Анипко, Ю.М. Бусяк. – Харьков : Академия ВВ МВД Украины, 2010. – 129 с.

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

© Б.З. Цибуляк

8. Контрольно-проверочная машина КПМ 1И37Э. – Режим доступа: http://www.burevestnik.com/products/ kpm.html.

9. Слуцкий В.Е. О методике проведения баллистической подготовки артиллерийских комплексов с использованием оборудования контрольно-проверочной машины / В.Е. Слуцкий, А.А. Зайцев // Труды Нижегородского ГТУ им. Р.Е. Алексеева. – № 5(107). – 2014. – С. 160-165.

10. Способ измерения изгиба артиллерийского ствола / Г.А. Брух, М.Н. Голик, И.Е. Гринюк и др. // Зарубежная военная техника. Обзоры, серия «Оптика в средствах вооружения и военной технике». – Вып.20 (40). – 1985. – С. 87-88.

11. Устройство для измерения изгиба артиллерийского ствола. – Режим доступа: http://www.findpatent.ru/patent/ 246/2461797.html.

12. Русинов В. Модернизация английской 155-мм гаубицы AS90 // Зарубежное военное обозрение. – №11. – 2002. – Режим доступа: http://www.soldiering.ru/ army/artillery/greatbritain/as90.php.

13. BEMIS™ – Bore Erosion Measurement and Inspection System. – Access: http://www.laser-ndt.com/defense.html.

Рецензент: д.т.н., проф. Б.І. Сокіл, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів.

ДЕГРАДАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СТВОЛОВ АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ВООРУЖЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Б.З. Цыбуляк

Проведен анализ процессов и факторов, вызывающих деградацию параметров стволов артиллерийского вооружения, предложено их классификацию. Рассмотрена эволюция методов инструментального контроля состояния артиллерийских стволов. Предложены направления разработки и внедрения современных систем контроля состояния артиллерийских стволов и методы модернизации существующей военной техники.

Ключевые слова: *артиллерийские системы, инструментальный контроль, деградация ствола.*

PARAMETERS DEGRADATION BARREL ARTILLERY EQUIPMENT DURING EXPLOITATION

B. Tsybulyak

The analysis of the processes and factors that cause degradation of artillery barrels parameters was conducted and classification of these processes was proposed. The evolution of instrumental control methods of artillery barrels status was reviewed. Directions of development and implementation of modern control systems of artillery barrels status and methods of modernization of existing military equipment were proposed.

Key words: *artillery systems, instrumental control, wear of barrel.*

© Б.З. Цибуляк