

# Przykład możliwości zastosowania badań nieniszczących do badania wewnętrznej powierzchni 35 mm lufy armaty morskiej KDA

The example of applications for non-destructive testing the inner space of 35 mm barrel of the naval cannon kda

## Streszczenie

Artykuł przedstawia krótką charakterystykę 35 mm morskiej armaty KDA. Jest to nowa armata morska, która będzie eksploatowana na nowych okrętach Marynarki Wojennej RP. Zaprezentowane zostały skrótkowo zjawiska jakie zachodzą w lufach artyleryjskich oraz wynikające z tego problemy eksploatacyjne. W dalszej części zaprezentowano przykład możliwości wykorzystania stanowiska wideoendoskopowego, jakie posiada Akademia Marynarki wojennej do diagnostyki 35 mm morskiej armaty KDA.

**Słowa kluczowe:** badania nieniszczące; wideoendoskop; armata; lufa

## Abstract

The article presents a short description of the 35 mm naval guns KDA. It is a new naval gun, which will be operated onboard of the new Polish Navy. Presented briefly the phenomena taking place in the barrels of artillery and the resulting of operational problems. In the following were presented examples of the possibilities of utilization the videoendoscope testing station, which is situated in the Polish Naval Academy, for the diagnostic of 35 mm naval guns KDA.

**Keywords:** non-destructive testing; wideoendoskop; gun; barrel

## Wstęp

Większość okrętów w marynarce wojennej, bez względu na przeznaczenie i realizowane zadania główne i dodatkowe, jest nosicielem różnego rodzaju uzbrojenia. Uzbrojenie to, z reguły bardzo różnorodne i dedykowane do określonego rodzaju zadań, często jest podzespołem większej całości – systemu uzbrojenia, który oprócz efektorów dysponuje całą gamą sensorów i podsystemów do poszukiwania, klasyfikacji i identyfikacji celów. Prawie każdy system walki na okręcie oprócz bardzo specyficznego uzbrojenia posiada klasyczne uzbrojenie artyleryjskie. Ten typ uzbrojenia to w Marynarce Wojennej RP przede wszystkim armaty małego kalibru (od 20 do 30 mm) oraz średniego kalibru (do 76,2 mm).

Zgodnie z projektem nowej koncepcji rozwoju Marynarki Wojennej Rzeczypospolitej z roku 2012, jednym z programów w obszarze przetrwania i ochrony wojsk jest pozyskanie nowoczesnych jednostek pływających (wśród nich niszczycieli min), które wyposażone być mają w zupełnie nową, 35 mm armatę KDA. W tym samym roku podpisano umowę i uruchomiony został projekt pt. „35 mm automatyczna armata morska KDA z zabudowanym na okręcie systemem kierowania ogniem wykorzystującym Zintegrowaną Głowicę Śledzącą ZGS-158 wykonaną w wersji morskiej wraz ze stanowiskiem kierowania ogniem”. Na zlecenie NCBiR w wyniku realizacji umowy ma powstać demonstrator technologii systemu armaty morskiej, co sprawiło, że do projektu przystąpiło

konsorcjum, w skład którego weszli przedstawiciele przemysłu, nauki i marynarki wojennej. Przedmiotowa armata była już wyrobem znanym na polskim rynku, gdyż w roku 1995 Polska zakupiła licencję na 35 mm armaty KDA od firmy Oerlikon Contraves AG. Po adaptacji dokumentacji licencyjnej Huta Stalowa Wola uruchomiła produkcję tej armaty, a wyrób przeszedł badania i otrzymał certyfikat zgodności z licencją wystawiony przez firmę Oerlikon Contraves AG. 35 mm armata KDA, w wersji dla marynarki przeznaczona jest do instalacji w systemach obrony okrętu do zwalczania celów powietrznych, nawodnych i naziemnych. W ten sposób od marca br. korweta ORP „Kaszub” jest nosicielem pierwszego egzemplarza tego typu uzbrojenia, którego eksploatacja wymagać będzie wielu nowych zabiegów i stanowić będzie zupełnie nowe doświadczenie w eksploatacji armat tego kalibru.

## Problemy związane z eksploatacją luf

Każdemu wystrzałowi z broni palnej towarzyszy szkodliwe działanie gazowych produktów powybuchowych na materiał lufy, które powoduje jego niszczenie. Proces ten określany jest mianem erozyjnego oddziaływania gazów prochowych. Mieszanie tych gazów stanowią aktywne chemicznie cząsteczki, które silnie reagują z otoczeniem. Niszczenie materiału lufy

Dr inż. Artur Cywiński, dr Mirosław Chmieliński – Akademia Marynarki Wojennej.

Autor korespondencyjny/Corresponding author: a.cywinski@amw.gdynia.pl

polega na tym, że powierzchnia przewodu lufy początkowo gładka i wypolerowana staje się najpierw matowa, a następnie szorstka i przy dalszej eksploatacji pokrywa się drobnymi pęknięciami i rysami. Te defekty początkowo niezauważalne, tworzą coś w rodzaju siatki pęknięć. W miarę wzrostu liczby strzałów pęknięcia pogłębiają i rozszerzają się. To pogłębianie i rozszerzanie pęknięć w dużym stopniu jest ukierunkowane wzdłuż osi przewodu lufy, tj. zgodnie z kierunkiem ruchu gazów powybuchowych i pocisków. Szczególnie duża koncentracja siatki pęknięć obserwowana jest w obszarze stożka przejściowego oraz nieco mniejszą w części wylotowej lufy. Efekt erozyjnego oddziaływania gazów prochowych może doprowadzić do wzrostu średnicy przewodu lufy. Występujący na skutek erozji wzrost średnicy przewodu lufy w obszarze stożka przejściowego prowadzi do wzrostu objętości komory nabojeowej, zaś wzdłuż całego przewodu lufy pogorszenie współpracy części wiodącej pocisku z powierzchnią przewodu lufy. W konsekwencji następuje obniżenie gęstości ładowania i pogorszenie szczelności układu lufa - pocisk, co w rezultacie prowadzi do obniżenia ciśnienia maksymalnego i prędkości początkowej pocisku. W lufie 35 mm KDA, która jest gwintowana nieprawidłowe prowadzenie pocisku może powodować dodatkowo ścinanie pierścienia wiodącego. Pocisk nie otrzymuje wówczas wymaganej prędkości obrotowej i pogarszają się warunki stabilizacji w początkowej fazie jego ruchu na torze, co prowadzi do zwiększonego rozrzutu balistycznego. Te wszystkie czynniki powinny być cały czas monitorowane gdyż mają one zasadniczy wpływ a żywotność lufy. Podczas każdego strzału, w czasie od kilku do kilkudziesięciu milisekund, powierzchnia przewodu lufy narażona jest na oddziaływanie mieszaniny gazowych produktów wybuchu o temperaturze (1700÷3200 °C) i wysokiego ciśnienia (150÷700 MPa) [1], których gęstość jest porównywalna z gęstością wody w warunkach normalnych. W odróżnieniu od innych armaty artyleryjskie charakteryzują się największymi prędkościami początkowymi pocisku, która dla 35mm KDA waha się od 1130m/s (dla naboju z pociskiem TP-T) aż do ponad 1450m/s (dla naboju podkalibrowych FAPDS-T Frangible Armour Piercing Discarding Sabot). Przodują tutaj właśnie armaty automatyczne o kalibrach od 20 do 40 mm, które charakteryzują się ponadto dużą szybkostrzelnością dochodzącą do 1000 strzałów na minutę.

Można zatem przyjąć, że głównymi przyczynami erozji są:

- wysoka temperatura i wysokie ciśnienie mieszaniny gazowych produktów spalania;
- reakcje chemiczne materiału lufy ze składnikami mieszaniny gazowych produktów spalania, materiału miotającego, wzmacniaczy (podsypek) i spłonki zapalającej;
- współpraca pierścienia wiodącego pocisku z gwintem lub z powierzchnią przewodu lufy (w przypadku broni gładkolufowej), w tym duże odkształcenia plastyczne pierścienia wiodącego w obszarze stożka przejściowego (wcinanie się pierścienia wiodącego);
- topnienie powierzchni pierścienia wiodącego i związana z tym dyfuzja materiału pierścienia w głąb ścianki lufy oraz przepływ powybuchowych produktów spalania przez nieszczelności między lufą a pociskiem.

Początkiem procesu zużywania się przewodu lufy jest pojawienie się siatki wypaleń. Siatka wypaleń jest to bardziej lub mniej rozwinięta siatka mikropęknięć powierzchniowych, które pogłębiają i rozszerzają się wraz ze wzrostem ilości wystrzałów. Te mikropęknięcia, podczas długoletniej eksploatacji łączą się i tworzą niebezpieczne pęknięcia. W wyniku współdziałania miedzianego pierścienia wiodącego pocisku ze ściankami lufy i gazami prochowymi na powierzchni przewodu osadza się miedź. W przewodzie lufy miedź osadza się nierównomiernie, tworząc strefy zamiedzenia.

Wszystkie powyższe procesy te zachodzą w lufie w przeciągu jej całego tzw. „życia balistycznego”, lecz ich rola w różnych

okresach życia jest różna. Zazwyczaj uważa się, że jeżeli zużyta lufa powoduje obniżenie prędkości początkowej o 10% w stosunku do prędkości tabelarycznej to powinna być wycofana z dalszej eksploatacji [2]. Obok automatu bez wątpienia to właśnie lufa jest elementem armaty, który wymaga największych zabiegów eksploatacyjnych zapewniających bezpieczne użytkowanie całego systemu artyleryjskiego. Żywotność lufy w procesie jej eksploatacji odgrywa bardzo istotną rolę ze względów taktycznych, ale także ekonomicznych, a koszt wykonania lufy rozkłada się na ilość strzałów, która może być oddana w czasie rezerwu eksploatacyjnego lufy.

Wieloletnie doświadczenia potwierdziły, że w przeważającej większości przypadków o żywotności lufy decyduje właśnie jej żywotność erozyjna. Przyjmuje się zatem, że umiejętność prognozowania zużycia erozyjnego lufy, a co za tym idzie i jej żywotności erozyjnej, będzie przydatna z jednej strony do oceny aktualnego stanu zużycia lufy, zaś z drugiej strony do określania jej rezerwu eksploatacyjnego.

Właściwe zabiegi logistyczne jakich wymaga lufa artyleryjska, wymagają skutecznego, kompleksowego i rzetelnego określenia jej stanu technicznego. Tu z pomocą przychodzi nowa metoda badania do jakich należy metoda wizualna za pomocą wideoendoskopu, która może być niezwykle pomocna przy diagnostyce luf artyleryjskich. Ta metoda pozwala na bezpośrednią diagnostykę tego co dzieje się we wnętrzu lufy i bez konieczności jej demontażu w miejscu jej dyslokacji. Uzyskane w ten sposób informacje mogą mieć zasadniczy wpływ na dalszy przebieg jej eksploatacji, ale tylko wówczas gdy uzyskane obrazy wnętrza lufy zostały właściwie zinterpretowane.

Praktyka wskazuje wiele przypadków, w których pomimo zachowanych norm i dopuszczeniu sprzętu do eksploatacji, miały miejsca wypadki. W wyniku czynników, o których mowa powyżej, następowało wiele rodzajów uszkodzeń tj. np. rozdęcie lufy, rozerwanie lufy zaklinowanie pocisku w lufie, eksplozja pocisku w lufie itp. W wielu z tych przypadków oprócz uszkodzenia sprzętu i konieczności wyłączenia go z eksploatacji, dochodziło do wypadków, w których ucierpiała obsługa armaty.

Panujące podczas wystrzału gradienty ciśnienia i temperatury są czynnikami, które powodują bardzo gwałtowne reakcje i z reguły nie dają jakichkolwiek wcześniejszych oznak, które mogłyby sugerować, że może dojść do uszkodzenia (wypadku) z udziałem lufy. Tak więc można zaryzykować stwierdzenie, że mamy do czynienia z sytuacją, gdzie jeden z najtańszych i najprostszych elementów jakim jest lufa ma największe znaczenie na bezpieczeństwo eksploatacji całego systemu artyleryjskiego.



Rys. 1. Przykładowe defekty luf artyleryjskich małego kalibru  
Fig. 1. The examples of defects of small caliber artillery barrels

## Badania powierzchni techniką wideoendoskopową

Podstawą bezpiecznej eksploatacji każdego rodzaju sprzętu, w tym armat jest dokonywanie jego przeglądu,

a w tym diagnostyki. Podstawowym założeniem diagnostyki jest dokonanie oceny stanu technicznego badanego obiektu bez konieczności ingerencji w jego budowę i wzajemne połączenia z innymi podzespołami – badanie nie powoduje zniszczenia obiektu, a jego stan, pomimo przeprowadzenia badania, nie zmienia się. Badania nieniszczące (Non-Destructive Testing – NDT) luf armat zarówno gwintowanych, jak i gładkolufowych, są rodzajem badań, w wyniku których, bez wpływu na własności strukturalne i powierzchniowe luf, oceniony zostaje ich stan techniczny. Badania te pozwalają w sposób jednoznaczny określić na ile element poddany testom spełnia jeszcze stawiane mu wymagania i czy może być dalej bezpiecznie eksploatowany. Jedną z metod NDT wykorzystywanych w badaniach luf jest metoda wizualna. Badania wizualne to najstarsza i najbardziej rozpowszechniona metoda kontroli. Badania takie przeprowadza się okiem nieuzbrojonym, bądź z wykorzystaniem specjalistycznych przyrządów optycznych – endoskopów. Technika endoskopowa, która jako bezdemontażowa realizacji przeglądu wizualno-optycznego, pozwala na badanie przestrzeni luf armat, wewnętrznych przy wykorzystaniu takich przyrządów wzornikowych jak endoskopy (boroskopy, fiberoskopy czy wideoendoskopy). Badania endoskopowe pozwalają na szybką i wnikliwszą ocenę stanu technicznego uzbrojenia i jako badania nieniszczące służą wykryciu przyczyn awarii lub uszkodzenia sprzętu, jak również wczesnemu wyeliminowaniu przyczyn niesprawności. W wielu przypadkach obejrzanie lufy dokładnie gołym okiem staje się bez demontażu po prostu niemożliwe.



rys. 2. Wideoendoskop do badań wewnętrznych powierzchni luf  
Fig. 2. The videoendoscope for inspection of inner surfaces of barrel

W Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni w Laboratorium Broni Rakietowej i Artylerii, od roku 2013 funkcjonuje stanowisko szkolno – badawcze przeznaczone do badań nieniszczących luf armat morskich metodą wizualną za pomocą endoskopowego badania powierzchni wewnętrznych luf. Stanowisko szkolno-badawcze do badań luf armat morskich,

wyposażone zostało w urządzenie diagnostyczne do oceny ich stanu technicznego za pomocą wideoendoskopu.

Stanowisko dodatkowo wyposażono w urządzenie przeznaczone do czyszczenia przewodu lufy. Właściwe przygotowanie powierzchni wewnętrznej lufy do badań polega na usunięciu zanieczyszczeń, smarów, produktów korozji, itp. w taki sposób, aby nie została naruszona pierwotna postać tej powierzchni lub przynajmniej nie zostały zamaskowane (zakryte) takie wady powierzchniowe, które powinny być wykryte w czasie badań, pozwala to na zwiększenie wiarygodności prowadzonych badań i stawianych wniosków. Wyposażenie poszczególnych elementów stanowiska oraz wymagania i sposób działania prezentowano w innych publikacjach [3,4].

Mając na uwadze problemy wynikające z diagnostyką luf oraz ich właściwą eksploatacją, w AMW opracowano procedury badawcze pozwalające na przeprowadzanie diagnostyki luf. 35 mm morskiej armaty KDA.

#### Cel procedury

Celem jest przeprowadzenie badań nieniszczących 35 mm lufy armaty morskiej KDA techniką diagnostyczną badania endoskopowego i wykonaniem oględzin powierzchni wewnętrznych luf. Podczas badania ocenie podlegają w szczególności:

- pęknięcia, rysy oraz ubytki materiału;
- intensywność procesów zanieczyszczenia i zużycia przewodu lufy;
- występowanie lokalnych ogniw korozji oraz erozji powierzchniowej lufy.

#### Zakres stosowania

Badanie pozwala na ocenę zgodności z wymaganiami konstrukcyjno-technicznymi, podanymi w: wstępnych założeniach taktyczno-technicznych (WZTT), założeniach taktyczno-technicznych (ZTT), założeniach technicznych (ZT), warunkach technicznych (WT) oraz inną specyfikacją techniczną przedstawioną przez producenta. Do badań wykorzystuje się zestaw diagnostyczny – wideoendoskop IPLEX LX. W endoskopach IPLEX LX zastosowana technologia umożliwia nawigację sondy dzięki sztywności i elastyczności, a zwiększona sztywność 8.5 mm sondy pozwala na łatwe wprowadzenie sondy na dużą głębokość przewodu luf armat morskich bez konieczności użycia prowadnicy, dzięki czemu jest to pożądane rozwiązanie do inspekcji długich luf artyleryjskich.

#### Dokumentacja

Dokumenty do procedury badawczej obejmują cały szereg norm i przepisów z zakresu badań nieniszczących, wizualnych i uzbrojenia.

#### Definicje i oznaczenia

Nomenklaturę stosować należy zgodnie z zawartymi w stosowanych normach.

#### Odpowiedzialność

Osoby odpowiedzialne za stosowanie procedury to:

- kierownik laboratorium badawczego;
- uprawniony personel, któremu zlecono przeprowadzenie badania endoskopowego.

#### Wymagania dla personelu wykonującego badania

Przeprowadzenie badań „diagnostyki endoskopowej luf armat morskich” mogą wykonać:

- osoby posiadający wykształcenie techniczne oraz doświadczenie w pracy zawodowej min 3 lata z uzbrojeniem;
- żołnierze zawodowi lub rezerwy, którzy przeszli szkolenia





**Rys. 3.** System czyszczący do luf oparty na wibrująco – pneumatyczne szczotki czyszczącej VPB wraz z zestawem szczotek  
**Fig. 3.** The cleaning system for barrels is based on a Vibrating Pneumatic Brush VPB with a set of brushes

w zakresie bezpiecznego posługiwania się z uzbrojeniem artyleryjskim zgodnie z przepisami i regulaminami;

- posiadający doświadczenie w prowadzeniu badań endoskopowych;
- posiadający wiedzę z zakresu badań diagnostycznych Sprzętu Wojskowego (SpW);
- zostały zapoznane z warunkami bezpieczeństwa wykonywania badania oraz odpowiedzialnością prawną.

Wiarygodność i skuteczność badań nieniszczących zależy w dużej mierze od wiedzy, umiejętności i doświadczenia personelu, który je wykonuje. Najlepiej, gdy nabywanie wiedzy i umiejętności realizowane jest niezależnej jednostce szkoleniowej, a proces kwalifikowania personelu zwięźzony zostaje certyfikacją zgodnie z EN ISO 9712:2012 „Badania nieniszczące – Kwalifikacja i certyfikacja personelu badań nieniszczących”. Personel powinien być zatem egzaminowany w Ośrodku Certyfikacji, który egzaminuje, kwalifikuje i certyfikuje personel badań nieniszczących wg PN-EN ISO 9712, w zakresie badań wizualnych VT. Proces certyfikacji personelu składa się więc z nabywania wiedzy, umiejętności i doświadczenia w wykonywaniu czynności kontrolnych i badawczych oraz wykazania się zdolnością właściwego widzenia i potwierdzenia właściwego przeprowadzenia badań – egzaminu kwalifikacyjnego. W systemie kwalifikowania i certyfikowania personelu badań nieniszczących, którego wymagania podają najnowsze, już międzynarodowe normy EN ISO/IEC 17024:2012 oraz EN ISO 9712:2012 wskazana została rola i odpowiedzialność, jaką ponosi jednostka certyfikująca personel badań nieniszczących.

#### Środki ostrożności

Wymagana profilaktyka zapewniająca bezpieczeństwo

zawarta jest w:

- instrukcjach BiHP urządzeń w laboratorium oraz badanego SpW;
- instrukcji o zasadach i organizacji przechowywania oraz konserwacji uzbrojenia i sprzętu wojskowego DD/4.22.8 (pkt. 1.4.11. Przepisy bhp, ppoż. i ochrony środowiska w procesie przechowywania SpW);
- instrukcji zarządzania eksploatacją uzbrojenia i sprzętu wojskowego w Siłach Zbrojnych RP Zasady ogólne DD/4.22.13 (pkt. 7.4. Bezpieczeństwo i higiena pracy);
- zasadach oceny stanu technicznego uzbrojenia i sprzętu wojskowego w Siłach Zbrojnych RP. Zasady ogólne DD/4.22.12 (pkt. 3.8. Przestrzeganie przepisów i uregulowań w zakresie bezpieczeństwa użytkowania UiSW).

#### Wypożyczenie wykorzystywane do badań

Stanowisko endoskopowej diagnostyki luf armat morskich jest wyposażone w urządzenie diagnostyczne wideoendoskop IPLEX LX. Urządzenie pozwala na wykorzystanie metody nagrywania video prowadzonych badań oraz rejestrowania zdjęć przewodu lufy armaty morskiej o kalibrze 35 mm.

#### Opis sposobu wykonania badania

Właściwe przygotowanie powierzchni wewnętrznej luf armat morskich do badań polega na:

- usunięciu zanieczyszczeń, smarów, produktów korozji itp. w taki sposób, aby nie została naruszona pierwotna postać tej powierzchni lub przynajmniej nie zostały zamaskowane (zakryte) takie wady powierzchniowe, które powinny być wykryte w czasie badań;
- wymagane jest, by odbywały się w atmosferze wolnej

- od kurzu, brudu i opadów atmosferycznych;
- wyklucza się obecność gazów agresywnych – ujemnie wpływających na układy optyczne oraz palnych i wybuchowych.

### Rejestracja wyników pomiarów

Zbieranie danych odbywa się jest dzięki zaawansowanym funkcjom endoskopu dostępnym w zasięgu dłoni operatora tj. między innymi udoskonalanie obrazu, przyciski nagrywania i różne opcje pomiarów i pozwalają na wykonywanie pionspekcyjne po powrocie z miejsca inspekcji oraz od archiwizacji obrazów do pomiaru usterek i zarządzania obrazem na komputerze. W celu łatwiejszej archiwizacji obrazów można szybko zidentyfikować miejsce lub wynik inspekcji za pomocą tytułu. Oprogramowanie umożliwia zarządzanie danymi obrazów oraz precyzyjne pomiary obiektów na zarejestrowanych obrazach. Jest to narzędzie dla użytkowników dokonujących ponownych pomiarów lub sprawdzających zapisane wyniki pomiarów. Oprogramowanie umożliwia przetwarzanie informacji i tworzenie raportu, w celu sprawnego przygotowania sprawozdania z badania.

### Dokumentacja z badań

Podczas wykonywania badań prowadzone są zapisy w protokole badań zawierające identyfikację próbek, datę otrzymania, szkice próbek, oznaczenia zdjęć lub plików w komputerze. Dane, podpis wykonawcy i inne zapisy wy-

konuje się zgodnie ze wzorem. Z przeprowadzonej oceny prowadzona jest na bieżąco archiwizacja wyników badań w postaci plików danych w określonym miejscu dysku komputera współpracującego z endoskopem. Otrzymane wyniki badań stanowią podstawę opracowania sprawozdania z badań według zasad zawartych w procedurze ogólnej.

Z przeprowadzonych badań sporządza się sprawozdanie, które w razie potrzeby może być rozszerzone o archiwizowane dane fotograficzne.

Pełny cykl badań wizualnych (Visual Testing – VT) obejmuje:

- zapoznanie się z badanymi lufami armat oraz wymaganiami jakościowymi,
- przygotowanie powierzchni do badań,
- doboru odpowiedniej aparatury oraz sprawdzenie wyposażenia badawczego,
- przeprowadzenia badania i archiwizacja danych,
- bieżąca (lub w procesie post-processingu) obróbka danych,
- wnioskowanie oraz sporządzenie sprawozdania.

Technika wideoendoskopowa, choć dosyć prosta wymaga od operatora szeregu zabiegów, które w połączeniu z jego doświadczeniem mogą dopiero dać zamierzony efekt w postaci wiarygodnych badań wnętrza lufy, a te pozwolą na podjęcie dalszych, logistycznych działań zapewniających bezpieczną jej eksploatację. Oddzielnym zagadnieniem pozostaje nadal interpretacja uzyskanych wyników.

---

## Wnioski

1. Badania z wykorzystaniem wideoendoskopu mogą być wykonywane w dowolnym momencie eksploatacji lufy, co pozwala ją monitorować przez cały czas jej życia. Jest to o tyle istotne, że lufa o kalibrze 35 jest po raz pierwszy eksploatowana w MW RP.
2. Stosowane dotychczas badania endoskopowe w pełni mogą być wykorzystywane do diagnostyki 35 mm armat KDA.
3. Eksploatacja tych luf daje nam okazję zaobserwować co tak naprawdę dzieć się będzie z lufą tego kalibru:
  - jak na nią wpłynie wzrost liczby wystrzałów?
  - na ile nastąpi zużycie lufy?
  - która jej część zużywać się będzie najszybciej?
  - jak na lufę wpłynie oddziaływanie wody morskiej?
  - jakie rodzaje erozji będą dominować, etc.
4. Badania wideoendoskopowe, choć z pozoru bardzo proste, niosą za sobą szereg problemów, o których należy pamiętać w całym procesie diagnostyki luf i ich logistycznego zabezpieczenia, a przeprowadzenie badań diagnostyki endoskopowej wymaga od operatora odpowiednich kwalifikacji i dużego doświadczenia w zakresie analizy i precyzowania wniosków z badań gdyż ma to kluczowe znaczenia w dalszej bezpiecznej eksploatacji całej armaty.
5. Brak jest jednoznacznych zapisów, w tym norm, pozwalających określić na ile określony defekt może być przyczyną wyłączenia z eksploatacji danej lufy. W przypadku większości luf eksploatowanych w Wojsku Polskim określa się to w oparciu o przewidzianą dla lufy dopuszczalną liczbę wystrzałów. Przekroczenie tego wskaźnika decyduje o dalszym wyłączeniu lufy z eksploatacji.
6. Wstępne doświadczenia wykazują, że zmiany w lufach 35 mm zachodzić już mogą po 300-400 wystrzałach, a zwłaszcza przy przekroczeniu dopuszczalnego „reżimu ognia” – ilości wystrzelonych pocisków w serii.
7. Dodatkowo występuje zbyt duża liczba innych czynników w okresie eksploatacji lufy mających wpływ na przebieg jej życia. Ten stan rzeczy tym bardziej skłaniać powinien w procesie logistycznego zabezpieczenia luf do sięgania po nowe możliwości diagnozowania ich stanu jakimi jest endoskopia.

## Literatura

- [1] M. Radomski: Obliczenia balistyczne, Projekt wstępny naboju kal. 35 mm x 228 z pociskiem APDS”, maszynopis, IMiK PW, Warszawa 1996.
- [2] M. Budnikow, N.Lewkowicz, J. Bystrow, W. Sirotyński: Materiały wybuchowe i elaboracja, MON, Warszawa 1975.
- [3] T. Pagacz, Sz. Kubisiak, M. Chmieliński: Wybrane aspekty poprawy bezpieczeństwa eksploatacji luf armat morskich”, Logistyka 6/2014.
- [4] A. Cywiński, M. Chmieliński: Badania endoskopowe luf armat czarnopowłokowych jako element bezpieczeństwa eksploatacji w ich procesie logistycznym, Gospodarka Materiałowa i Logistyka 6/2016.
- [5] Chmieliński M., Kubisiak Sz., Cywiński A.: Sporządzenie ekspertyz i opinii technicznych w oparciu o badania wizualne luf artyleryjskich, Przegląd Spawalnictwa 2015, Vol. 87, nr 12.
- [6] Chmieliński M., Kubisiak Sz.: Nowoczesne badania nieniszczące luf armat morskich podstawą bezpieczeństwa eksploatacji techniki wojskowej, Przegląd Spawalnictwa 2014, R. 86, nr 11.