



MODERNIZACJA ŁADUNKU MIOTAJĄCEGO NABOI Z POCISKAMI APFSDS-T-TP WYSTRZELIWANYCH z 120mm ARMATY CZOŁGU LEOPARD 2

UPGRADES OF PROJECTING CHARGE FOR APFSDS-T-TP AMMUNITION FIRED WITH 120 MM GUN OF LEOPARD 2 TANK

Tadeusz KUŚNIERZ

Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia, ul. Wyszyńskiego 7, 05-220 Zielonka
Military Institute of Armament Technology, 7 Wyszynski St., 05-220 Zielonka, Poland
Author's e-mail address: kusnierzt@witu.mil.pl

DOI 10.5604/01.3001.0012.6811

Streszczenie: Będące na wyposażeniu Wojska Polskiego naboje z pociskami APFSDS-T-TP (produkcji krajowej) do 120 mm armat czołgów LEOPARD 2, podczas badań certyfikacyjnych, nie spełniły wymagań Normy Obronnej NO-13-A513 w zakresie odporności na drgania przypadkowe występujące podczas transportu taktycznego amunicji w czołgu. Przeprowadzone badania wykazały, że aby spełnić wymagania Normy konieczna jest modernizacja układu zapłonowego, która wymaga również zmiany konstrukcji ładunku miotającego naboju z pociskami APFSDS-T-TP. W artykule omówiono prace badawczo-konstrukcyjne nad modernizacją układu zapłonowego naboju wystrzeliwanych ze 120 mm armaty czołgu LEOPARD 2. Przedstawiono konstrukcję dotychczasowego i zmodernizowanego układu zapłonowego, oraz zmiany konstrukcyjne ładunków miotających, a także wyniki badań balistycznych i funkcjonowania naboju.

Słowa kluczowe: pociski APFSDS-T-TP, układ zapłonowy, ładunki miotające, badania balistyczne

1. Wstęp

Do szkolenia załóg czołgów LEOPARD 2 w zwalczaniu celów punktowych (czołgi, wyrzutnie ppk itp.) używane są naboje z ćwiczebnym pociskiem podkalibrowym APFSDS-T-TP. Maksymalna donośność tych pocisków wyno-

Abstract: APFSDS-T-TP ammunition of home production for 120 mm gun of LEOPARD 2 tank, being on the inventory of the Polish Armed Forces, has not passed the requirements of NO-13-A513 Defence Standard at certification tests against the random vibrations occurring at its tactical transportation inside the tank. Performed tests have indicated that the fulfilment of Standard requirements can be achieved by upgrading the igniting system what also changes the projecting charge design of APFSDS-T-TP ammunition. The paper describes the research-development work on the upgrading of the igniting system for the cartridges used in 120 mm gun of LEOPARD 2 tank. The designs of the existing and upgraded igniting systems are presented both with the designing changes of projecting charges and and performance test results.

Keywords: APFSDS-T-TP projectiles, igniting system, projecting charges, ballistic tests

1. Introduction

Cartridges with APFSDS-T-TP kinetic practicing projectile are used for training the crews of LEOPARD 2 tanks in fighting the strongpoints (tanks, antitank launchers, etc.). Maximal range of these projectiles is

si około 7 km i dlatego strzelania z ich użyciem mogą być prowadzone na poligonach krajowych. Należy zaznaczyć, że przy strzelaniu pociskami podkalibrowymi bojowymi APFSDS-T minimalna długość osi strzelniczej wynosi 25 km. W skład naboju wchodzi pocisk połączony na stałe z łuską, która stanowi osłonę ładunku miotającego. Łuska zbudowana jest z palnego kadłuba, stalowego okucia i papierowej, niepalnej pokrywki, przy pomocy której jest połączona z pociskiem. Okucie łuski zabezpiecza przedział bojowy czołgu przed przedostaniem się do niego gazów prochowych podczas wystrzału. W łusce znajduje się ładunek miotający oraz układ zapłonowy. Zadaniem układu zapłonowego jest niezawodne i równomierne zapalenie ładunku miotającego. Konstrukcja i sposób jego umieszczenia w łusce ma duży wpływ na konstrukcję i pracę ładunku miotającego podczas wystrzału. Układ zapłonowy składa się z zapłonika G UW-7-120 i ładunku zapalającego. Zapłonik, który inicjuje proces wystrzału wkręcony jest centralnie w stalowe okucie łuski i może być pobudzony impulsem elektrycznym, względnie mechanicznie. W amunicji do czołgów LEOPARD zapłoniki (G UW-7-120) są pobudzane tylko impulsem elektrycznym, natomiast w amunicji do czołgów PT-91 stosowane są zapłoniki G UW-7 podwójnego działania (pobudzane elektrycznie lub mechanicznie).

Zakres prac podczas modernizacji ładunku miotającego obejmował:

- prace konstrukcyjne nad zmianą układu zapłonowego dla naboju z pociskami APFSDS-T-TP;
- opracowanie konstrukcji modernizowanych ładunków miotających;
- dobór naważki ładunku zapalającego;
- dobór naważki ładunków miotających;
- badanie naboju ze zmodernizowaną konstrukcją ładunku miotającego na narażenia mechaniczne podczas transportu taktycznego zgodnie z NO-13-A513;
- badania balistyczne naboju;
- badanie wytrzymałości i funkcjonowania naboju w skrajnych temperaturach eksploatacji.

ca. 7.0 km and for this reason they may be fired on the country ranges. It is worth to note that at firing the live APFSDS-T ammunition the minimal length of the firing range has to be 25 km. The cartridge is made from the projectile that is permanently connected with the case creating a cover for the projecting charge. The case is made from a combustible frame, a steel obturation clamp, and a paper incombustible covering plate joining it with the projectile. The obturation clamp of the case prevents the powder gases produced at firing against penetration into the tank crew compartment. The case contains the projecting charge and igniting system. The igniting system is designated to provide a reliable and equal ignition of the projecting charge. Its design and location inside the case significantly affect the structure and operation of the projecting charge at firing. The igniting system consists of G UW-7-120 igniter and the igniting charge. The igniter initiates the process of firing and is screwed axially into the steel obturation clamp of the case and may be detonated by an electric pulse or a mechanic impact. Ammunition for LEOPARD tanks deploys the igniters (G UW-7-120) which may be detonated only by the electric pulse whereas the ammunition for PT-91 tanks uses the igniters G UW-7 of double action (electric or mechanical detonation).

The upgrading of the projecting charge included:

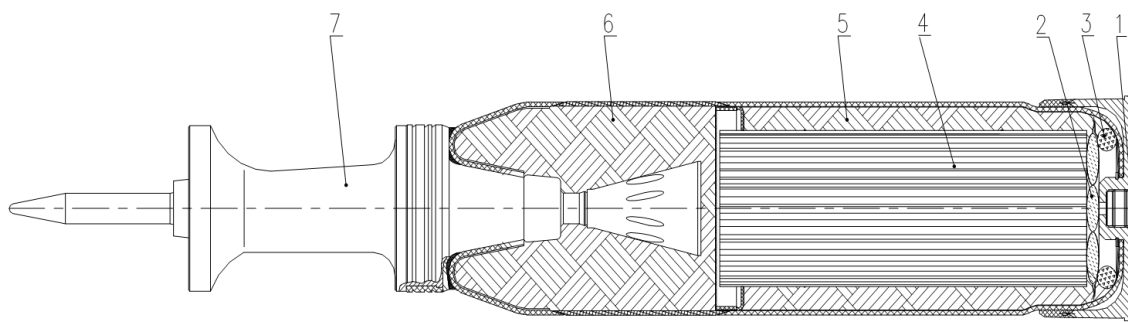
- Designing the changes of the ignition system for cartridges with APFSDS-T-TP projectiles;
- Development of designs for upgraded projecting charges;
- Selecting the igniting charge portion;
- Selecting portion of projecting charge;
- Testing the cartridges with upgraded design of projecting charge against mechanical threats at tactical transportation in line with NO-13-A513;
- Ballistic tests of ammunition;
- Testing the resistance and functionality of ammunition in extreme temperatures of usage.

2. Ładunki miotające naboju z pociskami APFSDS-T-TP. Stan dotychczasowy i modernizacja

W nabojach z pociskami APFSDS-T-TP (produkcji krajowej) do czołgów LEOPARD 2 (rys. 1) układ zapłonowy składa się z zapłonika G UW-7-120 (1), ładunku zapalającego z prochu czarnego (2) oraz przyćmiewacza płomieni z prochu WTCH-20 (3). Proch czarny i przyćmiewacz są w woreczkach umieszczonych w dolnej części stalowego okucia łuski. Przeniesienie ognia od masy zapłonowej na całą objętość ładunku miotającego dolnego oraz zapalenie ładunku miotającego górnego następuje za pośrednictwem wiązki prochu rurkowego (4), która znajduje się w osi kadłuba łuski.

2. Projecting Charges in APFSDS-T-TP Ammunition. Existing Situation and the Upgrades

APFSDS-T-TP ammunition (home production) for LEOPARD 2 tanks (Fig. 1) uses the ignition system consisting of the igniter G UW-7-120 (1), igniting charge made from black powder (2) and a flame reducer made of WTCH-20 powder (3). The black powder and flame reducer are contained in the bags placed in the base part of the case steel obturator clamp. The strands of pipe powder (4) situated along the axis of the case are used to transfer the fire from the igniting stuff to the whole volume of the bottom projecting charge and to fire the upper projecting charge.



Rys. 1. Nabój z pociskiem APFSDS-T-TP i ładunkiem miotającym przed modernizacją:
1 – zapłonnik G UW- 7-120, 2 – ładunek zapalający z prochu czarnego, 3 – przyćmiewacz z prochu WTCh-20, 4 – wiązka prochu rurkowego, 5 i 6 – proch 9/7, 7 – pocisk APFSDS-T-TP

Fig. 1. Cartridge with APFSDS-T-TP projectile and projecting charge before the upgrading:
1 – Igniter G UW- 7-120, 2 – Igniting charge from black powder, 3 – Reducer from WTCh-20 powder, 4 – Strand of the pipe powder, 5 and 6 – 9/7 powder, 7 – APFSDS-T-TP projectile

Przystępując do pracy nad modernizacją układu zapłonowego przyjęto następujące założenia:

1. Zmodernizowany układ zapłonowy będzie się składał: z zapłonika G UW-7-120, pojemnika z ładunkiem zapalającym i elementów mocujących pojemnik do stalowego okucia łuski;
2. Modernizacja układu zapłonowego powinna być przeprowadzona przy minimalnych zmianach konstrukcyjnych okucia łuski;
3. Pojemnik, w którym znajduje się ładunek zapalający powinien go chronić

Following assumptions were taken before upgrading the ignition system:

1. The upgraded ignition system has to contain: G UW-7-120 igniter, a casing with the igniting charge and components fixing the casing to the case steel obturation clamp;
2. The upgrading of the ignition system has to be made at lowest possible structural changes in the case obturation clamp;
3. The casing with the igniting charge has to protect it against the impacts of mechanical threats occurring at testing

- przed oddziaływaniem narażeń mechanicznych, jakie występują podczas badania odporności naboju na transport operacyjny (logistyczny) i taktyczny. Wymagania NO-13-A513, załącznik I do AEP-26, podpunkt 2.1. Oddziaływania mechaniczne;
4. Pojemnik z ładunkiem zapalającym powinien być tak umieszczony w kadłubie łuski, aby zapewnić niezawodny i powtarzalny zapłon ładunku miotającego dolnego w całej objętości;
 5. Elementy metalowe układu zapłonowego nie powinny wystawać powyżej górnej krawędzi okucia łuski;
 6. Układ powinien być hermetyczny, niezawodnie zabezpieczający ładunek zapalający przed wilgocią.

Biorąc powyższe założenia pod uwagę, opracowano model naboju ze zmodernizowanym układem zapłonowym i ładunkiem miotającym, który przedstawiono na rys. 2. W nowym układzie pojemnik na ładunek zapalający składa się z rurki (4) wykonanej z papieru nitrocelulozowego, zamkniętej z jednej strony pokrywką, a z drugiej połączonej na stałe ze stalową tulejką z kołnierzem (3). Długość rurki papierowej stanowi około 80% długości wiązki prochu rurkowego w dotychczasowej konstrukcji ładunku miotającego. Pojemnik jest przymocowany centralnie, do dna okucia łuski przy pomocy nakrętki (5), nakręcanej na obudowę zapłonika. Ładunek zapalający (2) jest wykonany z prochu PB-4KN. Ładunek miotający (dolny i górny) jest z prochu drobnziarnistego 9/7.

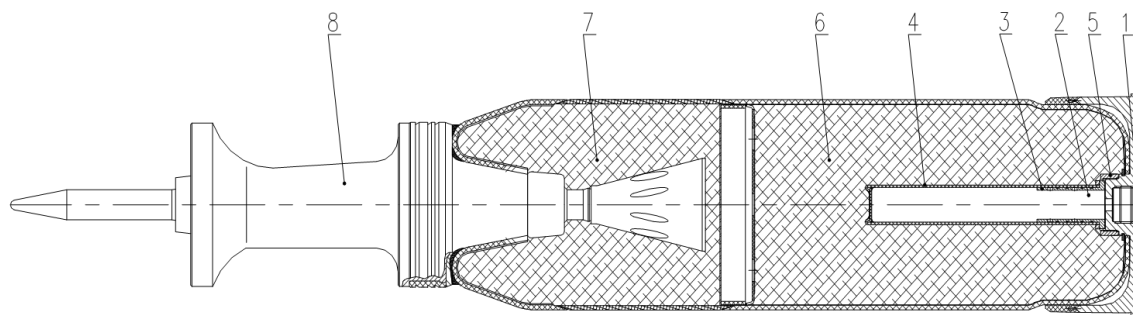
W celu oceny skuteczności i celowości wprowadzonych zmian konstrukcyjnych do układu zapłonowego i ładunku miotającego, zgodnie z wymaganiami Normy Obrony NO-06-105 przeprowadzono badania typu. Przed przystąpieniem do badań typu przeprowadzono badania wytrzymałościowe na zgodność z NO-13-A513, które wykazały, że naboje ze zmodernizowanym układem zapłonowym i ładunkiem miotającym spełniają wymagania w tym zakresie.

the resistance of the cartridges to the operational (logistic) and tactical transportation. Requirements NO-13-A513, Annex I to AEP-26, subclause 2.1. Mechanical impacts;

4. The casing with the igniting charge has to be placed within the case in a way which provides a reliable and repeatable ignition of the bottom projecting charge within its whole volume;
5. Metallic components of igniting system have not to protrude beyond the upper edge of case obturation clamp;
6. The system has to be airtight to protect reliably the igniting charge against the moisture.

Considering the conditions mentioned above a model of the cartridge was prepared with the upgraded ignition system and projecting charge which is presented in Fig. 2. In the new layout the casing for the igniting charge consists of a pipe (4) made from a nitrocellulose paper that is terminated from one side by a flat cap and from the other side permanently connected to a steel sleeve with the collar (3). The length of the paper pipe stands for ca. 80% of the pipe powder strands length in existing design of the projecting charge. The casing is fixed to the central part of the case obturation clamp by a nut (5) screwed into the body of the igniter. The igniting charge (2) is made from PB-4KN powder. The projecting charge (bottom and upper) is made of fine grain powder 9/7.

Categorisation Tests were carried out according with the requirements of NO-06-105 Defence Standard in order to assess the effectiveness and reasons for introduction of designing changes into the igniting system and the projecting charge. Before the categorisation tests the strength tests were performed for the conformity with NO-13-A513 which have proved that the cartridges with the upgraded ignition system and projecting charge meet the respective requirements.



Rys. 2. Nabój z pociskiem APFSDS-T-TP i zmodernizowanym ładunkiem miotającym:
1 – zapłonnik G UW-7-120, 2 – ładunek zapalający z prochu PB-4KN, 3 – tulejka, 4 – rurka z tektury NC-C, 5 – nakrętka, 6 – ładunek dolny z prochu 9/7, 7 – ładunek górny z prochu 9/7, 8 – pocisk APFSDS-T-TP

Fig. 2. Cartridge with APFSDS-T-TP projectile and upgraded projecting charge:
1 – Igniter G UW-7-120, 2 – Igniting charge from PB-4KN powder, 3 – Sleeve, 4 – Pipe from cardboard NC-C, 5 – Nut, 6 – Bottom charge of 9/7 powder, 7 – Upper charge of 9/7 powder, 8 – APFSDS-T-TP projectile

3. Badania typu naboju z pociskami APFSDS-T-TP ze zmodernizowanym ładunkiem miotającym

Program badań typu przewidywał przeprowadzenie badań technicznych oraz badania strzelaniem naboju z pociskami APFSDS-T-TP do czołgów LEOPARD 2. Podczas badań technicznych sprawdzono czy przewidziane do badań typu naboje są wykonane zgodnie z Warunkami Technicznymi na wykonanie i odbiór naboju z pociskami APFSDS-T-TP ze zmodernizowanym ładunkiem miotającym.

Natomiast w czasie badań strzelaniem sprawdzono:

- parametry balistyczne zmodernizowanego ładunku miotającego;
- wytrzymałość i funkcjonowanie naboju w skrajnych temperaturach eksploatacji;
- parametry skupienie pocisków na tarczy.

3.1. Badanie balistyczne naboju

Do badania użyto naboju termostadowane w komorze w temperaturze 288 K przez 48 h. Wyniki badania zamieszczono w tabeli 1.

Obliczone wartości średnie (dla serii 5 strzałów) prędkości początkowej i ciśnienia (z przyrządów zgmiotowych) sprowadzono do

3. Categorisation Tests for APFSDS-T-TP Ammunition with the Upgraded Projecting Charge

Schedule of categorisation tests required the execution of technical and firing tests with LEOPARD 2 tank APFSDS-T-TP ammunition. During technical tests it was examined if the cartridges planned for categorisation tests are performed according with the Technical Specifications for the workmanship and acceptance of APFSDS-T-TP ammunition with the upgraded projecting charge.

Moreover following questions were examined at the firing tests:

- Ballistic characteristics of the upgraded projecting charge;
- Resistance and operation of cartridges at extreme temperatures of usage;
- Accuracy of hitting pattern on the target.

3.1. Ballistic Tests of Ammunition

Cartridges conditioned for 48 hours in thermostatic chamber at 288 K were used for tests. Test results are included in table 1.

Calculated average values (for a series of 5 shots) for the muzzle velocity and pressure (from the crushers) were recalculated to the

warunków normalnych poprzez uwzględnienie poprawek wynikających ze zmiany objętości swobodnej komory naboju spowodowanej obecnością w naboju dwóch przyrządów zgniotowych o objętości $2 \times 7 \text{ cm}^3$.

normal conditions by considering the corrections caused by changed volume of the free cartridge chamber as the cartridge contained two crushing devices having the volume of $2 \times 7 \text{ cm}^3$.

Tabela 1 / Table 1

Nr strzału/ Shot No	P_{max1} [MPa]	P_{max2} [MPa]	$P_{max \text{ } \acute{s}r}$ [MPa]	P_{max} „piezo” [MPa]	V_0 [m/s]
1	362,3	370,3	366,3	453,8	1723,3
2	383,1	371,5	377,3	455,8	1731,1
3	368,1	362,3	365,2	453,9	1726,4
4	366,9	378,8	372,9	454,1	1721,7
5	386,5	369,2	377,9	460,0	1730,2
Wartości średnie / average values			371,9	455,5	1726,5

Po uwzględnieniu poprawek, parametry balistyczne wynoszą:

After the corrections the ballistic parameters are following:

$$V_{0 \text{ } \acute{s}r} = 1725,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad P_{\text{max } \acute{s}r} = 370,6 \text{ MPa}$$

$$rV_0 = 2,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad \Delta P = -1,8 \% ; \Delta P = +1,6 \%$$

Wymagania dokumentacji konstrukcyjnej:

Specifications of design documentation are:

$$V_{0 \text{ } \acute{s}r} = 1715 \begin{matrix} +22,3 \\ -8,6 \end{matrix} \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad rV_0 \leq 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$P_{\text{max } \acute{s}r} \leq 412 \text{ MPa}, \quad \Delta P \leq \pm 5 \%$$

Parametry balistyczne naboju z pociskiem APFSDS-T-TP, ze zmodernizowanym ładunkiem miotającym spełniają wymagania dokumentacji konstrukcyjnej.

Ballistic characteristics of APFSDS-T-TP ammunition with the upgraded projecting charge meet the specifications of design documentation.

3.2. Badanie wytrzymałości i funkcjonowania naboju

3.2. Testing the Resistance and Functionality of Ammunition

Do badania użyto naboju termostatowanego w komorach o temperaturach: 233, 323 i 336 K przez 48 h. Wyniki badania zamieszczono w tabeli 2.

The cartridges conditioned in a thermostatic chamber within 48 hours at temperature of 233, 323 and 336 K were used for tests. Test results are included in table 2.

Zarówno funkcjonowanie pocisków, jak i zmodernizowanych ładunków miotających nie budzi zastrzeżeń, natomiast funkcjonowanie okucia metalowego łuski jest nieprawidłowe ze względu na przedmuch gazów

Both the operation of projectiles and the upgraded projecting charges do not arise any reservations but the effectiveness of the case metal obturation clamp is not correct as the powder gases blow through in direc-

prochowych w kierunku klina zamkowego (strzał nr 4 w temperaturze 233K), co jest niedopuszczalne zgodnie z WT 01.005-03.

tion of the breech wedged lock (shot No 4 at temperature 233K) what is unacceptable according to WT 01.005-03.

Tabela 2 / Table 2

Nr strzału Shot No	Temp. naboju Temperature of cartridge [K]	P_{max1} [MPa]	P_{max2} [MPa]	$P_{max\ sr}$ [MPa]	V_0 [m/s]	P_{max} „piezo” [MPa]	Funkcjonowanie okucia Effectiveness of obturation clamp	Funkcjonowanie pocisku Effectiveness of projectile	Funkcjonowanie ładunku miotającego Effectiveness of projecting charge
1	233	<280	285,7	285,7	1681,5	418,0	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
2		282,6	280,4	281,5	1675,5	421,4	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
3		294,2	294,2	294,2	1691,8	425,8	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
4		285,7	288,1	286,9	1688,8	422,9	przedmuch gazów/ Gases blowing through	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
5		<280	280,8	280,8	1674,5	–	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
6		283,7	282,4	283,0	1664,3	417,6	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
7		<280	285,1	285,1	1672,8	415,4	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
8		<280	282,4	282,4	1673,0	414,4	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
9		286,4	304,7	295,5	1683,5	–	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
10		<280	281,9	281,9	1653,5	399,1	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
1	323	434,2	434,2	434,2	1793,2	491,0	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
2		437,1	441,3	439,2	1759,9	495,0	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
3		434,1	440,6	437,4	1770,5	496,0	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
4		430,1	437,1	433,6	1755,5	487,0	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
5		434,2	430,1	432,2	1758,0	488,0	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
1	336	460,9	473,5	467,2	1788,1	513,7	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
2		455,7	463,6	459,7	1790,5	513,7	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
3		465,1	463,7	464,4	1781,0	520,0	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
4		456,7	460,9	458,8	1787,0	515,0	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
5		442,6	453,1	447,9	1782,1	505,0	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct

Wprawdzie zmiana konstrukcji ładunku miotającego nie powinna mieć negatywnego wpływu na pracę okucia, decyzją Komisji nadzorującej badania typu, strzelanie nabojami termostatowanymi w temperaturze 233 K, postanowiono powtórzyć na podwójnej ilości naboji. Wyniki z powtórnego badania wytrzymałości i funkcjonowania naboji zamieszczono w tabeli 3.

As the changes of the projecting charge should not cause any negative impact on the operation of the obturation clamp then the Commission surveying the categorisation tests decided to repeat the firings with the doubled number of ammunition conditioned at 233 K. Results of repeated tests on resistance and functionality of ammunition are shown in table 3.

Tabela 3 / Table 3

Nr strzału Shot No	Temp. naboju Temperature of cartridge [K]	$P_{\max 1}$ [MPa]	$P_{\max 2}$ [MPa]	$P_{\max sr}$ [MPa]	P_{\max} „piezo” [MPa]	V_0 [m/s]	Funkcjonowanie okucia Effectiveness of obturation clamp	Funkcjonowanie pocisku Effectiveness of projectile	Funkcjonowanie ładunku miotającego Effectiveness of projecting charge
1	233	-	269,4	269,4	412,9	1669,4	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
2		261,0	-	261,0	408,0	1671,3	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
3		-	262,3	262,3	414,2	1678,0	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
4		-	261,3	261,3	415,4	1685,6	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
5		270,2	274,6	272,4	414,1	1676,1	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
6		265,3	271,2	268,2	411,2	1674,1	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
7		-	260,5	260,5	419,0	1685,5	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
8		-	260,0	260,0	416,2	1682,9	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
9		261,0	272,1	266,5	414,5	1681,5	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
10		260,0	260,0	260,0	419,5	1686,1	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
11		275,6	275,1	275,2	419,2	1685,5	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
12		-	270,0	270,0	418,1	1680,3	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
13		-	277,0	277,0	413,3	1674,6	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
14		267,9	260,9	264,1	413,7	1678,0	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
15		275,6	268,7	272,1	424,6	1687,5	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
16		275,1	268,2	271,7	417,7	1681,4	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
17		272,6	261,3	267,0	415,8	1681,7	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
18		260,9	269,7	265,3	416,3	1683,8	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
19		268,2	262,8	265,5	419,5	1682,0	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct
20		272,1	-	272,1	416,6	1681,3	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct	prawidłowe Correct

Wytrzymałość i funkcjonowanie wszystkich zespołów naboju z pociskiem APFSDS-T-TP i zmodernizowanym ładunkiem miotającym wystrzelonych podczas powtórnych badań nie budziło zastrzeżeń.

3.3. Badanie skupienia

Do badań skupienia przygotowano 7 naboju termostatowanych w komorze o temp. 288 K przez 48 h. Strzelanie prowadzono do tarczy ustawionej w odległości 1000 m od 120 mm armaty zamocowanej na stendzie. Uzyskane wyniki zestawiono w tabeli 4.

The strength and operation of all parts of APFSDS-T-TP ammunition with the upgraded projecting charge did not arise any reservations at the secondary tests.

3.3. Testing the Accuracy Pattern

The accuracy pattern was tested by 7 rounds conditioned for 48 hours at temperature of 288 K. The firing was carried out from 120 mm gun fixed on a stand to the target placed at the distance of 1000 m. Received results are shown in table 4.

Tabela 4 / Table 4

Nr strzału <i>Shot No</i>	V_0 [m/s]	P_{max} „piezo” [MPa]	X [m]	Y [m]	Uwagi / Notes
0	1704,5	437,5	-	-	strzał rozgrzewczy <i>Heating shot</i>
1	1717,2	432,8	-0,10	-0,45	
2	1709,8	434,0	-0,04	-0,76	
3	1712,2	436,5	-0,06	-0,84	
4	1713,2	439,7	-0,70	-0,60	
5	1716,4	438,5	-0,60	-1,04	
6	1720,0	443,7	+0,74	-0,82	strzał przypadkowy <i>A casual shot</i>
7	1714,2	439,2	-0,22	-0,93	

Strzał nr 6 został uznany jako przypadkowy, ponieważ zgodnie z NO-10-A502 jego odchylenie w kierunku od średniego punktu trafienia pozostałych strzałów spełnia kryterium przypadkowości w postaci:

Shot No 6 was counted as a casual one because according to NO-10-A502 its standard directional deviation from the average point of hitting for remaining shots meets the criterion of randomness:

$$T_s = 0,6745 \frac{|Z_p - \bar{Z}_{n-1}|}{U_{S(n-1)}} > h$$

gdzie:

$h = 3,285$ – zgodnie z tablicą 4 ww. NO,
 Z_p – współrzędna trafienia podejrzanego o przypadkowość [m],
 \bar{Z}_{n-1} – współrzędna średniego punktu trafień

where:

$h = 3.285$ – according to Table 4 of the above mentioned NO,
 Z_p – coordinate of a hitting suspected for the randomness [m],
 \bar{Z}_{n-1} – coordinate of the average point of

bez uwzględnienia trafienia podejrzanego o przypadkowość [m],	hitting points without accounting the hitting suspected for randomness [m],
$U_{S(n-1)}$ – uchylenie środkowe wierz obliczone bez uwzględnienia trafienia podejrzanego o przypadkowość [m].	$U_{S(n-1)}$ – central sidewise deviation calculated without accounting the hitting suspected for randomness [m].

$$T_s = 0,6745 \frac{|0,74 - (-0,29)|}{0,20} = 3,54 > 3,285$$

Uwzględniając powyższe, uchylenia prawdopodobne wynoszą: w kierunku $U_s = 0,20$ tysięcznej i w elewacji $U_w = 0,15$ tysięcznej. Zgodnie z wymaganiami dokumentacji technicznej $U_s = U_w \leq 0,2$ tysięcznej.

4. Wnioski

1. Wprowadzone zmiany konstrukcyjne do ładunku miotającego, pozwoliły na zachowanie parametrów balistycznych naboju z pociskami APFSDS-T-TP zgodnych z Warunkami Technicznymi dla tych wyrobów.
2. Naboje ze zmodernizowanym ładunkiem miotającym zapewniają spełnienie wymagań w zakresie odporności na narażenia mechaniczne określone w NO-13-A513.
3. Zmiana rodzaju prochu w ładunku zapalającym pozwoliła wyeliminować (nieprzyjemny dla załogi czołgu) zapach gazów powstałych ze spalania prochu czarnego w czasie strzału.
4. Wprowadzone zmiany konstrukcyjne pozwoliły na wyeliminowanie prochu rurkowego z ładunku miotającego, oraz ułatwiło i przyspieszyło montaż naboju z pociskami APFSDS-T-TP.
5. Przeprowadzona modernizacja układu zapłonowego, może znaleźć zastosowanie w pozostałych typach naboju do czołgu LEOPARD.

Considering the above the probable deviations are equal to $U_s = 0.20$ mils in direction and $U_w = 0.15$ mils in elevation. According to the specifications of technical documentation $U_s = U_w \leq 0.2$ mils.

4. Conclusions

1. The design changes introduced to the projecting charge let the ballistic characteristics of APFSDS-T-TP ammunition stay in line with the Technical Specifications for these articles.
2. The cartridges with the upgraded projecting charge meet the requirements for the resistance against mechanical threats specified in NO-13-A513.
3. Type of the powder deployed in the igniting charge was changed to eliminate a smell of gases (a nasty one for the crew) produced by the combustion of black powder at firing.
4. Introduction of design changes allowed the elimination of the pipe powder from the projecting charge and facilitated and accelerated the elaboration of cartridges with APFSDS-T-TP projectiles.
5. The performed upgrading of the igniting system may be also applied in other types of ammunition for LEOPARD tank.

Literatura / Literature

- [1] NO-13-A513/A1:2015, Amunicja artyleryjska – Naboje 120x570 mm do gładkolufowych armat czołgowych – Badania.
- [2] NO-06-A105 – Uzbrojenie i sprzęt wojskowy. Ogólne wymagania techniczne, metody

- kontroli i badań. Ogólne zasady badań oraz odbioru prototypów i urządzeń produkowanych seryjnie.
- [3] NO-10-A502:2009, Broń artyleryjska – Określanie rozrzutu pocisków strzelaniem do tarczy.
 - [4] Instrukcja. Nabój z pociskiem APFSDS-T-TP do 120 mm armaty. Opis i użytkowanie.
 - [5] Warunki Techniczne na wykonanie i odbiór naboju z pociskiem APFSDS-T-TP do 120 mm armaty.
 - [6] Warunki Techniczne na wykonanie i odbiór 120 mm ćwiczebnych pocisków podkalibrowych APFSDS-T-TP.
 - [7] Warunki Techniczne na wykonanie okuc kompletnych do amunicji ćwiczebnej do 120 mm armaty czołgu LEOPARD. Nr WT- 01.005 – 01.
 - [8] Dokumentacja konstrukcyjna. 120 mm ćwiczebny pocisk podkalibrowy APFSDS-T-TP. Nr rys. P12.1.0.0-PPP.
 - [9] Dokumentacja konstrukcyjna. Nabój z pociskiem APFSDS-T-TP do 120 mm armaty. Nr rys. B42.5.0.0.
 - [10] Dokumentacja konstrukcyjna. Okucie kompletne do amunicji ćwiczebnej do 120 mm armaty czołgu LEOPARD 2A4. nr rys. 130.00.00.00.

