

DOŚWIADCZALNA WERYFIKACJA KONSTRUKCJI POCISKU PODKALIBROWEGO Z PENETRATOREM SEGMENTOWYM

Streszczenie: W pracy przedstawiono wyniki doświadczalnej weryfikacji konstrukcji 120 mm pocisku podkalibrowego z penetratorem segmentowym. Badania strzelaniem przeprowadzono w roku 2008 na poligonach w Nowej Dębie i Świątoszowie. Celem badań był: dobór odpowiedniego ładunku miotającego spełniającego założenia konstrukcyjne ($V_0 \geq 1650 \text{ m/s}$), weryfikacja przyjętego w konstrukcji ładunku układu zapłonowego, sprawdzenie wytrzymałości i funkcjonowania konstrukcji 120 mm pocisku podkalibrowego z penetratorem segmentowym w czasie strzału w lufie i na torze lotu.

EXPERIMENTAL VERIFICATION OF THE SUBCALIBRE PROJECTILE WITH SEGMENTED PENETRATOR

Abstract: The results of the experimental verification for new 120 mm APFSDS-T projectile with segmented penetrator were presented in this paper. The firing test was carrying out on the artillery ranges in Nowa Dęba and Świątoszów. The aim of these tests was estimation of the 120 mm APFSDS-T projectiles (with segmented penetrators) strength and ballistic parameters (ignition, muzzle velocity, max pressure) for muzzle charge's variants.

1. Wstęp

Konstrukcję pocisku podkalibrowego z penetratorem segmentowym (obliczenia wytrzymałościowe, balistyczne) przedstawiono w publikacjach [1-5].

Badania strzelaniem modeli 120 mm pocisków APFSDS-T z penetratorem segmentowym przeprowadzono w dniach 17.01.2008r. na OSP WL – Świątoszów, 30.05. 2008r. na OSP WL – Nowa Dęba oraz 17.10.2008r. na OSP WL – Świątoszów.

Zakres prac podczas tych badań obejmował:

- dobór rodzaju i masy prochów wchodzących w skład ładunku miotającego,
- dobór wielkości ładunku zapalającego w układzie zapłonowym ładunku miotającego oraz ustalenie typu układu zapłonowego,
- wypośrodkowanie masy ładunku miotającego dla uzyskania wymaganych w projekcie wstępnym wartości parametrów balistycznych,
- sprawdzenie wytrzymałości i funkcjonowania modeli pocisków APFSDS-T podczas strzału oraz na torze lotu.

Do badań użyto:

- Naboje z modelami pocisków APFSDS-T wyprodukowane przez FPS Sp. z o.o. i scalone przez ZPS Sp. z o.o. w Pionkach,



Fot.1.1. 120 mm nabój z modelem pocisku APFSDS-T (fot. W. Krajewski).

- 120 mm armatę L44 zamontowaną w czołgu LEOPARD 2A4 z 10 BKPanc.



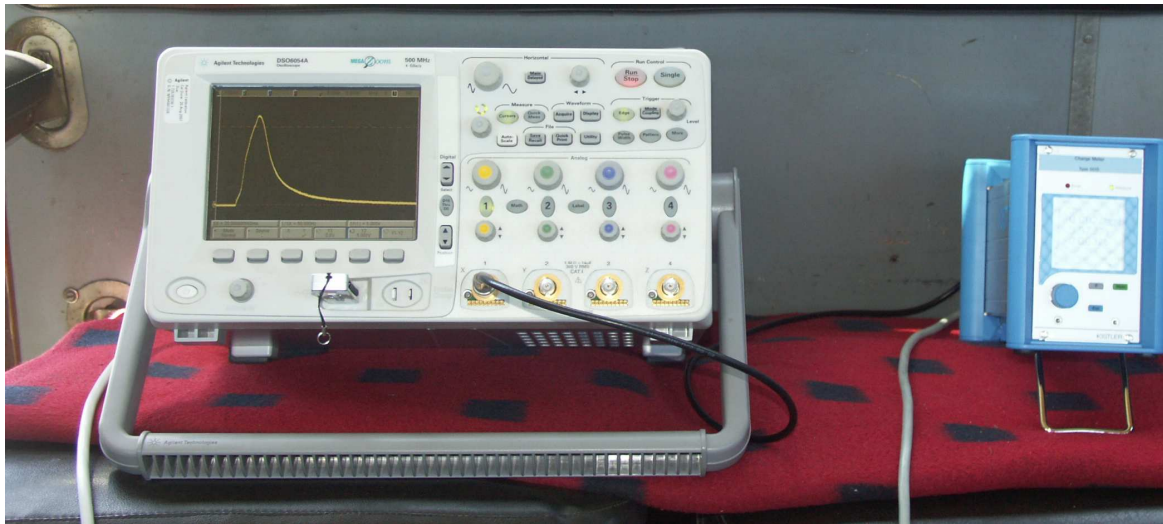
Fot.1.2. Czołgi LEOPARD 2A4 na strzelnicy czołgowej w Świętoszowie (fot. M. Magier).

- 120 mm armatę balistyczną znajdującą się na wyposażeniu OBD-WITU w Stalowej Woli.



Fot.1.3. 120 mm armata balistyczna L44 zamontowana na stendzie (fot. W. Krajewski).

- zestaw do pomiaru ciśnienia gazów prochowych KISTLER.



Fot.1.4. Elementy zestawu do pomiaru ciśnienia gazów prochowych KISTLER. Oscyloskop, wzmacniacz ładunku, okablowanie (fot. W. Krajewski).

- zestaw balistyczny do pomiaru prędkości pocisków DR-5000,
- komplet przyrządów zgniotowych do pomiaru ciśnienia o objętości 7 cm^3 ,
- tarczę o wymiarach $3 \times 3 \text{ m}$,
- przyrządy do montażu naboju.
- kamera do zdjęć szybkich *Phantom*,

2. Badania poligonowe

2.1. Badania 17.01.2008 – OSPWL Świątoszów

Pierwsze badania strzelaniem modeli 120 mm pocisków APFSDS-T z penetratorem segmentowym przeprowadzono w dniu 17.01. 2008 roku na OSP WL – Świątoszów z wykorzystaniem czołgu LEOPARD 2A4..

Biorąc pod uwagę technologię montażu ładunku i naboju oraz przyjęte rozmieszczenie układu zapłonowego w dolnej części naboju (na dnie łuski) zdecydowano ładunek miotający wykonać z dwóch lub trzech rodzajów prochów: rurkowego 15/1 TR wa o grubości warstwy palnej $2e_1 = 1,5 \text{ mm}$, w postaci wiązki ustawionej centralnie nad ładunkiem zapalającym w dolnej części naboju i ziarnistego DM-48 (lub jego mieszanki z prochem DM-53) umieszczonego w górnej części naboju (przy stabilizatorze pocisku) oraz w pozostałej wolnej przestrzeni przy wiązce prochu rurkowego.

Według przedstawionej koncepcji wykonano modele ładunków miotających, po czym poddano je badaniu strzelaniem. Strzelanie prowadzono ze 120 mm armaty L44 zamontowanej w czołgu LEOPARD 2A4 w teren z jednoczesnym pomiarem prędkości początkowej i ciśnienia maksymalnego gazów prochowych przyrządami zgniotowym.

Ponieważ strzelanie prowadzono z armaty zamontowanej w czołgu LEOPARD 2A4 nie możliwym było prowadzenie pomiaru zależności $p(t)$ zestawem do pomiaru ciśnienia gazów prochowych KISTLER. Uzyskane wyniki zamieszczono w tabeli 2.1.

Tabela 2.1.

Nr strzału	Rodzaj i masa prochu w kadłubie górnym	Rodzaj i masa prochu w kadłubie dolnym	Ogólna masa ładunku miotającego [kg]	P _{zg1} [MPa]	P _{zg2} [MPa]	P _{zgsr} [MPa]	V ₀ [m/s]	V ₇₃₀ [m/s]	Spalanie prochów
1.	DM 48 ω ₁ =2,8 kg	15/1TR wa ω ₂ =1,0kg DM 48 ω ₃ =3,65kg	7,45	445,6	431,6	438,6	1652	1606	Pełne
2.	DM 48 ω ₁ =2,8 kg	15/1TR wa ω ₂ =1,0kg DM 48 ω ₃ =3,65kg	7,45	432,8	444,2	438,5	1653	1603	Pełne
3.	DM 48 ω ₁ =2,8 kg	15/1TR wa ω ₂ =1,0kg DM 48 ω ₃ =3,0kg DM 53 ω ₄ =0,75kg	7,55	451,3	Brak pomiaru	451,3	1636	1591	Pełne
4.	DM 48 ω ₁ =2,8 kg	15/1TR wa ω ₂ =1,0kg DM 48 ω ₃ =2,7kg DM 53 ω ₄ =1,0kg	7,50	425,5	425,5	425,5	1627	1581	Pełne
5.	DM 48 ω ₁ =2,8kg	15/1TR wa ω ₂ =1,0kg DM 48 ω ₃ =2,7kg DM 53 ω ₄ =1,0kg	7,50	419,4	430,2	424,8	1627	1582	Pełne

Ponieważ podane ciśnienie p_{zg} jest ciśnieniem „zgniotowym”, wobec czego należy (na podstawie wyników dotychczasowych doświadczeń) przyjąć, że ciśnienie zgniotowe jest o około 15% niższe od ciśnienia maksymalnego p_{max} :

$$p_{zg} = p_{max} \times 0,85.$$

Czyli szacowane ciśnienie p_{max} dla kolejnych strzałów wyniosło:

Strzał nr 1: 516,0 MPa,
 Strzał nr 2: 515,9 MPa,
 Strzał nr 3: 530,9 MPa,
 Strzał nr 4: 500,6 MPa,
 Strzał nr 5: 499,8 MPa.

Wszystkie pociski funkcjonowały prawidłowo. Dla założonej w projekcie prędkości początkowej pocisku $V_0 \geq 1650$ m/s, konfiguracja ładunku miotającego dla strzału nr 1 i 2 spełnia to wymaganie, jednak nie spełnia wymagania ciśnienia maksymalnego $P_{max} \leq 515$ MPa.

Wobec powyższego postanowiono kontynuować badania balistyczne celem sprawdzenia ładunku miotającego opartego na nowych importowanych prochach z masy JA-2.

2.2. Badania 30.05.2008 – OSPWL Nowa Dęba.

Następne badania strzelaniem modeli pocisków APFSDS-T z penetratorem segmentowym przeprowadzono w dniu 30.05. 2008 roku na OSP WL – Nowa Dęba.

Zakres prac podczas tych badań obejmował:

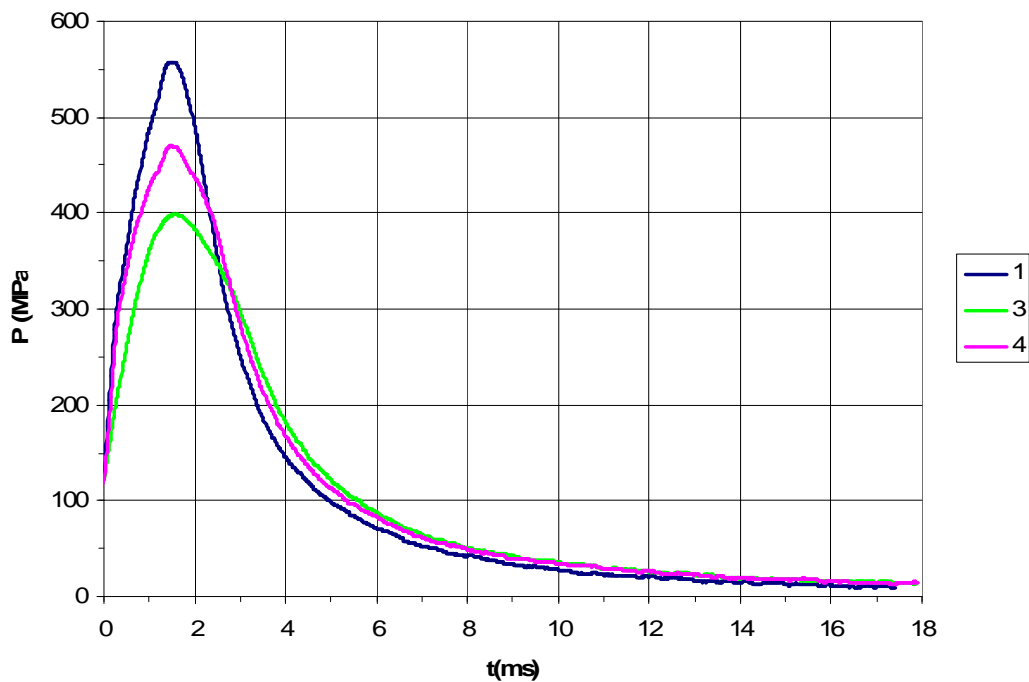
- dobór masy prochu JA-2 (2,03) o grubości warstwy palnej $2e_1=2,03\text{mm}$ do alternatywnego ładunku miotającego, umożliwiającego obniżenie ciśnienia maksymalnego gazów prochowych w komorze nabojeowej armaty podczas strzału,
- sprawdzenie wytrzymałości i funkcjonowania modeli pocisków APFSDS-T podczas strzału oraz na torze lotu.

Strzelanie prowadzono ze 120 mm armaty L44 balistycznej zamontowanej na stendzie do tarczy na odl. 1000m z jednoczesnym pomiarem prędkości początkowej i ciśnienia maksymalnego gazów prochowych oraz z rejestracją zjawiska wylotu pocisku z lufy za pomocą kamery do zdjęć szybkich. Strzał nr 1 (wzorcowy) oddano nabojem z ładunkiem miotającym opartym na prochu DM-48 (identycznym jak dla strzałów nr 1 i 2 dla badania z dnia 17.01.2008r.)

Uzyskane wyniki zamieszczono w tabeli 2.2. oraz na wykresie 2.1.

Tabela 2.2.

Nr strzału	Rodzaj i masa prochu w kadłubie górnym	Rodzaj i masa prochu w kadłubie dolnym	Ogólna masa ładunku miotającego [kg]	P_{zg1} [MPa]	P_{zg2} [MPa]	$P_{zg\text{sr}}$ [MPa]	P_{piezo} [MPa]	V_0 [m/s]	V_{1000} [m/s]	Spalanie prochów
1.	DM 48 $\omega_1=2,8$ kg	15/1TR wa $\omega_2=1,0\text{kg}$ DM 48 $\omega_3=3,65\text{kg}$	7,45	433,0	430,3	431,6	562,1	1634	1560	Pełne
2.	JA-2 (2,03) $\omega_1=3,1$ kg	15/1TR wa $\omega_2=1,0\text{kg}$ JA-2 (2,03) $\omega_3=2,7\text{kg}$	6,8	320,1	317,5	318,8	brak pom.	brak pom.	brak pom.	Pełne
3.	JA-2 (2,03) $\omega_1=3,1$ kg	15/1TR wa $\omega_2=1,0\text{kg}$ JA-2 (2,03) $\omega_3=3,3\text{kg}$	7,4	348,2	brak pom.	348,2	401,2	1536	1465	Pełne
4.	JA-2 (2,03) $\omega_1=3,1$ kg	15/1TR wa $\omega_2=1,0\text{kg}$ JA-2 (2,03) $\omega_3=3,7\text{kg}$	7,8	381,3	389,9	385,6	472,8	1619	1539	Pełne



Rys. 2.1. Przebiegi zarejestrowanych ciśnień gazów prochowych w komorze nabojeowej w funkcji czasu dla strzałów nr 1, 3, 4.

Na kolejnych fotografiach przedstawiono w kilku sekwencjach z kamery szybkiej zjawisko wylotu pocisku z lufy podczas strzału nr 2.



Fot.2.2. Wylot pocisku z lufy armaty balistycznej zarejestrowany przez kamerę do zdjęć szybkich podczas strzału nr 2 – sekwencja nr 1.



Fot.2.3. Wylot pocisku z lufy armaty balistycznej zarejestrowany przez kamerę do zdjęć szybkich podczas strzału nr 2 – sekwencja nr 2.



Fot.2.4. Wylot pocisku z lufy armaty balistycznej zarejestrowany przez kamerę do zdjęć szybkich podczas strzału nr 2 – sekwencja nr 3.



Fot.2.5. Wylot pocisku z lufy armaty balistycznej zarejestrowany przez kamerę do zdjęć szybkich podczas strzału nr 2 – sekwencja nr 4.



Fot.2.6. Wylot pocisku z lufy armaty balistycznej zarejestrowany przez kamerę do zdjęć szybkich podczas strzału nr 2 – sekwencja nr 5.

Wszystkie pociski funkcjonowały prawidłowo. Dla maksymalnej (możliwej do zaelaborowania w naboju) naważki prochu JA-2 (2,03) dla strzału nr 4 spełniono wymaganie ciśnienia maksymalnego $P_{\max} \leq 515$ MPa, jednakże nie osiągnięto minimalnej wymaganej prędkości początkowej $V_0 \geq 1650$ m/s. Wobec powyższego postanowiono kontynuować badania balistyczne celem sprawdzenia ładunku miotającego opartego na nowych importowanych prochach z masy JA-2 o grubości warstwy palnej $2e_1 = 1,75$ mm.

2.3. Badania 17.10.2008 – OSPWL Świątoszów

Kolejne badania strzelaniem modeli pocisków APFSDS-T z penetratorem segmentowym przeprowadzono w dniu 18.10.2008 roku na OSP WL – Świątoszów. Zakres prac podczas tych badań obejmował:

- dobór masy prochu JA-2 (1,75) o grubości warstwy palnej $2e_1 = 1,75$ mm do alternatywnego ładunku miotającego, umożliwiającego osiągnięcie zakładanej prędkości początkowej $V_0 \geq 1650$ m/s przy zachowaniu wartości ciśnienia maksymalnego $P_{\max} \leq 515$ MPa,
- sprawdzenie wytrzymałości i funkcjonowania modeli pocisków APFSDS-T podczas strzału oraz na torze lotu.

Strzelanie prowadzono ze 120 mm armaty L44 zamontowanej w czołgu LEOPARD 2A4 do tarczy na odl. 600 m z jednoczesnym pomiarem prędkości początkowej i ciśnienia maksymalnego gazów prochowych. Uzyskane wyniki zamieszczono w tabeli 2.3.

Tabela 2.3.

Nr strzału	Rodzaj i masa prochu w kadłubie górnym	Rodzaj i masa prochu w kadłubie dolnym	Ogólna masa ładunku miotającego [kg]	P_{zg1} [MPa]	P_{zg2} [MPa]	$P_{zg_{sr}}$ [MPa]	V_0 [m/s]	Spalanie prochów
1.	JA-2 (1,75) $\omega_1=2,9$ kg	15/1TR wa $\omega_2=1,0$ kg JA-2 (1,75) $\omega_3=2,1$ kg	6,0	Brak obciążenia	Brak obciążenia	Poniżej 314	1412	Pełne
2.	JA-2 (1,75) $\omega_1=2,9$ kg	15/1TR wa $\omega_2=1,0$ kg JA-2 (1,75) $\omega_3=3,1$ kg	7,0	386,9	386,9	386,9	1597	Pełne
3.	JA-2 (1,75) $\omega_1=2,9$ kg	15/1TR wa $\omega_2=1,0$ kg JA-2 (1,75) $\omega_3=3,4$ kg	7,3	420,7	415,3	418,0	Brak pomiaru	Pełne
4.	JA-2 (1,75) $\omega_1=2,9$ kg	15/1TR wa $\omega_2=1,0$ kg JA-2 (1,75) $\omega_3=3,4$ kg	7,3	421,8	Brak pomiaru	421,8	1651	Pełne
5.	JA-2 (1,75) $\omega_1=2,9$ kg	15/1TR wa $\omega_2=1,0$ kg JA-2 (1,75) $\omega_3=3,45$ kg	7,35	427,4	Brak pomiaru	427,4	1657	Pełne
6.	JA-2 (1,75) $\omega_1=2,9$ kg	15/1TR wa $\omega_2=1,0$ kg JA-2 (1,75) $\omega_3=3,45$ kg	7,35	424,6	Brak pomiaru	424,6	1660	Pełne
7.	JA-2 (1,75) $\omega_1=2,9$ kg	15/1TR wa $\omega_2=1,0$ kg JA-2 (1,75) $\omega_3=3,45$ kg	7,35	435,3	414,5	424,9	1656	Pełne
8.	JA-2 (1,75) $\omega_1=2,9$ kg	15/1TR wa $\omega_2=1,0$ kg JA-2 (1,75) $\omega_3=3,45$ kg	7,35	415,9	427,2	421,5	1660	Pełne
9.	JA-2 (1,75) $\omega_1=2,9$ kg	15/1TR wa $\omega_2=1,0$ kg JA-2 (1,75) $\omega_3=3,45$ kg	7,35	419,4	Brak pomiaru	419,4	Brak pomiaru	Pełne

Ponieważ podane ciśnienie p_{zg} jest ciśnieniem „zgniotowym”, wobec czego należy (na podstawie wyników dotychczasowych doświadczeń) przyjąć, że ciśnienie zgniotowe jest o około 15% niższe od ciśnienia maksymalnego p_{max} :

$$p_{zg} = p_{max} \times 0,85.$$

Czyli szacowane ciśnienie p_{max} dla kolejnych strzałów wyniosło:

Strzał nr 2: 455,2 MPa,
Strzał nr 3: 491,8 MPa,
Strzał nr 4: 496,2 MPa,
Strzał nr 5: 502,8 MPa.
Strzał nr 6: 499,5 MPa.
Strzał nr 7: 499,9 MPa.
Strzał nr 8: 495,9 MPa.
Strzał nr 9: 493,4 MPa.

Wszystkie pociski funkcjonowały prawidłowo. Dla maksymalnej naważki prochu JA-2 (1,75) dla serii balistycznej (strzały nr 5-9) spełniono wymagania ciśnienia maksymalnego $P_{max} \leq 515 \text{ MPa}$ i minimalnej wymaganej prędkości początkowej $V_0 \geq 1650 \text{ m/s}$.

Uzyskano $P_{max\text{sr}(5-9)} = 498,3 \text{ MPa}$ i $V_{0\text{sr}(5-9)} = 1658,6 \text{ m/s}$.

Wobec powyższego ładunek miotający na bazie prochu JA-2 o grubości warstwy palnej $2e_1 = 1,75 \text{ mm}$ przyjęto jako docelowy dla 120 mm pocisku APFSDS-T z penetratorem segmentowym.

3. Wnioski

Na podstawie wyników przeprowadzonych w dniach 17.01.2008r., 30.05.2008r., 17.10.2008r. badań strzelaniem stwierdza się, że:

- ładunek miotający kombinowany, wykonany z dwóch prochów: nitrocelulozowego rurkowego 15/1 TR wa produkcji ZPS Sp. z o.o. w Pionkach i dwubazowego prochu importowanego, stosowanego w niemieckich nabojach DM 48 zapewnia uzyskanie zakładanej w projekcie wstępnym wartości prędkości początkowej pocisku tj. $V_0 = 1650 \text{ m/s}$, przy czym ciśnienie maksymalne przekracza założoną wartość $P_{max} = 515 \text{ MPa}$. Zastosowanie ładunku miotającego kombinowanego z prochów DM-48 i DM-53 nie przyniosło pożądanego efektu obniżenia ciśnienia maksymalnego do oczekiwanej wartości 515 MPa z zachowaniem wymaganej wartości prędkości początkowej pocisku (1650 m/s). Podobnie zastosowanie alternatywnego ładunku miotającego na bazie prochu JA-2 o grubości warstwy palnej $2e_1 = 2,03 \text{ mm}$ przyniosło pożądaną wartość ciśnienia maksymalnego do wartości 472,8 MPa, jednakże uzyskana prędkość początkowa 1619 m/s nie odpowiada wymaganej wartości 1650 m/s. Zastosowanie alternatywnego ładunku miotającego na bazie prochu JA-2 o grubości warstwy palnej $2e_1 = 1,75 \text{ mm}$ pozwoliło na uzyskanie wartości ciśnienia maksymalnego poniżej dopuszczalnego ciśnienia 515 MPa, a uzyskana prędkość początkowa $V_{0\text{sr}(5-9)} \geq 1658,6 \text{ m/s}$ odpowiada wymaganej wartości. Ładunek miotający na bazie prochu JA-2 o grubości warstwy palnej $2e_1 = 1,75 \text{ mm}$ przyjęto jako docelowy dla 120 mm pocisku APFSDS-T z penetratorem segmentowym.
- zastosowanie układu zapłonowego w postaci:
 - zapłonika G UW-7,
 - ładunku zapalającego wykonanego z prochu czarnego o masie 0,06 kg umieszczonego na dnie łuski wraz z przyćmiewaczem płomienia,zapewnia pełne spalanie ładunku oraz łuski w przewodzie lufy 120 mm armaty czołgu LEOPARD 2A4,

- wytrzymałość modeli pocisków APFSDS-T o zwiększonej zdolności przebicia określona na podstawie 18 strzałów podczas trzech kolejnych badań jest wystarczająca, a ich funkcjonowanie zarówno w lufie jak i na torze lotu nie budzi zastrzeżeń.

Celem dalszych prac naukowo-badawczych prowadzonych nad konstrukcją pocisku typu APFSDS-T z penetratorem segmentowym będzie optymalizacja konstrukcji penetratora w celu zwiększenia zdolności penetracji pancerza RHA bez zwiększenia jego masy jak i całego pocisku. Częściowo wyniki tych prac zaprezentowano w publikacji [6].

Praca naukowa finansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2006-2008 jako projekt badawczy rozwojowy nr R 00 018 02.

Literatura

- [1] Magier M.: Koncepcja czołgowego pocisku podkalibrowego nowej generacji o zwiększonej zdolności przebicia pancerzy współczesnych czołgów. Biuletyn PTU WITU nr 2/2007, zeszyt 102. Zielonka, 2007.
- [2] Magier M.: Numerical estimation of stresses in main parts of the New generation subcalibre projectile during firing. Materiały z konferencji „Computer Methods and Systems” CMS 2007, Kraków, 21-23 listopada 2007.
- [3] Jach K., Świerczyński R., Magier M.: Analiza numeryczna procesu penetracji stalowego pancerza przez pocisk podkalibrowy z penetratorem jednorodnym i segmentowym. Biuletyn WAT, Vol. LVII, nr 1, Warszawa, 2008, s.185-202.
- [4] Jach K., Świerczyński R., Magier M.: Modelowanie metodą punktów swobodnych zjawiska penetracji płyty pancernej przez pocisk podkalibrowy z uwzględnieniem wyników badań dynamicznych. Wygłoszony i wydany w materiałach z konferencji SYMULACJA 2008, Tarnowskie Góry, 05-07 listopad 2008.
- [5] Kostrow R., Kuśnierz T., Pankowski Z., Magier M.: Przeciwpancerne pociski podkalibrowe. Patent – Polska, nr P 382961, 2007.
- [6] Magier M.: Analiza numeryczna wpływu modyfikacji dwusegmentowego penetratora pocisku podkalibrowego na głębokość przebicia pancerza RHA. Biuletyn PTU WITU nr 3/2008, zeszyt 107. Zielonka, 2008.