



## Badania dynamiczne odłamków standardowych stosowanych do sprawdzeń osłon balistycznych

Andrzej WRÓBLEWSKI, Monika PRACHT\*

Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia,  
ul. Prymasa St. Wyszyńskiego 7, 05-220 Zielonka  
\* autor korespondencyjny, e-mail: prachtm@witu.mil.pl

Artykuł wpłynął do redakcji 08.06.2012. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano 18.03.2014

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wybrane aspekty układów miotających i dynamiki lotu 5,56 mm i 20 mm odłamków standardowych FSP (ang. *Fragment Simulating Projectiles*) stosowanych do wyznaczania poziomu ochrony balistycznej osłon. Odłamki kalibru 5,56 mm zaprezentowano w dwóch stosowanych odmianach: z sabotem i bez sabotu. Opisano budowę dwukomorowych układów miotających oraz przedstawiono wyniki pomiarów dynamiki lotu ww. typów odłamków.

**Słowa kluczowe:** mechanika, balistyka zewnętrzna, odłamki standardowe, dwukomorowy układ miotający

### 1. WSTĘP

Badania odłamkooporności (PN-V-87000 i PN-V-87001) polegają na ostrzale próbki osłony balistycznej specjalnymi pociskami – odławkami standardowymi, które symulują właściwości fragmentów skorup powstałych podczas eksplozji różnego typu granatów i pocisków. Do symulacji rażenia osłon balistycznych od wybuchu granatów ręcznych stosowane są najczęściej 5,56 mm odłamki o masie 1,1 g.

Wyznaczany jest poziom ochrony balistycznej V50, który oznacza prędkość uderzenia odłamka, przy której prawdopodobieństwo przebicia osłony wynosi 50%. Do symulacji rażenia wozów bojowych od wybuchu pocisków artyleryjskich stosowane są najczęściej 20 mm odłamki o masie 54 g i sprawdzany jest efekt ostrzału dla zadanej prędkości uderzenia odłamka. Amerykańska norma MIL-P-46593A przewiduje dodatkowo odłamki kalibru 7,62 i 12,7 mm, ale są one znacznie rzadziej stosowane. Cechą charakterystyczną wszystkich FSP jest bardzo wysoki spadek prędkości, nawet do 30 (m/s)/m, co utrudnia dokładne oszacowanie prędkości uderzenia.

## **2. ODŁAMKI KALIBRU 5,56 MM**

### **2.1. Dokumenty odniesienia, zakres stosowania, metodyka**

Podstawowym dokumentem opisującym wymagania i metodykę badań jest dokument standaryzacyjny NATO STANAG 2920 – „Ballistic test method for personal armours”. Na jego podstawie opracowano wiele krajowych odpowiedników, w tym:

- PN-V-87000:1999 – „Osłony balistyczne lekkie. Kamizelki kulo- i odłamkoodporne. Wymagania ogólne i badania”;
- PN-V-87001:1999 – „Osłony balistyczne lekkie. Hełmy ochronne odłamko- i kuloodporne. Wymagania ogólne i badania”;
- PN-V-87000:2011 – „Osłony balistyczne lekkie. Kamizelki kulo- i odłamkoodporne. Wymagania ogólne i badania”;
- PN-V-87001:2011 – „Osłony balistyczne lekkie. Hełmy ochronne odłamko- i kuloodporne. Wymagania ogólne i badania”.

Należy nadmienić, że badania parametru V50 stosuje się do wielu innych osłon zabezpieczających, np.: przenośnych/noszonych tarcz, przyłbic, wizjerów, pojemników pirotechnicznych, lekkich opancerzeń sprzętu wojskowego i innych.

Metodyka badań polega na uzyskaniu kilkukrotnego przebicia częściowego i całkowitego (def. PN-V-87000) badanej próbki dla maksymalnie zbliżonych prędkości odłamka. Najczęściej są to po 3 przebicia i nieprzebicia o rozrzucie prędkości odłamka  $\Delta < 40$  m/s. Parametr V50 jest średnią arytmetyczną z tych prędkości. Stosowane są dwa podstawowe typy odłamków w tym kalibrze (fot. 1).

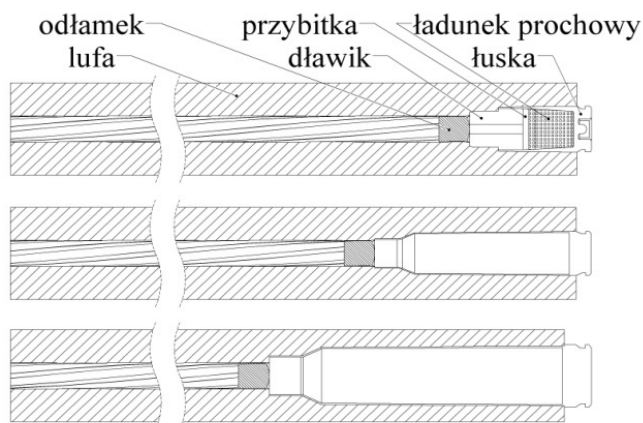


Fot. 1. Od lewej: odłamek z sabotem, sabot, odłamek do zastosowania z sabotem, odłamek (ze zgrubieniem pełniącym funkcję pierścienia wiodącego) do stosowania bez sabotu

Phot. 1. From the left: FSP with sabot, sabot, FSP to be used with sabot and FSP to be used without sabot (with rotating band in the bottom section)

## 2.2. Układy miotające 5,56 mm odłamki bez sabotu

5,56 mm odłamki bez sabotu są to odłamki wystrzeliwane bezpośrednio z luf kalibru 5,56 mm (.223 Remington) o skoku 305 mm (12") (rys. 1). Wyposażone są w zgrubienie w części dennej, pełniące funkcję pierścienia wiodącego.



Rys. 1. Lufy z przewodem kalibru 5,56 mm o skoku 305 mm, z różnymi komorami naboju. Od góry: 9 × 19 mm, 5,56 × 45 mm, 7,62 × 67B mm (.300 WM)

Fig. 1. 5,56 mm barrels with 12" twist and different cartridge chambers. From the top: 9 × 19 mm, 5,56 × 45 mm, 7,62 × 67B mm (.300 WM)

Zaletami tego typu odłamków są:

- możliwość uzyskania wysokich prędkości powyżej 1800 m/s, niezbędnych między innymi do badań ubiorów podchodzeniowych pirotechników;
- stosowanie prostych jednokomorowych układów miotających z wykorzystaniem standardowych łusek różnych kalibrów (fot. 2).

Wady wynikają głównie z dużych oporów przetłaczania pocisku ze stalowym zgrubieniem. Wadami tymi są:

- trudności z uzyskaniem powtarzalnych prędkości w zakresie 200-400 m/s;
- przyspieszone zużycie luf. Dla prędkości 1700-1800 m/s uzyskiwanej przy zastosowaniu prochu ACC 2015, żywotność luf nie przekracza 1000 strzałów.



Fot. 2. Łuski stosowane do luf z różnymi komorami nabojewymi z przewodem lufy kalibru 5,56 mm. Od góry: 9 × 19 mm Parabellum, 5,56 × 45 mm NATO, 7,62 × 67B mm (.300 Winchester Magnum)

Phot. 2. Cartridge cases used for 5,56 mm barrels with different cartridge chambers. From the top: 9 × 19 mm, 5,56 × 45 mm, 7,62 × 67B mm (.300 WM)

### 2.3. Układy miotające 5,56 mm odłamki z sabotem

Drugi typ 5,56 mm odłamków jest przeznaczony do strzelania za pomocą sabotów (wykonanych z tworzywa sztucznego) z bruzdowanych luf kalibru 7,62 mm. Przy wydłużeniu odłamka około 1,5 kalibru i odległości strzelania 5 m nie ma specjalnych wymagań dotyczących skoku bruzd w lufie. Wykorzystywane są różne układy miotające: jedno- i dwukomorowe. W obu przypadkach stosowane są wymienne komory nabojewo o różnej objętości, a w układzie dwukomorowym również różne przekroje między komorami spalania.

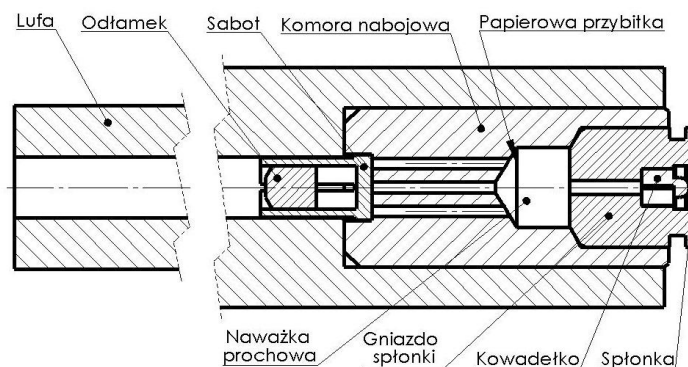
Zaletami tego typu odłamków są:

- możliwości uzyskania powtarzalnych prędkości w zakresie już od 200 m/s, niezbędnych między innymi do badań prewencyjnych hełmów ochronnych;
- wysoka żywotność stosowanych luf, wynikająca z niskich oporów przetłaczania i stosunkowo niskiego ciśnienia w przewodzie lufy, w przypadku stosowania układu dwukomorowego.

Wady wynikają głównie z konieczności stosowania sabotu. Są nimi:

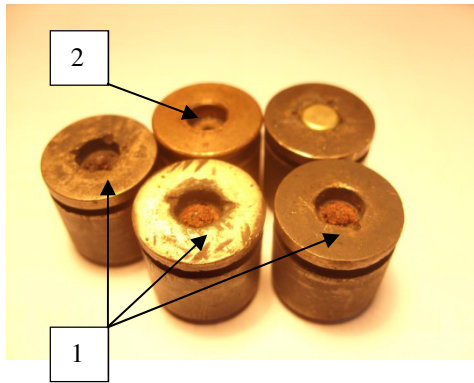
- stosunkowo wysoki koszt odłamka z sabotem (ok. 15 zł);
- brak możliwości uzyskania prędkości odłamka powyżej 1000 m/s, ze względu na niewystarczającą wytrzymałość mechaniczną sabotu z tworzywa.

Na rysunkach 2 i 3 zaprezentowano dwa typy stosowanych dwukomorowych układów miotających. Efekt stosowania układu dwukomorowego z wymiennym gniazdem spłonek bez uszczelnień przedstawiono na fotografiach 3 i 4. Wymienne komory naboju zapewniają powtarzalne spalanie prochu w zakresie 350-750 m/s. Spłonki są umieszczone w gnieździe wielokrotnego użytku. Ograniczeniem uzyskiwanej prędkości i największą wadą układu jest zjawisko wypływu gazów prochowych po obwodzie spłonki, które nasila się po jej wielokrotnej wymianie.



Rys. 2. Układ dwukomorowy z wymiennym gniazdem spłonek bez uszczelnień

Fig. 2. Double chambered propellant system with changeable primer pocket without gaskets



Fot. 3. Gniazda sponki:  
1 – gniazdo poddane erozji gazów  
prochowych, 2 – gniazdo nowe

Phot. 3. Primer pockets: 1 – subjected to  
gas erosion, 2 – new



Fot. 4. Przednie powierzchnie komór  
nabojowych. Po lewej stara komora  
poddana erozji gazów prochowych

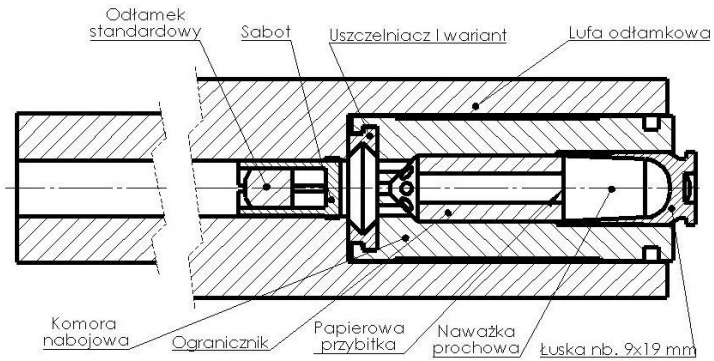
Phot. 4. Front faces of cartridge chambers.  
On the left – chamber subjected to gas  
erosion

Do elaboracji wyżej wymienionego układu stosowano powszechnie dostępne prochy drobnoziarniste, w tym:

- P 125 z naboju 9 × 18 Makarow (najczęściej stosowany),
- NC 56 z naboju .22 LR,
- P 200,
- N-340 z naboju 9 × 19 Parabellum.

Stosowano specjalistyczne lufy firm AVL i Prototypa oraz przerabiano lufy do naboju 7,62 × 39 mm i 7,62 × 51 mm. Chromowane lufy do naboju wz. 43 wykazały się największą „żywością” – powyżej 4000 strzałów.

Intensywna eksploatacja zestawu w ostatnich latach doprowadziła do lokalnych wypaleń elementów stalowych, co skutkowało niepowtarzalnością działania układu. W związku z powyższym opracowano w WITU nowy dwukomorowy układ miotający, wykorzystujący gotowe zaspłonkowane łuski od naboju 9 × 19 mm Parabellum oraz plastyczne uszczelniacze przednich powierzchni wymiennych komór nabojowych.



Rys. 3. Układ z uszczelnieniem komory od strony wlotowej przez łuskę jednorazowego użytku oraz od strony wylotowej przez mosiężny uszczelniacz wielokrotnego użytku

Fig. 3. Cartridge chamber with gasket: inlet with disposable case, outlet with multi time used brass gasket

Do drugiego typu dwukomorowego układu miotającego opracowano dwa warianty uszczelniacza (rys. 4 i fot. 7). Wykonany układ miotający w stanie rozłożonym i złożonym z uszczelniaczem I wariantu przedstawiono na fotografiach 5 i 6.



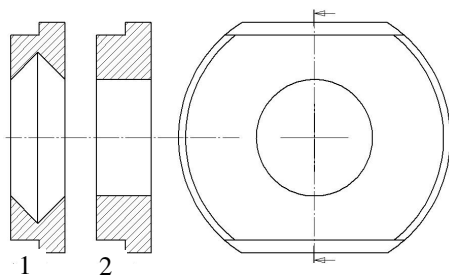
Fot. 5. Układ miotający w stanie rozłożonym. Od lewej: uszczelniacz I wariant, komora nabojowa, ogranicznik objętości ładowania i zaspłokowana łuska 9 × 19 mm Parabellum

Phot. 5. Disassembled projectile system. From the left: gasket (v.1), cartridge chamber, limiter, primed cartridge case



Fot. 6. Od lewej: odlamek w sabocie, scalony układ miotający

Phot. 6. From the left: FSP in sabot, assembled projectile system



Rys. 4. Dwa badane warianty uszczelnienia: 1 – z wewnętrznym wybraniem z mosiądzu M63, 2 – prosty z mosiądzu M80

Fig. 4. Two tested gaskets variants: 1 – made from M63 brass with internal channel, 2 – made from M80 brass



Fot. 7. Widok czoła komór z 3, 5, 7 i 9 otworami. Po prawej komora z 3 otworami i zamontowanym uszczelnieniem I typu

Phot. 7. Front face of cartridge chambers. On the right chamber with type 1 gasket applied

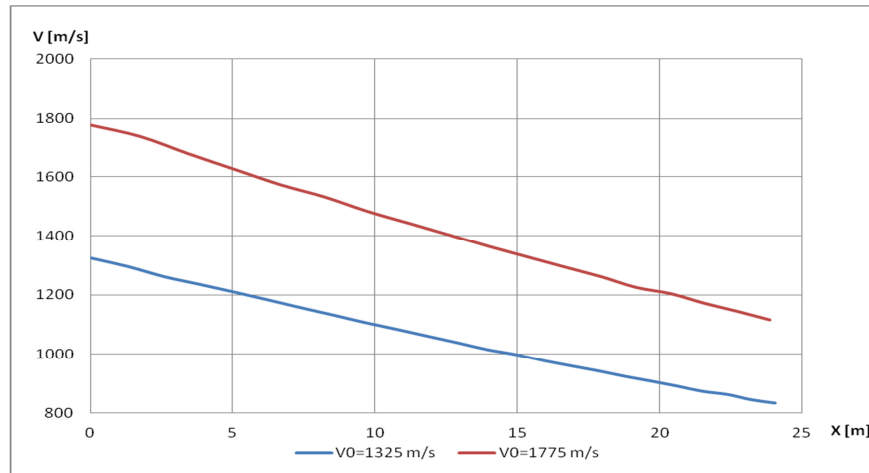
#### 2.4. Analiza przebiegów prędkości odłamków w funkcji drogi

Pomimo niewielkiej odległości strzelania (4-5 m), pomiar przebiegu prędkości odłamka w funkcji drogi jest niezbędny do określenia wartości prędkości uderzenia. Wynika to z dużego oporu aerodynamicznego odłamka spowodowanego niewielkim wydłużeniem i kształtem przedniej jego powierzchni.

Na rysunku 5 przedstawiono przebieg prędkości odłamka w funkcji drogi bez sabotu wystrzelonego z różnymi prędkościami początkowymi. Przy prędkości początkowej 1775 m/s spadek prędkości wynosi ok. 30 (m/s)/m na pierwszych metrach po wylocie z lufy.

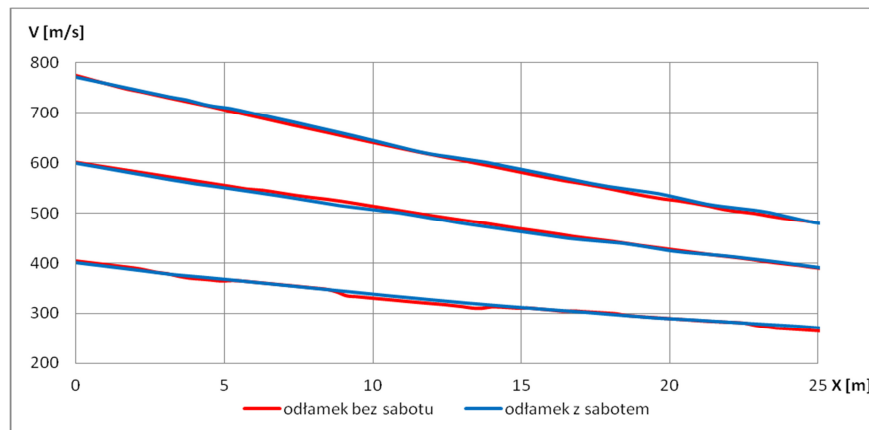
Na rysunku 6 porównano przebiegi prędkości w funkcji drogi dla odłamków miotanych z i bez sabotu, dla trzech różnych zakresów prędkości obejmujących badania przewidziane w normie PN-V-87000. Po analizie całego zakresu prędkości przewidzianego do badań można stwierdzić, że zgrubienie w dennej części odłamka, przystosowanego do strzelania bez sabotu, nie powoduje znaczącej różnicy w spadku prędkości, w porównaniu do odłamka miotanego z sabotem. Wynika to z jego częściowej deformacji podczas wcinania w stożek przejściowy oraz oderwania opływu powietrza na przedniej skośnej powierzchni odłamka.





Rys. 5. Przebiegi prędkości w funkcji drogi dla 5,56 mm odłamków bez sabotu dla różnych prędkości początkowych:  
dla  $V_0 = 1775 \text{ m/s}$ ,  $\Delta V = 30 \text{ (m/s)/m}$ ; dla  $V_0 = 1325 \text{ m/s}$ ,  $\Delta V = 23 \text{ (m/s)/m}$

Fig. 5. Velocity dependence on distance for 5,56 mm FSP without sabot for different muzzle velocities



Rys. 6. Zestawienie przebiegów prędkości w funkcji drogi 5,56 mm odłamków o różnych prędkościach początkowych (400 m/s, 600 m/s i 770 m/s) w funkcji drogi

Fig. 6. Velocity dependence on distance for 5,56 mm FSP for different muzzle velocities

## 2.5. Odłamki kalibru 20 mm

Podstawowym dokumentem opisującym wymagania i metodykę badań jest dokument standaryzacyjny STANAG 4569 – „Protection Levels for Occupants of Logistic and Light Armoured Vehicles” z aneksem C i E – AEP 55. Badanie polega na ocenie efektu ostrzału z zadaną prędkością, wymaganą dla danego poziomu ochrony balistycznej. Stosowane są odłamki (fot. 8) o masie 54 g, wystrzeliwane z lufy kalibru  $20 \times 102$  mm.



Fot. 8. 20 mm odłamek o masie 54 g z łuską od lotniczego naboju  $20 \times 102$  mm. Stalowy odłamek posiada zgrubienie pełniące funkcję pierścienia wodącego w dennej części pocisku

Phot. 8. 20 mm FSP of mass equal to 54 g with cartridge case from aircraft round of  $20 \times 102$  mm.


The FSP has the rotating band in the bottom section

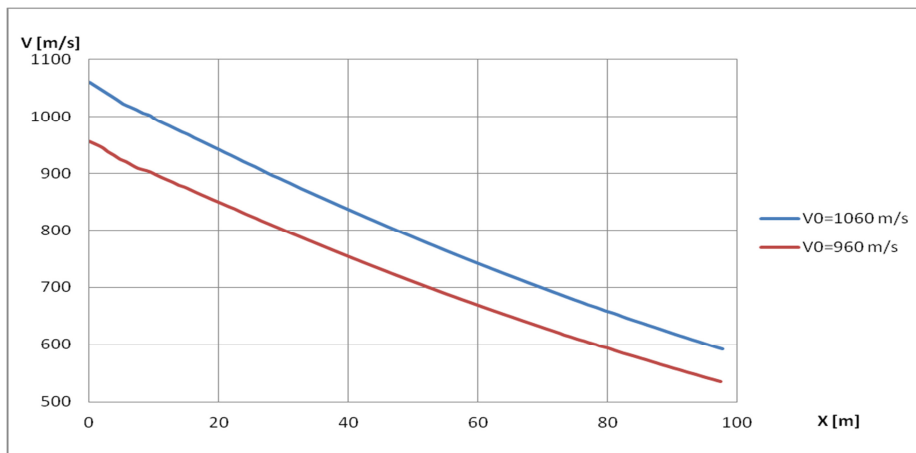
Zależność pomiędzy teoretyczną odległością wybuchu 155 mm pocisku HE a wymaganą prędkością uderzenia odłamka przedstawiono w tabeli 1.

Na rysunku 7 przedstawiono przebiegi prędkości odłamków kal. 20 mm w funkcji drogi odpowiadające 4 i 5 poziomowi ochrony oraz dla podwyższonej prędkości stosowanej podczas prac badawczo-rozwojowych. W tym przypadku, ze względu na niewielki spadek prędkości odłamka, prędkość uderzenia można z wystarczającą dokładnością oszacować na podstawie „punktowego” pomiaru prędkości (np. przy użyciu bramek fotoelektrycznych) w odległości nie większej niż 2 m przed punktem uderzenia.

Tabela 1. Wymagania w zakresie symulacji skutków wybuchu 155 mm pocisku HE na różnych odległościach określone w STANAG 4569

Table 1. Requirements for simulating explosion results of 155 mm HE shell in different distance acc. to STANAG 4569

Poziom ochronny wg STANAG 4569	Założona odległość wybuchu 155 mm pocisku [m]	Wymagana prędkość uderzenia odłamka FSP [m/s]	
1	100	520	
2	80	630	
3	60	770	
4	25	960	
5	25	960	<p>Fot. 9. Widok stanowiska badawczego</p> <p>Phot. 9. Firing stand</p>



Rys. 7. Prędkość 20 mm odłamków FSP w funkcji drogi, dla  $V_0 = 1060$  m/s spadek 6 (m/s)/m, dla  $V_0 = 960$  m/s spadek 5,5 (m/s)/m

Fig. 7. Velocity dependence on distance for 20 mm FSP for different muzzle velocities

### 3. WNIOSKI

1. Mimo niewielkiej odległości strzelania wymagane jest precyzyjne określenie spadku prędkości odłamków, ze względu na jego znaczną wartość wynoszącą do 30 (m/s)/m, podczas gdy dla amunicji strzeleckiej spadek prędkości nie przekracza 1 (m/s)/m.
2. Odłamki kalibru 5,56 mm bez sabotu miotane z prędkością poniżej 500 m/s ze specjalnych układów o niewielkiej objętości łuski (np. 9 × 19) osiągają nieco gorszą powtarzalność prędkości w stosunku do odłamków z sabotem.
3. Ponieważ nawet na odległości 25 m przy spadku prędkości o 250 m/s nie zarejestrowano różnicy między prędkościami 5,56 mm odłamków w wariacie bez i z sabotem, dlatego też nie ma potrzeby stosowania dla tych odłamków oddzielnych współczynników balistycznych.
4. Uproszczony sposób określania spadku prędkości zawarty w dokumencie STANAG 4569, AEP-55, Annex E powoduje błąd nie większy niż 10% tolerancji prędkości uderzenia, przy odległości od wylotu lufy do celu nie przekraczającej 10 m. Na większych odległościach zaleca się pomiar prędkości odłamka metodą radiolokacyjną z bezpośrednim odczytem prędkości uderzenia.

### LITERATURA

- [1] STANAG 2920, *Ballistic Test Method for Personal Armour*.
- [2] PN-V-87000:1999, *Ostony balistyczne lekkie. Kamizelki kuloodpornie. Wymagania ogólne i badania*.
- [3] PN-V-87001:1999, *Ostony balistyczne lekkie. Hełmy ochronne kuloodporne. Wymagania ogólne i badania*.
- [4] STANAG 4569, *Protection Levels for Occupants of Logistic and Light Armoured Vehicles*. AEP 55, Annex – C – *Artillery Threat*, Annex – E – *Test Equipment Issues*.
- [5] Wróblewski A., *Modernizacja układu miotającego stanowiska do badania odłamkooporności oraz adaptacja broni do wyznaczania parametru V50 dla pocisków pistoletowych*, sprawozdanie z pracy statutowej WITU 2009/2010.

## **Ballistics of Standard Fragments used for Testing Ballistic Protecting Shields**

Andrzej WRÓBLEWSKI, Monika PRACHT

**Abstract.** Some aspects of propelling systems and external ballistics for 5.56 mm and 20 mm standard fragments called also fragment simulating projectiles (FSP) used for determining the level of ballistic protection for ballistic protective shields are presented in the paper. Fragment simulating projectiles of 5.56 mm caliber are presented in two options: with sabot and without sabot. The construction of double chambered propellant system was described. The results of measurements of external ballistic parameters of fragment simulating projectiles were introduced.

**Keywords:** mechanic, external ballistics, fragment simulating projectiles, double chambered propellant system

