



## SYMULATORY ODŁAMKÓW *SIMULATORS OF FRAGMENTS*

Bogdan PIĄTEK, Bohdan ZARZYCKI  
Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia  
*Military Institute of Armament Technology*

**Streszczenie:** W artykule opisano wybrane symulatory odłamków (ang. avatar). Przedstawiono także przykłady odłamków rzeczywistych, opisano odłamek standardowy o masie 1,1 g oraz odłamki o większej masie (*odłamki FSP* [1]/„odłamki zastępcze”/„uśrednione odłamki rzeczywiste” / „symulacyjne odłamki rzeczywiste” - używane podczas badań balistycznych np. kamizelek kuloodpornych, hełmów, osłon balistycznych, czy ostrzału wozów bojowych, transporterów. Szczegółowo został opisany „odłamek zastępczy” - odłamek FSP jaki powstaje w wyniku detonacji 155 mm pocisku odłamkowo-burzącego oraz przedstawiono poziomy ochrony osłon balistycznych określane z jego wykorzystaniem. Przedstawiono także „odłamek insensitive” (odłamek imitujący działanie pocisku na amunicję posiadającą materiały wybuchowe) używany do sprawdzenia wrażliwości amunicji na oddziaływanie bodźców mechanicznych. Ustosunkowano się do „odłamka IED” – odłamki z pułapki-miny, „chmury odłamków” symulujących efekt *improvizowanego ładunku wybuchowego IED* [2] (ang. Improvised Explosive Device) powstającego w czasie *wybuchu fragmentującego IED* [1].

**Słowa kluczowe:** odłamek, odłamek standardowy, poziom ochrony, odłamek FSP, odłamek insensitive, odłamek IED

### 1. Wstęp

Współczesna amunicja o działaniu odłamkowym i odłamkowo-burzącym charakteryzuje się wysoką celnością i efektywnością rażenia. Podstawowym jej zadaniem jest niszczenie nieosłoniętej i osłoniętej np. indywidual-

**Abstract:** Some fragment-simulating projectiles (FSP) also named as avatars are described in the paper. Following examples of real fragments are also presented: standard fragment with the weight of 1.1 g and fragments with greater weight (*FSP fragments* [1], substitute fragments, average-sized shrapnel, real simulating fragments) used for ballistic tests of e.g. bullet-proof jackets, helmets, ballistic screens, or for firing to combat vehicles and transporters. A detailed description of FSP substitute shrapnel created at the detonation of 155 mm high explosive shell is included with the classes of ballistic protections which are determined by using it. Moreover an insensitive shrapnel (shrapnel imitating the impact of a projectile on ammunition filled with explosive material) used for checking the susceptibility of ammunition against action of mechanical stimuli is presented. An opinion about the “IED shrapnel”, fragments from mine traps, “clouds of fragments” simulating the effect of an *improvvised explosive device (IED)* [2] created at *IED fragmentation explosion* [1] is also expressed.

**Keywords:** shrapnel, standard shrapnel, level of the protection, fragment-simulating projectile (FSP), insensitive shrapnel, IED fragment

### 1. Introduction

Contemporary high-explosive and fragmentation ammunition is characterised by high accuracy and effectiveness of hitting. Its main task is to destroy live power that is unprotected and protected e.g. by individu-

alnymi osłonami balistycznymi siły żywej lub eliminacja uzbrojenia, lekkiego sprzętu technicznego poprzez powstające w momencie wybuchu odłamki (wg [3] *fragmenty korpusu pocisku, granatu, bomby, itp. powstałe w wyniku rozerwania się jego korpusu (fragmentacji) pod wpływem wybuchu zawartego w nim materiału wybuchowego*). Przykładowe odłamki z korpusów pocisków pokazano na fot. 1.

Z korpusów pocisków bez fragmentacji wymuszonej powstają odłamki o różnej wielkości, a więc o różnej masie i energii kinetycznej.



*fragmentacja dowolna [4] free fragmentation*  
*fragmentacja nieokreślona [5] not determined fragmentation*  
*fragmentacja przypadkowa [6] random fragmentation*  
*fragmentacja naturalna [7] natural fragmentation*

al ballistic screens or to eliminate the armament and light technical equipment through the fragments created in the moment of explosion (according to [3] *fragments of shell or body of projectile, grenade, bomb, etc. created in the result of its bursting (fragmentation) caused by the explosion of explosives included in it*). Exemplary fragments from the bodies of projectiles are presented in photo 1.

The shells of projectiles without forced fragmentation generate fragments with different size, mass and kinetic energy.



*fragmentacja wymuszona [4], [6], [7] forced fragmentation*  
*fragmentacja określona [5] determined fragmentation*

**Fot. 1 Kształty odłamków** Źródło: opracowanie własne  
**Photo 1. Shapes of fragments** Origin: own development

Według [8, str. 65] *oprócz głowic z fragmentacją przypadkową (głównie chodzi tu o pociski artylerii klasycznej) i wymuszoną (głowice rakietowe), spotykane są głowice z fragmentacją częściowo wymuszoną.*

Odłamek mający energię kinetyczną wystarczającą do rażenia/zranienia nazywa się odłamkiem skutecznym, a wg [9] *zdolne unieszkodliwić żołnierza pod warunkiem, że przebiją one świerkową deskę, natomiast według [4] odłamek uważany jest za skuteczny wtedy, gdy jego energia kinetyczna gwarantuje całkowite wytrącenie nie osłoniętego przeciwnika. Ogólnie jest przyjęte, że energia kinetyczna odłamka winna być nie mniejsza niż 78 Joule (8 kGm). W praktyce zakłada się, że jest to równoważne z przebiciem calowej deski sosnowej.*

Przyjmuje się, że w przypadku zwalczania nieosłoniętej siły żywej energia kinetyczna odłamka o masie 1 g nie powinna być

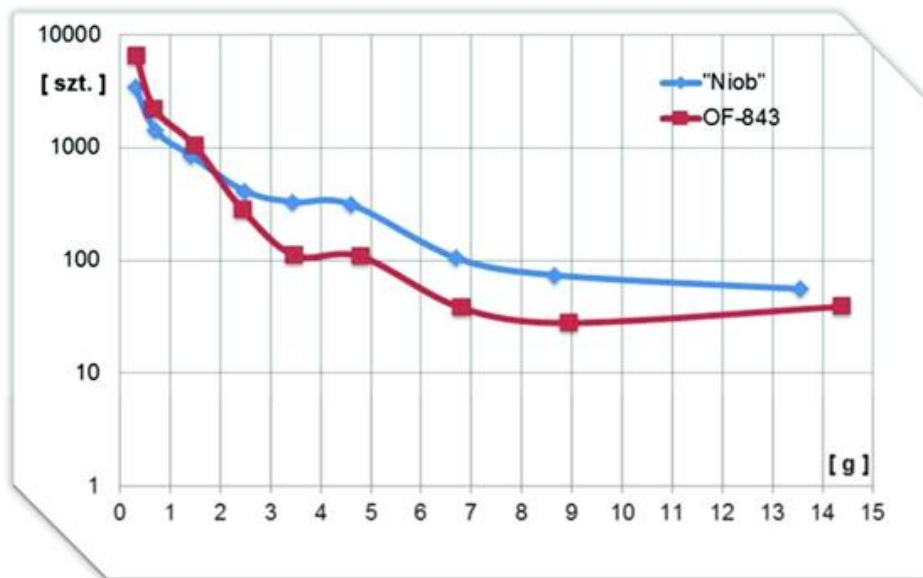
According to [8, page 65] *apart of heads with random (mainly projectiles of conventional artillery) and forced (rocket heads) fragmentation there are also heads with partially forced fragmentation.*

A fragment possessing sufficient kinetic energy for hitting/injuring is defined as the efficient fragment and according to [9] *it has to incapacitate a soldier provided that the fragment pierces through a spruce tree plank, whereas according to [4] the fragment is efficient when its kinetic energy warrants complete elimination of an uncovered enemy. It is generally accepted that the kinetic energy of the fragment has to be greater than 78 Joules (8 kGm). In practice it is an equivalent of piercing one inch pine plank.*

It is accepted that in case of fighting the unprotected live power the kinetic energy of a fragment with the mass of 1 g has to be

mniejsza niż 100 J – wg [10] do skutecznego porażenia siły żywej wymaga się energetycznego oddziaływania na poziomie 70-150 J/cm<sup>2</sup>, o tyle do porażenia urządzeń technicznych potrzeba energii o rząd, a nawet ponad dwa rzędy wielkości większej (zależnie od konstrukcji i ewentualnego opancerzenia). Dlatego też skuteczność pocisków odłamkowych przeciwko technice bojowej jest niewielka i ogranicza się przede wszystkim do niewielkiej odległości od miejsca uderzenia pocisku (zależnie od kalibru, ale realnie jest to odległość od kilku do kilkunastu metrów). Również w [11, 12] podano, że odłamek o masie 1,1 g jest skuteczny, gdy jego energia (energia skuteczna odłamka niezbędna do rażenia ludzi [11]) (wynosi, co najmniej) 98 J/cm<sup>2</sup>. Jednak odłamek o tej masie nie gwarantuje, że zawsze będzie skuteczny, np. w przypadku uderzenia płaską powierzchnią (energia przypadająca na jednostkę powierzchni jest mała). Według [9] w nowoczesnej praktyce poligonowej przyjęto uważać za rażące wszystkie odłamki i pociski przebijające tarczę calowej grubości i 50% odłamków tkwiących w tarczy.

greater than 100 J – according to [10] the efficient hitting of the live power requires the acting energy on the level of 70-150 J/cm<sup>2</sup> but the incapacitation of technical equipment requires one or even two order higher energy (depending on the design and possible armour). For this reason the effectiveness of fragmentation projectiles against combat equipment is not great and is limited above all to a small distance from the place of projectile's hitting (depending on calibre but realistically it is the distance between a few and a dozen meters). In [11, 12] there is also mentioned that the fragment with the mass of 1.1 g is effective when its energy (efficient energy required for hitting people [11]) (is at least) 98 J/cm<sup>2</sup>. But a fragment of this mass does not give any warranty of its effectiveness in every case e.g. hitting by a flat surface (energy versus the unit of the surface is small). According to [9] a contemporary practice of training ranges assumes that fragments and projectiles penetrating one inch shield and 50% of fragments remaining in the shield are effective.



**Wykres 1. Rozkład liczby odłamków w funkcji ich masy.** Źródło: opracowanie własne wg [12]  
**Diagram 1. Distribution of fragments population versus their mass.** Source: own development acc. to [12]

Na wykresie 1 pokazano rozkład liczby odłamków w funkcji ich masy dla korpusów pocisków: OF-843 i „Niob” (o wymuszonej fragmentacji), a na wykresie 2 pokazano liczbę odłamków w grupach masowych dla korpusu pocisku „Niob”. Liczbę

Diagram 1 shows the distribution of number of fragments in the function of their masses for the bodies of projectiles: OF-843 and „Niob” (with forced fragmentation) and the graph 2 shows the number of fragments in mass groups for the body of

odłamków powstających *podczas wybuchu pocisków artyleryjskich o fragmentacji przypadkowej, określaną ze wzoru Justrowa i na drodze doświadczalnej* [8, str. 64] podano w tabeli 1.

projectile „Niob”. The number of fragments created at explosions of artillery shells with random fragmentation determined from Justrow formulae and by experiment [8, p. 64] is given in table 1.

Tabela 1 (źródło: opracowanie własne wg [8]) /Table 1 (origin: own development according to [8])

Lp. No	Liczba odłamków z eksperymentu <i>Number of fragments from experiment</i>	Liczba odłamków o masie z eksperymentu <i>Number of fragments from experiment with mass above</i>		Według Justrowa <i>According to Justrow</i>	Kaliber <i>Calibre</i>
		1 g i powyżej <i>1 g and more</i>	4 g i powyżej <i>4 g and more</i>	1 g i powyżej <i>1 g and more</i>	mm
1	2 300	1 212	811	1 563	122
2	3 120	2 098	1 282	2 068	152

Według [13] uważa się, że do porażenia celów żywych (ludzi) energia kinetyczna odłamka (skuteczna) powinna wynosić nie mniej niż 80 J. Rażenie skuteczne poszczególnych części np. samolotów jest możliwe przy energii odłamków 1000÷3000 J, przy czym ciężar odłamków powinien wynosić 10÷20 G, a liczba trafień od 20÷80.

W związku z taką różnorodnością kształtów i mas odłamków powstała konieczność ich unormowania/ujednolicenia, np. określenia parametrów (masowych, wymiarów) „pocisków” symulujących odłamki.

W normie [14] podano parametry „odłamków wirtualnych” do badania osłon balistycznych, a w projekcie dodatkowych załączników do umowy STANAG 4569, standaryzujących poziomy ochrony załóg dla nowego rodzaju zagrożeń [15], podano także procedurę badania odporności amunicji na uderzenie „wirtualnym odłamkiem/pociskiem”.

Różnorodność kształtu, masy odłamków, nawet w jednej grupie masowej wymusiła konieczność ich unormowania/ujednolicenia, np. do badań osłon balistycznych, hełmów, co przedstawiono w [11, Fig. 3 i 4].

Na współczesnym polu walki pojawiły się *improvised explosive devices IED* [5], *improvised explosive charges* [5], *improvised exploding charges* [2], (ang. Improvised Explosive Device), po detonacji których powstają również odłamki.

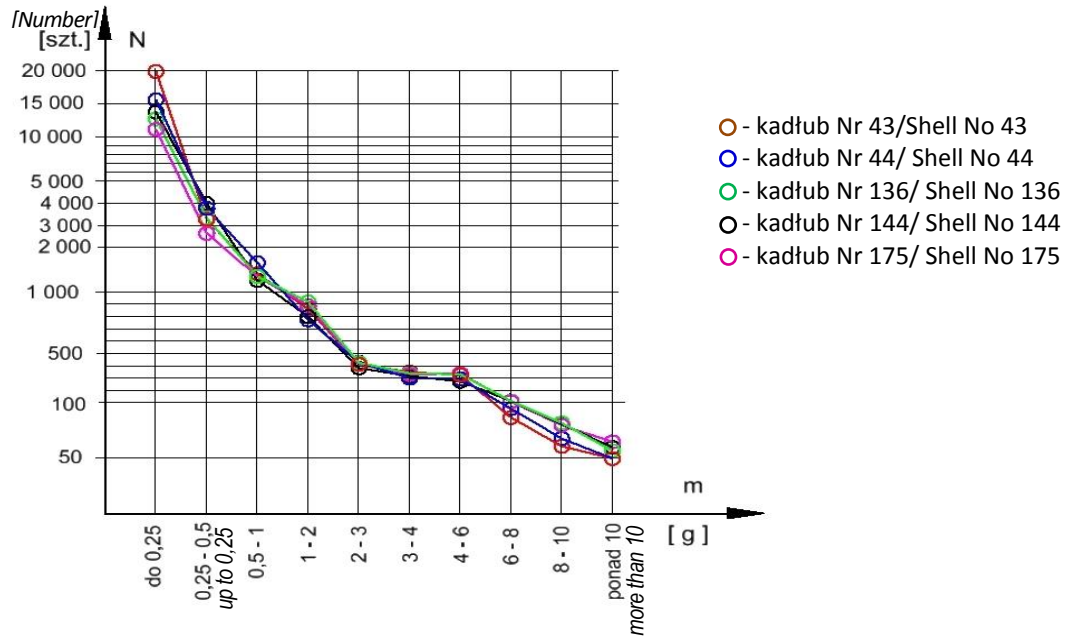
In [13] it is assumed that in order to incapacitate live targets (people) kinetic energy of a fragment has to be greater than 80 J. Effective hitting of particular parts of e.g. aircraft is possible at energy of fragments 1000÷3000 J provided that their weight is 10÷20 G and number of hits 20÷80.

As there is a variety of shapes and masses of fragments a need has arisen for their standardisation/unification by e.g. definitions of parameters (mass, dimensions) of “projectiles” simulating fragments.

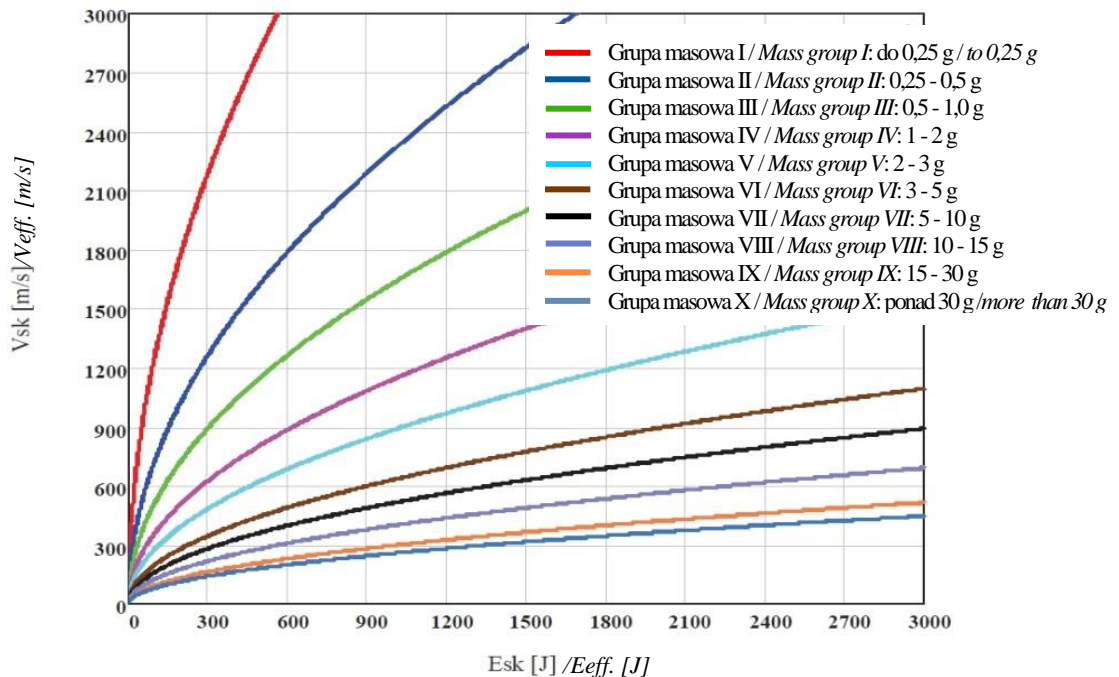
Standard [14] gives parameters of “virtual fragments” for testing ballistic screens and in the draft of additional annexes for agreement STANAG 4569 standardising levels of protection of crews against new types of threat [15] a procedure of testing the resistance of ammunition against hitting by “virtual shrapnel/projectile” is also given.

Differences of shrapnel shapes and masses even within one mass group have enforced a necessity of their standardisation/unification e.g. for testing ballistic screens and helmets what is presented in [11, Fig. 3 and 4].

*Improvised explosive devices IED* [5], *improvised explosive charges* [5] and *improvised exploding charges* [2] have appeared on the contemporary battle field and their detonation also generates the fragments.



Wykres 2. Liczba odłamków w grupach masowych (wyrób „Niob”). Źródło: opracowanie własne wg [12]  
Diagram 2. Number of fragments in mass groups (article „Niob”. Source: own development acc. to [12])



Wykres 3. Zależność wymaganej prędkości odłamków od założonej ich energii skutecznej dla poszczególnych grup masowych pocisku. Źródło: [13, Rys. 10]

Diagram 3. Dependence of required velocity of fragments on their assumed effective energy for particular mass groups of a projectile. Source: [13, Fig. 10]

## 2. Odłamki do badania osłon balistycznych

W normie [14] podano parametry „odłamków wirtualnych” do badania osłon balistycznych, które przedstawiono poniżej.

## 1. Fragments for testing ballistic screens

Standard [14] gives parameters of „virtual fragments”, presented below, for testing ballistic screens.

### 2.1. Odlamek standardowy o średnicy 5,6 mm (0,22")

Odlamek o średnicy 5,6 mm (rys. 1) symuluje fragmenty korpusu powstające podczas wybuchu granatu obronnego i jest *odłamkiem standardowym 1,1 g FSP* [15], (ang. *Fragment Simulating Projectile*) do badania indywidualnych osłon balistycznych takich jak np.: kamizelki kuloodporne, hełmy czy policyjne tarcze ochronne.



Odłamki standardowe wykorzystywane są do wyznaczania *poziomów ochrony balistycznej* (ang. *ballistic limit*) *V50* [17]. *Test balistyczny odłamkoodporności V50* [15], potocznie nazywany *V50* (lub błędnie *odłamkoodpornością*) [15], określony jest w umowie standaryzacyjnej [18]. Odlamek standardowy, *odlamek testowy* [19] wykonany jest ze stali stopowej o twardości  $(30 \pm 2)$  HRC, a jego masa wynosi  $1,102^{+0,02}$  g. Dokładną masę uzyskuje się poprzez manipulowanie wymiarem długości w granicach tolerancji.

*Odłamki pocisku kalibru .22* [19] mogą być wykonane w dwóch wariantach:

- typ 1 wykonane ze stali walcowanej na zimno i wyżarzanej w gatunku 4337H lub 4340H, o twardości  $(30 \pm 1)$  HRC; przeznaczone są do badania blach pancernych (ang. armor plate).

- typ 2 wykonane ze stali w gatunku, jak powyżej lub z dowolnej innej stali zapewniającej twardość  $(27 \pm 3)$  HRC; przeznaczone są do badania kamizelek/osłon ciała/hełmów (ang. body armor).

### 2.2. Odłamki o średnicy 7,6 mm (.30"), 13 mm (.50") oraz 20 mm

„Wirtualne odłamki” o średnicach 7,6 mm (.30"), 13 mm (.50") (rys. 2) stosuje się do

### 2.1. Standard fragments with diameter of 5.6 mm (0.22")

The fragment with diameter of 0.56 mm (Fig. 1) simulates fragments created at the explosion of a defence grenade crust and is *FSP (Fragment Simulating Projectile) 1.1 g standard fragment* [15] for testing individual protecting screens such as e.g. bullet proof jackets, helmets or police protecting shields.

**Rys. 1. Odlamek standardowy o średnicy 5,6 mm (.22").** Źródło: opracowanie własne

**Figure 1. Standard fragment with diameter of 5,6 mm (.22").** Source: own development

Standard fragments are used for *determination of ballistic protection levels by ballistic limit V50* [17]. *Ballistic test of resistance against fragments V50* [15], commonly named as *V50* (or wrongly as *fragment-resistibility*) [15] is described in standard agreement [18]. Standard fragment, *testing shrapnel* [19] is made from the alloy steel of hardness  $(30 \pm 2)$  HRC and its mass is  $1.102^{+0,02}$  g. The accurate mass is obtained by manipulating the size of the longitude within limits of tolerance.

*Projectile fragments with calibre .22* [19] may be performed in two options:

- Type 1 made from cold rolled and heat tempered steel of grades 4337H or 4340H with hardness of  $(30 \pm 1)$  HRC is designated for testing armour plates

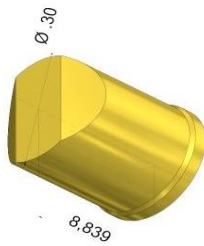
- Type 2 made from the steel grade as above or from any other grade of steel that provides the hardness of  $(27 \pm 3)$  HRC is designated for testing body armours like protections, vests and helmets.

### 2.2. Fragments with diameters of 7.6 mm (.30"), 13 mm (.50") and 20 mm

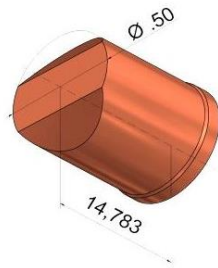
„Virtual fragments” of 7.6 mm (.30") and 13 mm (.50") diameters (Fig. 2) are

badania osłon balistycznych pod kątem sprawdzenia poziomu ich ochrony.

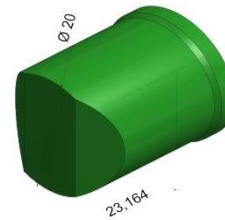
used for testing ballistic screens to evaluate the level of their protection.



„kaliber .30”  
calibre .30



„kaliber .50”  
calibre .50



ekwiwalent odłamka 155 mm pocisku HE  
equivalent fragments 155 mm projectile HE  
odłamek o średnicy 20 mm / fragment with  
diameters 20 mm  
odłamek kal. 20 mm [3] / fragment cal. 20 mm [3]  
20 mm odłamek FSP [3] / 20 mm fragment FSP [3]

**Rys. 2. Symulatory odłamków**

Źródło: opracowanie własne

**Rys. 2. Simulators of Fragments**

Source: own development

Dla danego poziomu ochrony wymagane jest 100% zabezpieczenie przed penetracją odłamkiem (brak przebicia). Zgodnie z wymaganiami i metodyką zawartą w STANAG 4569 uzupełnioną aneksem C i E – AEP 55 „wirtualny odłamek 20 mm” wykorzystywany jest do określenia poziomu ochrony osłon, także wozów bojowych, które poddawane są w ten sposób ekwiwalentnemu narażeniu pochodzącemu od wybuchu 155 mm pocisku HE. W tym przypadku, dla osób znajdujących się w pojazdach na wypadek zagrożenia lista poziomów zabezpieczenia oparta jest o 90-procentowe prawdopodobieństwo zapewnienia osłony [20].

Zależności pomiędzy poziomem ochrony a teoretyczną odległością mierzoną od miejsca rażenia do miejsca wybuchu (odległość wybuchu [20], odległość detonacji pocisku [5]) oraz prędkości uderzenia wirtualnego odłamka przedstawiono w tabeli 2.

W [21] przedstawiono stanowisko badawcze na fotografii 9. Natomiast na rys. 7. [21] przedstawiono wykres prędkości 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.

For a specific level of protection 100% protection against shrapnel penetration is required (lack of penetration). According to requirements and methodology included in STANAG 4569 completed by annex C and E – AEP 55 „20 mm virtual fragment” is used for evaluation of the protection level of screens, including also combat vehicles, which in such a way are subjected to the equivalent threat caused by the explosion of 155 mm HE projectile. In this case of threat the list of protection levels is based on 90 percentage probability of providing the protection for persons inside the vehicles [20].

Dependencies between the level of protection and theoretical distance measured from the place of hitting to the place of explosion (distance of explosion [20], projectile detonation distance [5]), and the hitting velocity of virtual fragment are presented in table 2.

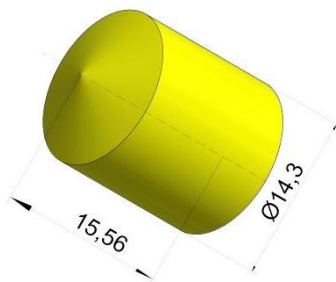
Testing set-up is presented in photo 9 in [21]. Graph of velocity for 20 mm FSP fragments versus distance is presented in figure 7 [21] where for  $V_0 = 1060$  m/s the decrease is 6 (m/s)/m and for  $V_0 = 960$  m/s decrease is 5.5 (m/s)/m.

Tabela 2. / Table 2.

Lp. No	Poziom ochrony <i>Protection level</i>	„Odległość od wybuchu” <i>Distance from the explosion</i>	Prędkość uderzenia <i>Hitting ve- locity</i>	Tolerancja prędkości <i>Tolerance of velocity</i>	Kąt ostrzału <i>Angle of firing</i>		Średnica odłamka <i>Diameter of fragment</i>
		m	m/s	m/s	Azymut <i>Azimuth</i>	Elewacja <i>Elevation</i>	mm
1	5	25	960	± 20	360 °	0 ° - 90 °	20
2	4	30	960			0 ° - 90 °	
3	3	90	770			0 ° - 30 °	
4	2	120	630			0 ° - 22 °	
5	1	150	520			0 ° - 18 °	

### 3. „Odłamek insensitive” do badania wrażliwości amunicji

Odłamek do badania wrażliwości amunicji przedstawiono na rys. 3. W umowie standaryzacyjnej [18] opisana jest procedura według której określa się wrażliwość amunicji na uderzenie „odłamkiem insensitive” odpowiadającemu przeciętnemu odłamkowi z pocisku artyleryjskiego. Ostrzał amunicji prowadzony jest „odłamkiem insensitive” w jej „najbardziej wrażliwe miejsce, z reguły jest to zapalnik lub zapłonnik.



W normie przewidziane są dwie procedury badawcze:

- standardowa procedura przedstawia reakcję badanej amunicji na uderzenie odłamkiem o dużej prędkości, „odpowiadającemu odłamkowi” bomby albo pocisku artyleryjskiego. Prędkość uderzenia „odłamka insensitive” w standardowym teście powinna wynosić  $(2530 \pm 90)$  m/s,

### 3. „Insensitive fragment” for testing susceptibility of ammunition

Fragment for testing the susceptibility of ammunition is presented in figure 3. In standard agreement [18] a procedure is described for determination of susceptibility of ammunition against impact of “insensitive fragment” corresponding to average shrapnel from artillery shell. Usually most sensitive parts of the ammunition such as the fuse or igniter are subjected to firing by “insensitive fragment”.

**Rys. 3. „Odłamek insensitive” do badań wrażliwości amunicji.** Źródło: opracowanie własne

**Figure 3. „Insensitive fragment” for testing the susceptibility of ammunition.** Source: own development

Two testing procedures are predicted in the standard:

- Standard procedure represents reaction of tested ammunition on hitting by a high velocity fragment “corresponding to a fragment” of a bomb or artillery shell. Hitting velocity of “insensitive fragment” has to be  $(2530 \pm 90)$  m/s in the standard test.



- alternatywna procedura stosowana jest podczas symulacji narażeń (w stosunku do testu standardowego) wówczas, jeśli podczas całego cyklu życia amunicji prawdopodobieństwo uderzenia odłamkiem o prędkości 2530 m/s jest mniejsze niż 0,01 %. Prędkość uderzenia „odłamka insensitive” w alternatywnej procedurze powinna wynosić (1830±60) m/s.

Przyjęcie procedury standardowej lub alternatywnej odbywa się po przeanalizowaniu dotychczasowych warunków składowania amunicji w warunkach polowych (zagrożenia na polu walki). Inne prędkości uderzenia mogą być zastosowane, jeśli zostanie stwierdzone, że mogą one doprowadzić do groźniejszych skutków podczas tymczasowego przechowywania amunicji w warunkach polowych.

#### 4. „Odłamek IED” od improwizowanego ładunku wybuchowego IED

*Improwizowane ładunki wybuchowe IED* [5], czy inaczej *fragmentujące ładunki IED* [1], *ładunki IED* [5], *improwizowane urządzenia wybuchowe IED* [5], *IED - improwizowane urządzenia wybuchające* [20] (ang. Improvised Explosive Device), stanowią duże zagrożenie nie tylko dla wozów bojowych. Do ich wykonania stosuje się różnorodne materiały, które mogą być wykorzystane do wykonania urządzeń prymitywnych (fot. 2), jak również urządzeń skomplikowanych. Najczęściej przyjmuje się, że są to 155 mm artyleryjskie pociski odłamkowo-burzące zdalnie detonowane. Jak napisano w niniejszym artykule, ekwiwalentem odłamka dla tego typu pocisku jest wirtualny 20 mm odłamek opisany w STANAG 4569 (*20 mm odłamek FSP* [21]). Jednak osłona balistyczna spełniająca wymagania poziomu ochrony 5 (ostrzał z odległości 25 m z prędkością 960 m/s wirtualnym odłamkiem 20 mm – p. 2.2 tabela) nie chroni przed „odłamkiem IED”, ponieważ w przypadku *improwizowanego ładunku wybuchowego IED* [2] na obiekt/wóz bojowy/samochód działa skumulowany efekt fali uderzeniowej oraz odłamki powstającego z detonowanego pocisku/miny pułapki (tzw. *IEDs ze szczególnym uwzględnieniem ich odłamków*. W pracy opisano wyniki symu-

- An alternative procedure is used at simulating the threats (comparing to the standard test) when during the whole life cycle of the ammunition the probability of hitting by a fragment with velocity of 2530 m/s is less than 0.01 %. The hitting velocity of “insensitive fragment” in alternative procedure has to be (1830±60) m/s.

The acceptance of standard or alternative procedure is made after analysing the history of storing conditions of ammunition in the field conditions (threats on the battle field). Other hitting velocities may be applied if it is claimed that they may lead to more serious consequences at a temporary storing of ammunition in field conditions.

#### 4. „IED fragment” from improvised explosive charge IED

*Improvised explosive charges IED* [5], called also as *fragmenting IED charges* [1], *IED charges* [5], *improvised explosive devices IED* [5], *IED - improvised exploding devices* [20] create a serious threat not only for combat vehicles. Various materials are used for designing both primitive (Photo 2) and complex devices. Most often it is accepted that they are remotely detonated 155 mm artillery shells. It has been stated in this paper that the equivalent of the fragment for this type of projectile is a 20 mm virtual fragment described in STANAG 4569 (*20 mm FSP fragment* [21]) but the ballistic protection meeting the requirements for the 5<sup>th</sup> level of protection (the firing from distance of 25 m is made at the velocity of 960 m/s by 20 mm virtual fragment – see 2.2 table) does not protect against “the IED fragment” because in the case of *IED improvised explosive charge* [2] an object /combat vehicle is subjected to a cumulative effect of shocking wave and the fragments generated by a detonating projectile/mine trap (so called *IEDs with particular meaning of their fragments*. In the work the results of numerical simulation of a phenomenon of

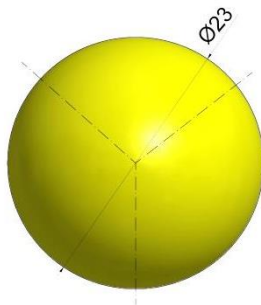
lacji numerycznej zjawiska sprzężonego oddziaływania wybuchu i odłamka [23]).

coupled action of explosion and fragment are described [23]).



**Fot. 2. Improvizowane ładunki wybuchowe IED.** Źródło: zdjęcia z [23]  
**Photo 2. Improvised explosive charges IED.** Source: pictures from [23]

Improvizowane ładunki wybuchowe IED zazwyczaj działają z odległości 1 - 5 m, a prędkość odłamków jest większa niż przyjmowana dla 20 mm odłamków FSP [1]. Zgodnie z [25] proponuje się ekwiwalent odłamka IED/„wirtualny odłamek IED” w formie stalowej kuli o średnicy 23 mm i o masie 50 g, pokazany na rys. 4. W [25] wspomniano także o próbach opracowania jednego odłamka, którego kształtu nie podano, o masie 250 g rozprężonego do prędkości około 1500 m/s.



Jednak w tym wypadku jeden odłamek nie odzwierciedla rzeczywistego działania improwizowanego ładunku wybuchowego IED. Proponuje się [25], aby na obiekt /osłonę balistyczną działał „rój odłamków”/„chmura” składający się z kul stalowych o łącznej masie 2,5 kg i średniej prędkości uderzenia 1750 m/s w centrum „roju” /„chmury”. Parametry te są wstępne i prowadzone są dalsze badania nad „wirtualnym odłamkiem IED”. Prace badawcze w ramach

Improvised explosive charges IED usually operate at distances (1 - 5) m and the velocity of fragments is greater than taken for 20 mm fragments FSP [1]. According to [25] an equivalent of IED fragment/”virtual IED fragment” is proposed in the form of a steel ball with 23 mm diameter and mass of 50 g that is presented in figure 4. It has been mentioned in [25] about the efforts of developing a fragment of not described shape and mass of 250 g moving with the velocity of ca. 1500 m/s.

**Rys. 4 Ekwiwalent odłamka IED.** Źródło: opracowanie własne

**Figure 4. Equivalent of IED fragment.** Source: own development

But in such case one fragment does not reflect realistically the action of an improvised explosive charge IED. It is proposed in [25] to provide the impact of a “swarm of fragments”/”cloud”, consisting of steel balls with total mass of 2.5 kg and average hitting velocity 1750 m/s in the centre of the “swarm”/”cloud”, into a ballistic object /protection. They are initial parameters and research work on the “virtual IED fragment” is under way. Research projects carried out

realizacji programów modernizacji SZ RP, powinny uwzględnić nowe wymagania [1] współczesnych konfliktów zbrojnych, czy misji stabilizacyjnych.

## 5. Podsumowanie

Powszechnie znany jest odłamek standardowy, jednak jak przedstawiono w niniejszym artykule istnieje o wiele więcej ekwiwalentnych symulatorów odłamków. Różnią się one kształtem, masą oraz, jak w przypadku symulacji odłamka powstającego od *improwowanego ładunku wybuchowego IED* [5] („wirtualnego odłamka IED”), pomysłowością konstruktora improwowanego pocisku.

W praktyce, zamiast detonowania pocisków rzeczywistych, używa się odpowiednio dobranych i napędzanych „odłamków zastępczych”, np. do badania osłon balistycznych. Dąży się do tego, aby zamiennik odłamka odzwierciedlał działanie rzeczywistego uśrednionego odłamka z pocisku odłamkowo – burzącego. Ponieważ „odłamki zastępcze” coraz częściej są znormalizowane, można z dużym prawdopodobieństwem wnioskować, że uzyskiwane wyniki badań przez różne laboratoria, są powtarzalne.

Wraz z występowaniem nowych zagrożeń na współczesnym polu walki powinny być prowadzone prace badawcze nad nowymi rodzajami symulatorów odłamków/„odłamków zastępczych”.

in the frame of upgrading programs for the Polish armed forces have to take into account new requirements [1] of contemporary military conflicts or stabilising missions.

## 5. Summary

The standard fragment is well known but as it was presented in the paper there are many other equivalent simulators of fragments. They differ by shapes, masses and, as it is in the case of simulating the fragment originating from *improvised explosive charge IED* [5] („virtual IED fragment”) by invention of a designer of the improvised projectile.

In practice instead of detonating real projectiles some suitably matched and propelled “replacing fragments” are used e.g. for testing ballistic protections. There is a tendency of reflecting the action of an average real fragment from HE projectile by a substitute of the fragment. As the “replacing fragments” have been standardised recently it may be stated with a significant probability that received results of tests carried out by different laboratories are repeatable.

Concurrently to appearance of new threats on the contemporary battle field the research projects have to be led on new types of fragment simulators/”substitute fragments”.

## Literatura / Literature

- [1] Szudrowicz M.: *Kierunki rozwoju opancerzenia wozów bojowych – nowe rodzaje zagrożeń*, Zeszyty Naukowe WOSL, Nr 2 (168) 2013, s. 109-115
- [2] Dąbrowski M., Komański Z.: *Aktywne systemy obrony pojazdów (ASOP) cz. I*, Szybko-bieżne Pojazdy Gąsiennicowe, (29) nr 1, 2012
- [3] *Słownik pojęć artyleryjskich i nie tylko ...* <http://weapon.friko.pl/slovník/o.htm>
- [4] Kowalewski K.: *Granaty odłamkowe i balistyka lotu odłamków*, WITU, Problemy Techniki Uzbrojenia i Radiolokacji, Zeszyt 28 / 1981, s. 5-19
- [5] Śliwiński M., Kucharczyk W.: *Konstrukcja lekkiego pancerza balistycznego dla pojazdów specjalnego przeznaczenia w aspekcie jego własności osłonowych i składu fazowego*, Czasopismo Logistyka – nauka, Nr 3/2014
- [6] *Encyklopedia Techniki Wojskowej*: Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, Warszawa 1987, Wydanie II
- [7] Podciechowski M., Zimończyk K., Żygadło S.: *Ocena skuteczności amunicji odłamko-*

- wej wyposażonej w zapalniki zbliżeniowe, WAT, Problemy Mechatroniki - Uzbrojenie, Lotnictwo, Inżynieria Bezpieczeństwa, Zeszyt nr 1(7)/2012, s. 51-60
- [8] Klus S., *Zespoły Bojowe Pocisków Raketowych*, Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, Warszawa 1965
- [9] Tretiakow G. M.: *Amunicja artyleryjska*, Wydawnictwo MON, Warszawa 1954, Wydanie I
- [10] Furmanek W.: *Sposoby zwiększenia efektywności rażenia współczesnej odłamkowej i odłamkowo-burzącej amunicji artyleryjskiej*, Zeszyty Naukowe WOSL, Nr 1 (167) 2013, s. 95-112
- [11] Pogorzelski F., *Ocena skuteczności rażenia ludzi i sprzętu wojskowego odłamkami granatów*, WITU, Problemy Techniki Uzbrojenia i Radiolokacji, Zeszyt 40 / 1987, s. 23-32
- [12] Nr arch. alb. OBR: 0-0145 Temat: *Opracowanie 120 mm naboju moździerzowego z granatem odłamkowo-burzącym o wymuszonej fragmentacji i zwiększonym działaniu odłamkowo-burzącym, Kryptonim: „NIOB”, Etap 5.2: Badanie fragmentacji kadłubów II partii prototypowej wyrobów*, 1984
- [13] Waclawik K., Sienicki K., Motyl K., Rodzik D., *Komputerowa symulacja działania głowicy bojowej pocisków raketowych klasy z-z*, MECHANIK 7/2015, XIX Międzynarodowa Szkoła Komputerowego Wspomagania Projektowania, Wytwarzania i Eksploatacji, str. 921-930
- [14] Norma MIL-DTL-46593B:2006 *Detail specification, projectile, calibers .22, .30, .50, and 20 mm fragment-simulating*
- [15] Kozera B., Sidelnik P.: *Propozycja wprowadzenia normy obronnej dotyczącej badania osłon balistycznych*, WITU, Problemy Techniki Uzbrojenia i Radiolokacji, Zeszyt 132 4/ 2014, s. 55-63
- [16] Roy C. Laible: *Ballistic materials and penetration mechanics*, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York, 1980
- [17] PN-V-87001:1999, *Oslony balistyczne lekkie. Chełmy ochronne odłamko- i kuloodporne. Wymagania ogólne i badania*
- [18] Umowa Standaryzacyjna STANAG 4496: 2006 *Fragment impact, munitions test procedure*
- [19] Niezgoda T., Kosiuczenko K., Barnat W., Panowicz W.: *Symulacja numeryczna przebijania odłamkiem osłony balistycznej wykonanej z kompozytu*, Modelowania Inżynierskie, Nr 42, 2011, str. 295-302
- [20] Szudrowicz M.: *Skuteczność opancerzenia pojazdów*, WITU, Problemy Techniki Uzbrojenia i Radiolokacji, Zeszyt 94 / 1/2005, s. 79-84
- [21] Wróblewski A., Pracht M.: *Badania dynamiczne odłamków standardowych stosowanych do sprawdzeń osłon balistycznych*, WAT, Problemy Mechatroniki - Uzbrojenie, Lotnictwo, Inżynieria Bezpieczeństwa, Zeszyt nr 16/2014, s. 33-46
- [22] Umowa Standaryzacyjna STANAG 4569 - Edycja 3. *Protection Levels for Occupants of logistic and Light Armored Vehicles*
- [23] Barnat W., Panowicz W., Niezgoda T., Sławiński G.: *Wstępna analiza numeryczna oddziaływania odłamka i wybuchu na płytę stalową*, Modelowania Inżynierskie, Nr 42, 2011, str. 37-43
- [24] [www.google.pl/search?q=stanag+4569&biw=1536&bih=879&tbm=isch&tbo=u&source](http://www.google.pl/search?q=stanag+4569&biw=1536&bih=879&tbm=isch&tbo=u&source)

---

=univ&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwj6sLPY6e7JAhUC3iwKHYViCK4QsAQILQ#img  
rc= ..., 20.12.2015

- [25] Karpenko A.; Ceh M.: *Experimental simulation of fragmentation effects of an improvised explosive device*, 23 International symposium on ballistics, Tarragona, Spain, 16-29 April 2007
- [26] PN-V-87000:2011 *Oslony balistyczne lekkie. Kamizelki kulo- i odłamkoodporne - Wymagania i badania*

