



BADANIA EFEKTYWNOŚCI NIEKTÓRYCH URZĄDZEŃ WYLOTOWYCH W BRONI PROJEKTU „RAWAT”

TESTING THE EFFECTIVENESS OF SELECTED GUN MUZZLE DEVICES IN THE PROJECT „RAWAT”

Jacek BOŻEJKO, Jacek KIJEWSKI, Grzegorz STEFANEK

Instytut Techniki Uzbrojenia, Wydział Mechatroniki i Lotnictwa, Wojskowa Akademia Techniczna
*Institute of Armament Technology at Faculty of Mechatronics and Aviation in the Military University
of Technology*

Streszczenie: W artykule przedstawiono niektóre wyniki badań urządzeń wylotowych (UW), dedykowanych karabinkom w układzie kolbowym i bezkolbowym systemu MSBS-5,56. Badaniom poddano urządzenia wylotowe z gwintem 1/2x28 UNEF R/H, będące wyrobami seryjnymi stosowanymi do karabinków rodziny M16 oraz urządzenia wylotowe opracowane w ramach projektu rozwojowego nr O ROB 0034 03 001 pn. „RAWAT”.

Słowa kluczowe: urządzenie wylotowe, hamulec wylotowy, tłumik płomienia, broń strzelecka.

1. Wstęp

Urządzenia wylotowe (UW) w postaci hamulców wylotowych, wzmacniaczy odrzutu, tłumików płomienia lub hybrydowych UW są stosowane w broni strzeleckiej (rys. 1.1) i broni artyleryjskiej. W broni strzeleckiej występują zwłaszcza w karabinkach, karabinach i wielkokalibrowych karabinach maszynowych. Ich przeznaczenie scharakteryzowano w [1], [2], [3], [4], [5], [6] i [8].

Odpowiednio dobrane do broni UW może zmniejszyć lub zwiększyć energię odrzutu broni działającą na strzelającego, co może powodować poprawę celności broni podczas strzelania. Ponadto dzięki UW możliwe jest: zniwelowanie wzbijanie kurzu – utrudniające obserwację i celowanie oraz błysku towarzyszącego strzałowi - co utrudnia wykrycie strzelca na polu walki.

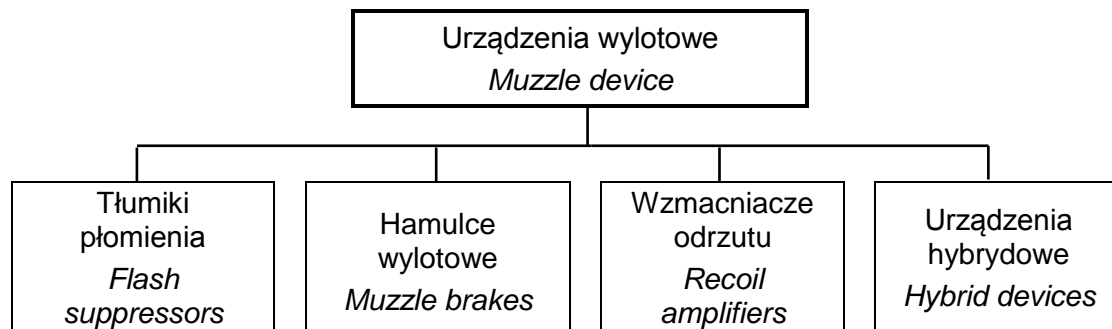
Abstract: Selected results of tests are presented in the paper for the muzzle devices (MD) dedicated to rifles with butt and bullpup layouts of MSBS-5.56 system. Commercially manufactured standard M16 flash suppressor with the thread 1/2x28 UNEF R/H and muzzle devices designed under the development project No O ROB 0034 03 001 named RAWAT were used for testing.

Keywords: muzzle device, muzzle brake, flash suppressor, small arms.

1. Introduction

Muzzle devices (MD) like muzzle brakes, amplifiers of recoil and flash suppressors or hybrid MD are used in small arms (Fig. 1.1) and artillery guns. In small arms they are used in carbines, rifles and large calibre machine guns. Their designation is characterised in [1], [2], [3], [4], [5], [6] and [8].

The MD that is suitably matched to the weapon may increase or decrease the gun recoil energy acting on the shooter what may improve its accuracy at firing. Moreover the MD may eliminate the creation of dust that harms the observation and aiming, and the firing flash to prevent the spotting of the shooter on the combat field.



Rys. 1.1. Podział urządzeń wylotowych stosowanych w broni strzeleckiej

Fig. 1.1. Classification of muzzle devices used in small arms

Podstawową charakterystyką urządzenia wylotowego jest jego efektywność (sprawność) będąca zależnością prędkości odrzutu swobodnego broni V_m bez UW i z UW (wzór (7)). Powyższą prędkość można wyznaczyć m.in. za pomocą wahadła strzeleckiego.

2. Obiekt badań

Badaniom poddano urządzenia wylotowe z gwintem 1/2x28 UNEF R/H, które są produkowane seryjnie i montowane do karabinków rodziny M16 oraz urządzenia wylotowe opracowane do karabinków systemu MSBS-5,56 w ramach projektu „RAWAT” (fot.2.1). Podczas badań UW były montowane na wylocie lufy 5,56 mm karabinka MSBS-5,56K o nr KN-0007.

3. Stanowisko do badania efektywności urządzeń wylotowych

Badanie efektywności UW przeprowadzono na wahadle strzeleckim, które znajduje się w Zakładzie Konstrukcji Specjalnych Instytutu Techniki Uzbrojenia Wydziału Mechatroniki i Lotnictwa Wojskowej Akademii Technicznej (fot. 3.1).

Poza wahadłem strzeleckim stanowisko badawcze było wyposażone w kamerę „szybką” Vision Research Phantom v12.1 rejestrującą przepływ gazów prochowych przez urządzenia wylotowe.

The basic characteristic of a muzzle device is its efficiency that is a relation between the gun free recoil velocities without and with a MD (formulae (7)). The velocities may be measured by a firing test pendulum.

2. Tested object

The muzzle devices with the thread 1/2x28 UNEF R/H which are in serial production for the family of M16 carbines and the devices developed for the carbines of MSBS-5.56 system for the „RAWAT” project (fot.2.1) were tested. During tests the MDs were attached to the muzzle of the 5.56 mm barrel of MSBS-5.56K carbine with serial number KN-0007.

3. Set-up for testing efficiency of muzzle devices

The efficiency of MDs has been tested by using the firing test pendulum of the Establishment of Special Designs at the Institute of Armament Technology of Faculty of Mechatronics and Aviation in the Military University of Technology (Photo 3.1).

The set-up was equipped with the firing test pendulum and the high speed camera Vision Research Phantom v12.1 recording the flow of powder gases through the muzzle devices.

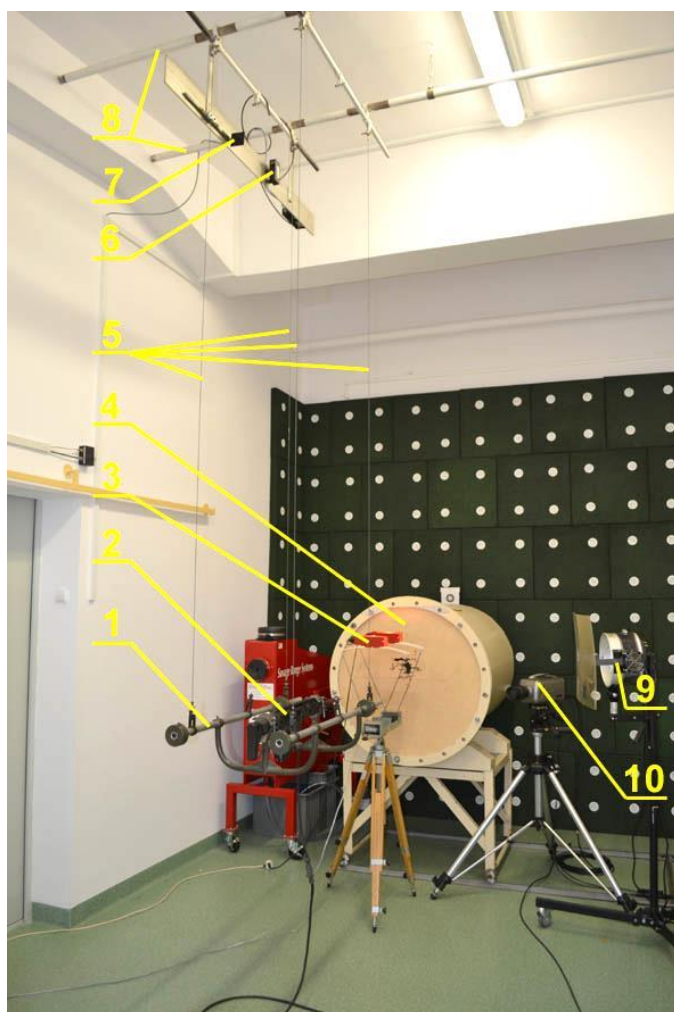


Fot. 2.1. Urządzenia wylotowe użyte w badaniach:

1 – UW zamontowane w MSBS-5,56 nr KN-0007, 2 – UW stosowane w karabinkach M16 wczesnych wersji produkcyjnych, 3 – UW stosowane w karabinkach M16 późniejszych wersji produkcyjnych, 4 – UW wstępnie proponowane do wersji maszynowej MSBS-5,56, 5 – UW wstępnie proponowane do wersji wyborowej MSBS-5,56

Photo. 2.1. Muzzle devices used for testing:

1 – MD used in MSBS-5.56 nr KN-0007, 2 – MD used in M16 carbines of first manufacturing versions, 3 – MD used in later manufacturing versions of M16, 4 – MD initially proposed to machine gun version of MSBS-5.56, 5 – MD initially proposed to sniper version of MSBS-5.56



Fot. 3.1. Stanowisko do badania efektywności urządzeń wylotowych:

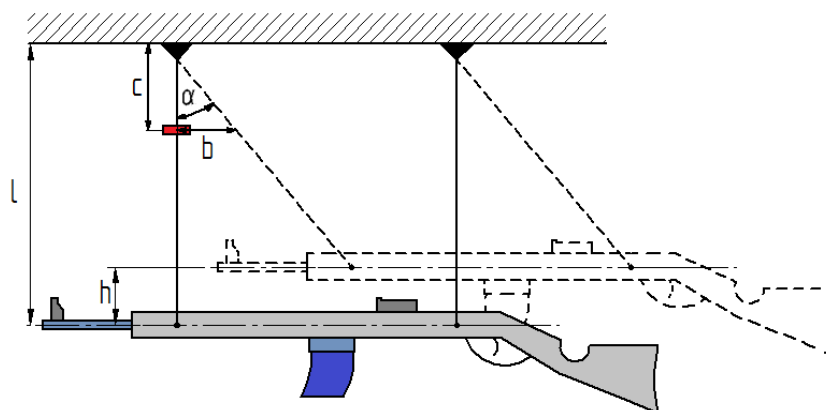
1 – kołyska, 2 – badana broń z zamontowanym UW, 3 – urządzenie do pomiaru prędkości pocisku Gamma Master Chrony, 4 – kulochwyt, 5 – linki podwieszenia, 6 – urządzenie rejestrujące LD 1605-200, 7 – suwak z lustrem odbiornika czujnika przemieszczenia, 8 – rama, 9 – oświetlacz do kamery, 10 – kamera „szybka” Vision Research Phantom v12.1.

Photo.3.1. Set-up for testing the effectiveness of muzzle devices:

1 – cradle, 2 – tested gun with fixed MD, 3 – instrument Gamma Master Chrony for measurement the velocity of projectile, 4 – bullet catch, 5 – suspending cables, 6 – recording instrument LD 1605-200, 7 – slide with a receiver's mirror of the displacement sensor, 8 – frame, 9 – camera light, 10 – high speed camera Vision Research Phantom v12.1.

W skład urządzenia rejestrującego wchodzi laserowy czujnik przemieszczenia LD-1605-200 z zasilaczem, zestaw komputerowy z kartą pomiarową ESAM-3000 oraz suwak z lustrem odbiornika czujnika przemieszczenia i rolki. Po strzale kołyska odchyła się razem z linkami i lustrem czujnika przemieszczenia. Odchylające się lustro odbija promień lasera i przekazuje informacje o wielkości odchylenia się suwaka względem laserowego czujnika przemieszczenia. Znając wielkość odchylenia i korzystając z zależności występujących w trójkącie prostokątnym obliczamy kąt odchylenia kołyski. Schemat geometryczny wahadła strzeleckiego przedstawia rys. 3.1.

The recording device consists of a laser displacement sensor LD-1605-200 with the supply, computer system with the measurement card ESAM-3000, and the slide with the receiver's mirror of the displacement sensor and the rolling castors. After the fire the cradle declines together with cables and the displacement sensor mirror. The declining mirror reflects the laser beam and sends the information about the value of slide decline against the laser displacement sensor. Knowing the value of the decline and using the relations existing in the right-angled triangle the cradle deviation angle may be calculated. The geometrical scheme of firing test pendulum is presented in figure 3.1.



Rys. 3.1. Schemat geometryczny wahadła strzeleckiego:

α – kąt odchylenia kołyski; b – wielkości odchylenia kołyski, c – wysokości od osi obrotu kołyski do promienia czujnika optycznego, h – wysokość na jaką unoszony jest środek masy układu podczas odrzutu swobodnego, l – długość linki podwieszenia kołyski

Fig 3.1. Geometrical scheme of the firing test pendulum:

α – cradle declination angle; b – value of cradle declination, c – height from the cradle axis of rotation to the optical sensor beam, h – height of mass centre displacement at free recoil, l – length of cable used for cradle suspension

Wielkością wyjściową w wahadle strzeleckim jest kąt odchylenia kołyski α . Otrzymuje się go na podstawie znajomości stałej wielkości wysokości od osi obrotu kołyski do promienia czujnika optycznego c oraz pomiaru wielkości odchylenia kołyski b :

The cradle declination angle α is an output value of the firing test pendulum. It is received from the constant value of the height between the cradle rotation axis and the optical sensor beam c , and the measured value of cradle declination b :

$$\alpha = \arctg \frac{b}{c} \quad (1)$$

W czasie, kiedy następuje strzał energia kinetyczna w odrzucie swobodnym broni przemienia się w energię potencjalną uniesionego na wysokość h układu. Uzyskuje się

When the shot is delivered the kinetic energy of the gun free recoil is transferred into a potential energy of the system that is raised to the height h . The following

stąd zależność:

relation may be set:

$$\frac{M_c \cdot V_c^2}{2} = M_c \cdot h \cdot g \quad (2)$$

gdzie:

M_c – masa układu kołyska-bronń [kg];
 V_c – maksymalna prędkość odrzutu swobodnego układu [m/s];
 h – wysokość na jaką unoszony jest środek masy układu podczas odrzutu swobodnego [m];
 g – przyspieszenie ziemskie [m/s²].

Na podstawie rys. 3.1. można zapisać, że:

where:

M_c – mass of cradle-gun system [kg]
 V_c – maximal velocity of the system free recoil [m/s]
 h – height reached by the system mass centre at free recoil [m]
 g – Earth’s gravitation [m/s²].

Basing on figure 3.1 the following relation may be put:

$$h = l - l \cdot \cos \alpha = l \cdot (1 - \cos \alpha) \quad (3)$$

gdzie:

l – długość linki podwieszenia kołyski [m].

Po przekształceniu wzoru (2) i wstawieniu w miejsce h wzoru (3) oraz w miejsce α wzoru (1) otrzymuje się:

where:

l – length of cradle suspending cable [m].

Transforming relation (2) and putting in place of h the formulae (3) and in place of α the formulae (1) we can get:

$$V_c = \sqrt{2 \cdot g \cdot l \cdot (1 - \cos \alpha)} \quad (4)$$

Impuls gazów prochowych podczas strzału nie jest zależny od masy, na którą działa. W związku z tym impuls działający na układ kołyska-bronń jest równy impulsowi działającemu na samą bronń. Z zasady zachowania pędu można zapisać:

The pulse of powder gases at firing does not depend on the mass it reacts with. For this reason the pulse acting on the cradle-gun system is equal to the pulse acting on the gun alone. Basing on the principle of momentum conservation we can put:

$$M_c \cdot V_c = M_b \cdot V_m \quad (5)$$

gdzie:

M_b – masa broni [kg];
 V_m – maksymalna prędkość odrzutu swobodnego broni [m/s].

Przekształcając wzór (5) otrzymuje się:

where:

M_b – mass of the gun [kg]
 V_m – maximal velocity of gun free recoil [m/s].

Transformation of formulae (5) gives:

$$V_m = \frac{M_c}{M_b} \sqrt{2 \cdot g \cdot l \cdot (1 - \cos \alpha)} \quad (6)$$

Prędkość odrzutu swobodnego broni V_m zmienia się dzięki stosowaniu hamulców wylotowych. Określenie prędkości V_m broni bez hamulca wylotowego i z hamulcem wylotowym pozwala na określenie efektywności hamulca wylotowego:

The velocity of gun free recoil V_m changes when the muzzle brakes are used. Determination of gun velocities V_m without and with the muzzle brake describes the effectiveness of the muzzle brake:

$$\xi = \frac{V_{mbh}^2 - V_{mh}^2}{V_{mbh}^2} \quad (7)$$

gdzie:

V_{mbh} – maksymalna prędkość odrzutu swobodnego broni bez hamulca wylotowego;

V_{mh} – maksymalna prędkość odrzutu swobodnego broni z hamulcem wylotowym.

4. Badania efektywności urządzeń wylotowych

Badania rozpoczęto od wyznaczenia parametrów stałych wahadła strzeleckiego (niezmiennych we wszystkich próbach) oraz masy broni i układów kołyska-bron z zamontowanymi urządzeniami. Wielkości te przedstawiono w tabl. 4.1 i 4.2, a MSBS-5,56 z zamontowanymi UW – na fot. 4.1.-4.6.

where:

V_{mbh} – maximal gun free recoil velocity without the muzzle brake

V_{mh} – maximal gun free recoil velocity with the muzzle brake.

4. Testing the effectiveness of muzzle velocity devices

Tests were initiated by determining constant parameters of firing test pendulum (unchangeable in all trials) and the masses of the gun and the system including cradle-gun with assembled instruments. These values are presented in tables 4.1 and 4.2, and MSBS-5.56 with integrated MDs in photos 4.1-4.6.

Tabela. 4.1. Masy broni oraz układu kołyska-bron

Table 4.1. Weights of guns and systems cradle-gun

	Masa MSBS-5,56K nr KN-0007 [kg] <i>Mass of MSBS-5.56K nr KN-0007 [kg]</i>	Masa układu kołyska-bron [kg] <i>Mass of cradle-gun system [kg]</i>
Broń bez zamontowanego UW <i>Gun without fixed MD</i>	5,018	13,902
Broń z zamontowanym UW-1 <i>Gun with fixed MD-1</i>	5,049	13,933
Broń z zamontowanym UW-2 <i>Gun with fixed MD-2</i>	5,071	13,955
Broń z zamontowanym UW-3 <i>Gun with fixed MD-3</i>	5,074	13,958
Broń z zamontowanym UW-4 <i>Gun with fixed MD-4</i>	5,094	13,978
Broń z zamontowanym UW-5 <i>Gun with fixed MD-5</i>	5,149	14,033

Tabl. 4.2. Wielkości stałe w badaniu urządzeń wylotowych

Table 4.2. Constant values in testing muzzle devices

Przyspieszenie ziemskie g [m/s ²] <i>Earth's gravitation</i>	9,81
Wysokość wahadła od osi obrotu do promienia czujnika optycznego c [mm] <i>Height of the pendulum from rotation axis to optical sensor beam c</i>	275
Wysokość linki kołyski l [mm] <i>Height of cradle cable l</i>	2 570



Fot. 4.1. Karabinek systemu MSBS-5,56 bez UW na stanowisku badawczym
Photo 4.1. Carbine of MSBS-5.56 system without MD on the set-up



Fot. 4.2. Karabinek systemu MSBS-5,56 z UW-1 na stanowisku badawczym
Photo 4.2. Carbine of MSBS-5.56 system with MD-1 on the set-up



Fot. 4.3. Karabinek systemu MSBS-5,56 z UW-2 na stanowisku badawczym
Photo 4.3. Carbine of MSBS-5.56 system with MD-2 on the set-up



Fot. 4.4. Karabinek systemu MSBS-5,56 z UW-3 na stanowisku badawczym
Photo 4.4. Carbine of MSBS-5.56 system with MD-3 on the set-up



Fot. 4.5. Karabinek systemu MSBS-5,56 z UW-4 na stanowisku badawczym
Photo 4.5. Carbine of MSBS-5.56 system with MD-4 on the set-up

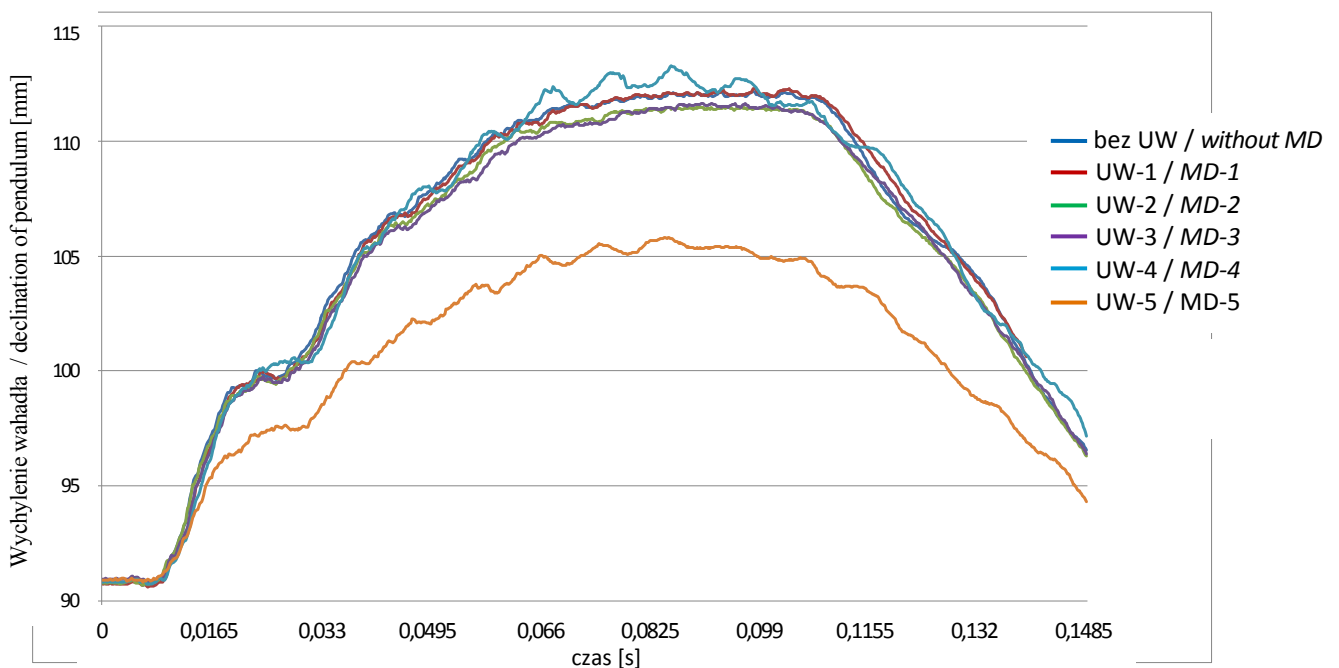


Fot. 4.6. Karabinek systemu MSBS-5,56 z UW-5 na stanowisku badawczym
Photo 4.6. Carbine of MSBS-5.56 system with MD-5 on the set-up

Tab. 4.3. Zestawienie zarejestrowanych prób na karcie pomiarowej ESAM-3000

Table. 4.3. Comparison of results recorded on the measurement card ESAM-3000

Lp. No	Nazwa urządzenia wylotowego (UW) Name of muzzle device (MD)	Nr próby według karty pomiarowej ESAM Trial number according to ESAM measurement card	Prędkość wylotowa pocisku V_1 [m/s] Bullet muzzle velocity V_1 [m/s]	Wychylenie b [mm] Declination
1	Broń bez UW Gun without MD	326	867,1	21,90
2		327	881,4	21,51
3		328	-	21,09
4	Broń z UW-1 Gun with MD-1	329	-	21,63
5		330	879,5	21,72
6		331	885,4	21,74
7	Broń z UW-2 Gun with MD-2	332	881,8	20,49
8		333	879,5	20,82
9		334	885,2	21,04
10	Broń z UW-3 Gun with MD-3	335	884,3	20,56
11		336	893,3	20,91
12		337	887,3	20,92
13	Broń z UW-4 Gun with MD-4	338	875,1	21,92
14		339	878,4	22,6
15		340	885,0	22,52
16	Broń z UW-4 Gun with MD-4	341	882,8	14,95
17		342	908,0	15,01
18		343	885,8	15,27

Rys. 4.1. Zbiorny wykres wychylenia b w funkcji czasu t broni z zamontowanymi UWFigure 4.1. Aggregated graph of declination b versus time t for guns with fixed MDs

Tabl. 4.4. Zestawienie wyników pomiaru kąta α i prędkości odrzutu swobodnego broni V_m
 Table 4.4. Comparison of measurement results of angle α and gun free recoil velocity V_m

Lp. No	Nazwa urządzenia wylotowego Type of muzzle device	Nr próby według karty pomiarowej ESAM Trial number according to ESAM	Wchylenie b [mm] Declination b	Kąt α [°] Angle	Prędkość odrzutu swobodnego broni V_m [m/s] Gun free recoil velocity V_m
1	Broń bez zamontowanego UW Gun without MD	326	21,90	4,55	1,11
2		327	21,51	4,47	1,09
3		328	21,09	4,39	1,06
4	Broń z zamontowanym UW-1 Gun with MD-1	329	21,63	4,50	1,09
5		330	21,72	4,52	1,09
6		331	21,74	4,52	1,09
7	Broń z zamontowanym UW-2 Gun with MD-2	332	20,49	4,26	1,02
8		333	20,82	4,33	1,04
9		334	21,04	4,38	1,05
10	Broń z zamontowanym UW-3 Gun with MD-3	335	20,56	4,28	1,03
11		336	20,91	4,35	1,05
12		337	20,92	4,35	1,05
13	Broń z zamontowanym UW-4 Gun with MD-4	338	21,92	4,56	1,10
14		339	22,6	4,70	1,13
15		340	22,52	4,68	1,13
16	Broń z zamontowanym UW-4 Gun with MD-4	341	14,95	3,11	0,74
17		342	15,01	3,12	0,74
18		343	15,27	3,17	0,76

Tabl. 4.5. Zestawienie wyników średniej prędkości odrzutu swobodnego broni V_m , średniej energii E_{sr} i średniej efektywności ξ_{sr} UW

Table 4.5. Comparison of results of gun free recoil average velocity V_m , average energy E_{sr} , and average efficiency ξ_{sr} UW

Wyszczególnienie Description	Średnia prędkość odrzutu swobodnego broni V_m [m/s] Gun free recoil average velocity V_m [m/s]	Średnia energia E_{sr} [J] Average energy E_{sr}	Średnia efektywność ξ_{sr} [%] Average efficiency ξ_{sr} [%]
Bez urządzenia wylotowego Without muzzle device	1,085	2,95	-
Urządzenie wylotowe nr 1 Muzzle device No 1	1,090	3,00	-1,03
Urządzenie wylotowe nr 2 Muzzle device No 2	1,040	2,75	7,77
Urządzenie wylotowe nr 3 Muzzle device No 3	1,040	2,76	7,72
Urządzenie wylotowe nr 4 Muzzle device No 4	1,120	3,18	-5,94
Urządzenie wylotowe nr 5 Muzzle device No 5	0,750	1,45	52,30

Wykresy odchylenia kołyski otrzymane podczas badań przedstawiono na rys. 4.1, wyniki badań – w tab. 4.3, a obliczone na ich podstawie wartości kąta α oraz prędkość odrzutu swobodnego broni V_m zaprezentowano w tab. 4.4. Z kolei wyniki średniej prędkości odrzutu swobodnego broni V_m , średniej energii i średniej efektywności UW zestawiono w tab. 4.5.

4. Podsumowanie

Celem badań było określenie efektywności urządzeń wylotowych pod kątem zastosowania ich w broni systemu MSBS-5,56. Badaniu na wahadle strzeleckim poddano pięć urządzeń wylotowych. Ich efektywność została wyznaczona na podstawie trzech prób dla każdego urządzenia. Podczas badania panowały warunki normalne.

Z otrzymanych wyników wynikają m.in. następujące wnioski:

- 1) odrzutnik UW-1 o efektywności $\xi = -1,03\%$ nie będzie miał znacznego wpływu na strzelca podczas strzału;
- 2) tłumik płomieni UW-2, stosowany pierwotnie w karabinkach M16, ma efektywność $\xi = 7,77\%$. W związku z tym urządzenie to wpłynie na poprawę celności broni podczas strzelania;
- 3) urządzenie hybrydowe UW-3 (łącznie cechy hamulca wylotowego i tłumika płomienia), stosowane w karabinkach M16 późniejszych serii produkcyjnych, ma efektywność $\xi = 7,72\%$. W związku z tym urządzenie to wpłynie na poprawę celności broni podczas strzelania;
- 4) odrzutnik UW-4, wstępnie przeznaczony do karabinka maszynowego systemu MSBS-5,56, ma efektywność $\xi = -5,94\%$. Należy jednak nadmienić, że badania były prowadzone z użyciem wersji standardowej broni systemu MSBS-5,56, która ma mniejszą masę niż wersja maszynowa, co ma wpływ na wartość efektywności UW-4. Urządzenie to rozprasza gazy równomiernie, w większym stopniu niż UW-1;
- 5) urządzenie hybrydowe UW-5 (łącznie cechy hamulca wylotowego i tłumika płomienia), przeznaczone do wersji

The graphs of cradle declination received at testing are presented in figure 4.1 and the results of tests are presented in table 4.3 whereas the calculated on their base values of the angle α and gun free recoil velocity V_m are presented in table 4.4. Moreover the results of the average gun free recoil velocity V_m and average energy and average effectiveness of MDs are compared in table 4.5.

4. Summary

The aim of the tests was to determine the effectiveness of muzzle devices and possibilities of their use in MSBS-5.56 weapon system. Five muzzle devices were tested on the firing test pendulum. Their effectiveness was determined at three trials for each device. Tests were carried out at standard conditions.

Received results lead to following conclusions:

- 1) Recoil absorber MD-1 with the effectiveness $\xi = -1.03\%$ has no impact into a shooter at firing
- 2) Flash compressor MD-2 used primarily in M16 carbines has the effectiveness $\xi = 7.77\%$. Then it will improve the gun accuracy at firing.
- 3) The hybrid device MD-3 (combining the features of muzzle brake and flash suppressor) that was used in the later manufactured lots of M16 carbine has the effectiveness of $\xi = 7.72\%$. Then it will improve the gun accuracy at firing.
- 4) Recoil absorber MD-4, initially designated to machine gun of MSBS-5.56 system, has effectiveness $\xi = -5.94\%$. It has to be mentioned that tests were carried out with the use of a standard version of MSBS-5.56 weapon system with smaller weight than a machine gun option, what have influenced the effectiveness of MD-4. The device scatters the gases equally and in a greater degree than MD-1.
- 5) The hybrid device MD-5 (combining the features of muzzle brake and flash suppressor) that was designated

wyborowej MSBS-5,56, ma efektywność $\xi = 50,30\%$. Rozpraszanie gazów przez okna boczne jest w nim największe ze wszystkich badanych, ale gazy rozpraszane są tylko na boki przez kanały o dużej powierzchni, co może utrudniać tłumienie płomienia tak skutecznie, jak inne badane urządzenia. Należy pamiętać, aby podczas montowania tego urządzenia na broni jego okna wylotowe kierować na boki, gdyż w przeciwnym razie będzie powodowało ono wzbijanie kurzu, utrudniając obserwację i celowanie.

to sniper version of MSBS-5.56 has the effectiveness $\xi = 50.30\%$. It has the highest dispersion of gases by the side windows from all tested devices but gases are spread only on the sides by large cross-sections channels what may harm the efficiency of flash suppression comparing to other devices. The output windows of this device have to be directed towards the sides at fixing it to the gun to prevent the raising of dust and hindering the observation and aiming.

Literatura / Literature

- [1] Głowicki H., *Zasady konstrukcji automatycznej broni strzeleckiej*, WAT wewn. 1743/87, Warszawa, 1987.
- [2] Ciepliński A., Jopek Z., *Hamulce wylotowe*, „Wojskowy Przegląd Techniczny”, nr 9, 1978.
- [3] Głowicki H., Niezgocki S., Torecki S., *Budowa i eksploatacja broni lufowej i amunicji cz. II*, WAT wewn. 1736/87, Warszawa, 1987.
- [4] Praca zbiorowa pod redakcją naukową Woźniaka R., *Encyklopedia najnowszej broni palnej*, Dom Wydawniczy Bellona, Warszawa, 2001-2002.
- [5] Ciepliński A., Woźniak R., *Wzmacniacze odrzutu*, „Wojskowy Przegląd Techniczny”, nr 6, 1988.
- [6] Ciepliński A., Jopek Z., Ciepielski S., *Tłumiki dźwięku i płomieni*, „Wojskowy Przegląd Techniczny” nr 1, 1979.
- [7] Ziółek J., *Broń strzelecka, artyleryjska i amunicja. Ćwiczenia laboratoryjne. Część I*, WAT wewn. 619/77, Warszawa, 1976.
- [8] Kaflński Z., *Lotnicza broń lufowa. Część II. Podstawy obliczeń urządzeń i mechanizmów broni*, WAT, Warszawa, 1981.
- [9] Kaflński Z., *Lotnicza broń lufowa. Część III. Ćwiczenia audytoryjne z rozwiązaniami*, WAT, Warszawa, 1981.
- [10] Zahor M., Kijewski J., *Materiały dydaktyczne do ćwiczenia laboratoryjnego pt. Badanie prędkości odrzutu swobodnego*, WAT, Warszawa, 2001 (praca nie publikowana dostępna w Zakładzie Konstrukcji Specjalnych Instytutu Techniki Uzbrojenia Wydziału Mechatroniki i Lotnictwa WAT).
- [11] Wasserman E., *Zasady projektowania broni artyleryjskiej*, WAT, Warszawa, 1968.
- [12] Stefanek G., *Badania efektywności urządzeń wylotowych pod kątem zastosowania w broni systemu MSBS-5,56*, praca dyplomowa na studiach inżynierskich, WAT, Warszawa, 2015.
- [13] Kijewski J., *Sprawozdanie z zadania pod tytułem „Wykonanie wstępnych badań efektywności wybranych urządzeń wylotowych zastosowanych w broni systemu MSBS-5,56”*, WAT, Warszawa, 2015 (praca nie publikowana dostępna w Zakładzie Kon-

strukcji Specjalnych Instytutu Techniki Uzbrojenia Wydziału Mechatroniki i Lotnictwa WAT).

Projekt Nr O ROB 0034 03 001 dofinansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju ze środków na naukę w latach 2012-2016

Project No O ROB 0034 03 001 co-financed by the National Centre of Research and Development from the assets for science in 2012-2016

