

Niektóre wyniki badań symulacyjnych wpływu charakterystyk konstrukcyjnych karabinka automatycznego na jego odrzut i podrzut

Zbigniew SURMA, Łukasz SZMIT, Stanisław TORECKI,
Ryszard WOŹNIAK

*Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechatroniki, Instytut Techniki Uzbrojenia
ul. Gen. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa*

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań symulacyjnych odrzutu i podrzutu karabinka kalibru 5,56 mm, działającego na zasadzie odprowadzenia gazów prochowych przez otwór boczny w lufie, z krótkim ruchem tłoka gazowego. Za pomocą przyjętych modeli fizycznych i matematycznych, zbadano wpływ wybranych charakterystyk konstrukcyjnych broni na podstawowe charakterystyki odrzutu swobodnego i podrzutu.

Słowa kluczowe: balistyka, broń strzelecka, karabinek, konstrukcja broni, odrzut, podrzut

1. WSTĘP

W przypadku broni automatycznej działającej na zasadzie odprowadzenia gazów prochowych, odrzut i podrzut broni można podzielić na kilka okresów charakterystycznych, związanych z działaniem mechanizmów broni. W czasie strzału występują zarówno siły i momenty sił powodujące odrzut i podrzut broni, jak i siły oraz momenty hamujące. Wypadkowe tych sił oraz zderzenia części mechanizmów broni mają istotny wpływ na charakterystyki odrzutu

i podrzutu. Poniżej przedstawiono wyniki badań symulacyjnych odrzutu swobodnego i podrzutu 5,56 mm karabinka automatycznego działającego na zasadzie odprowadzenia gazów prochowych z krótkim ruchem tłoka gazowego.

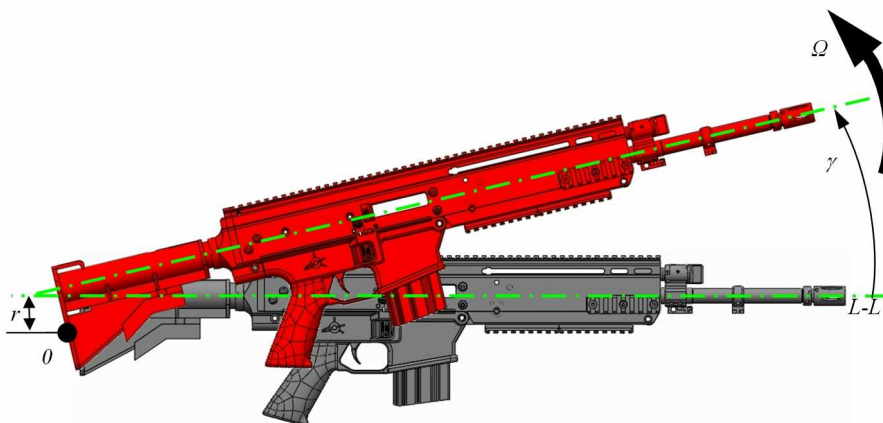
W celu przeprowadzenia obliczeń parametrów odrzutu i podrzutu, opracowano programy komputerowe „*odrzut.pas*” i „*podrzut.pas*”. Programy te rozwiązują równania modeli matematycznych odrzutu [1] i podrzutu [2] broni w czasie strzału metodą Rungego–Kutty czwartego rzędu. Zostały one opracowane w środowisku Borland Pascal 7.0, a ich integralnymi częściami są podprogramy do obliczeń ciśnienia gazów prochowych w lufie i w komorze gazowej oraz drogi i prędkości suwadła w funkcji czasu, przedstawione w pracy [3].

Celem i przedmiotem obliczeń i symulacji były przemieszczenie L i prędkość W broni podczas odrzutu (rys. 1) oraz kąt γ i prędkość kątową Ω broni podczas podrzutu (rys. 2), na przykładzie karabinka podstawowego Modułowego Systemu Broni Strzeleckiej kalibru 5,56 mm.



Rys. 1. Odrzut broni w czasie strzału: L – droga odrzutu, W – prędkość odrzutu

Fig. 1. Weapon recoil: L – recoil distance, W – recoil velocity

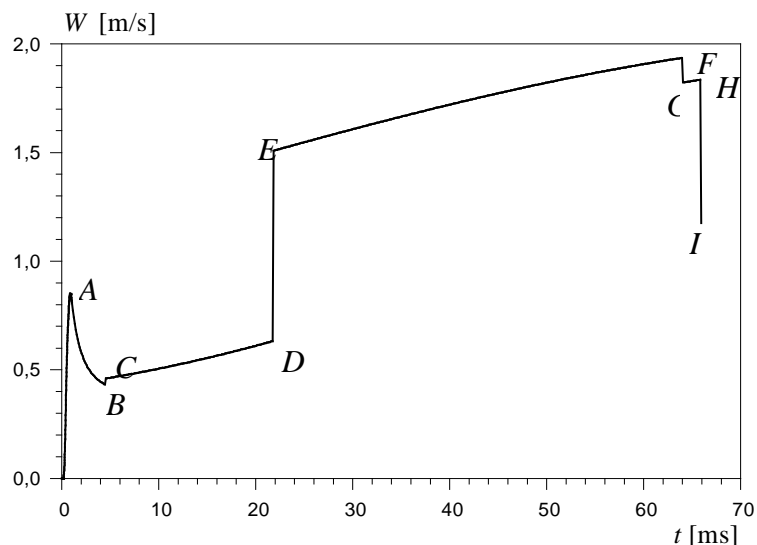


Rys. 2. Podrzut broni w czasie strzału: O – punkt podparcia broni, $L-L$ oś przewodu lufy, r – odległość osi przewodu lufy od punktu podparcia broni, γ – kąt podrzutu, Ω – prędkość podrzutu

Fig. 2. Weapon jump: O – fulcrum of the weapon, $L-L$ barrel axis, r – distance from the barrel axis to the fulcrum of the weapon, γ – weapon jump angle, Ω – weapon jump angular velocity

2. ODRZUT I PODRZUT KARABINKA W KONFIGURACJI PODSTAWOWEJ

Jako dane wejściowe do obliczeń w konfiguracji podstawowej przyjęto parametry konstrukcyjne badanego karabinka i naboju oraz właściwości balistyczne prochu, stanowiącego ładunek miotający. Prędkość i drogę karabinka obliczono dla masy karabinka $M_b = 4,3$ kg, a do obliczeń prędkości kątowej Ω i kąta podrzutu γ przyjęto położenie punktu (osi) podparcia broni w odległości $r = -29$ mm poniżej osi przewodu lufy oraz moment bezwładności $I_p = 0,121$ kg·m², względem osi przechodzącej przez punkt podparcia broni. Wykres prędkości W odrzutu w funkcji czasu t przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Wykres prędkości W odrzutu broni w funkcji czasu t

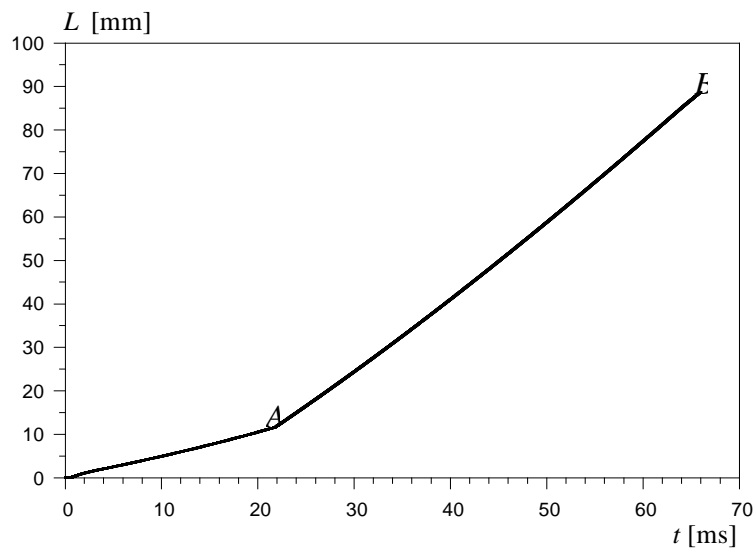
Fig. 3. Weapon recoil velocity W versus time t

Na wykresie $W(t)$ można wyróżnić następujące okresy charakterystyczne:

- Odcinek $0-A$ – przyspieszenie broni przez siłę P ciśnienia gazów prochowych działającą na dno lufy. Punkt A odpowiada chwili, w której siła hamująca broń, pochodząca od ciśnienia p_k gazów w komorze gazowej jest równa sile napędzającej broń, pochodzącej od ciśnienia p gazów działających na dno lufy.
- Odcinek $A-B$ – hamowanie broni siłą ciśnienia p_k gazów prochowych, większą od siły P . Punkt B odpowiada chwili zatrzymania tłoka gazowego.
- Odcinek $B-C$ – przyspieszenie broni, spowodowane uderzeniem tłoka gazowego o tylną ściankę komory gazowej.

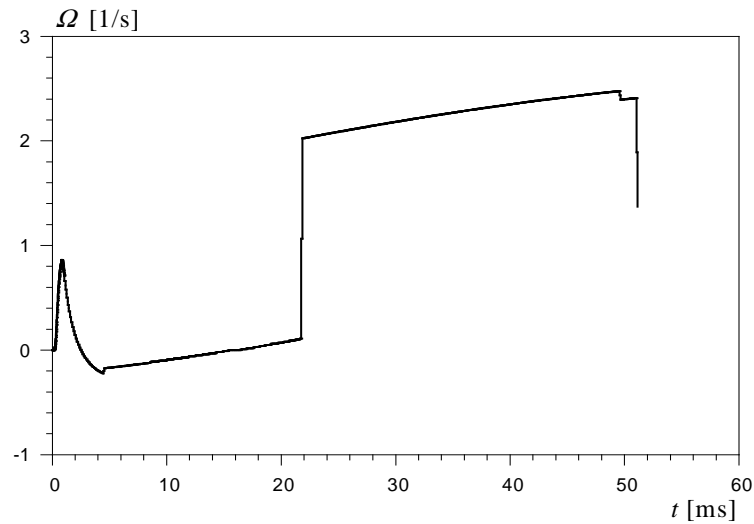
- Odcinek $C-D$ – okres ruchu suwadła do tyłu, w którym broń przyspieszana jest siłą F ściskanej sprężyny powrotnej. Punkt D odpowiada chwili dotarcia suwadła z zamkiem w skrajnie tylne położenie.
- Odcinek $D-E$ – przyspieszenie broni, spowodowane uderzeniem suwadła o komorę zamkową (po dojściu suwadła w skrajnie tylne położenie).
- Odcinek $E-F$ – okres ruchu suwadła do przodu, w którym broń przyspieszana jest siłą F rozprężającej się sprężyny powrotnej. Chwila uderzenia zamka w dno naboju nie jest wyraźnie widoczna na wykresie. W punkcie F , odpowiadającym chwili rozłączenia zamka z suwadłem, prędkość odrzutu broni osiąga wartość maksymalną $W_m = 1,94$ m/s.
- Odcinek $F-G$ – zmniejszenie prędkości odrzutu w wyniku uderzenia zamka w tylny płask lufy.
- Odcinek $G-H$ – okres, w którym broń jest przyspieszana siłą rozprężającej się sprężyny powrotnej. Punkt H odpowiada chwili dotarcia suwadła w skrajne przednie położenie.
- odcinek $H-I$ – zmniejszenie prędkości w wyniku uderzenia suwadła w tylny (wlotowy) płask lufy.

Na wykresie $L(t)$ (rys. 4) widoczne są dwa charakterystyczne odcinki: odcinek $0-A$ – odpowiadający okresowi ruchu suwadła do tyłu oraz odcinek $A-B$ – odpowiadający okresowi ruchu suwadła do przodu. Punkt A odpowiada chwili dotarcia suwadła w skrajnie tylne położenie, a punkt B – chwili powrotu suwadła w skrajne przednie położenie.



Rys. 4. Wykres drogi L odrzutu broni w funkcji czasu t

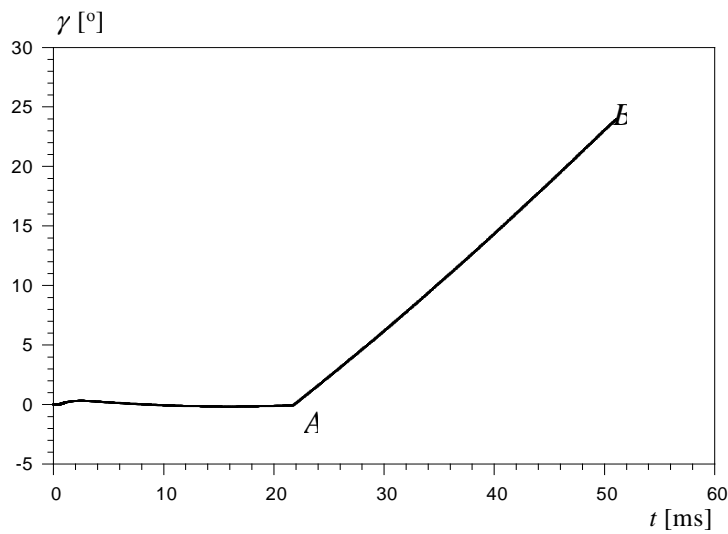
Fig. 4. Weapon recoil distance L versus time t



Rys. 5. Wykres prędkości kątowej Ω podzutu broni w funkcji czasu t

Fig. 5. Weapon jump angular velocity Ω versus time t

Wykres prędkości kątowej Ω podzutu broni w funkcji czasu t (rys. 5) ma charakter zbliżony do wykresu prędkości W odrzutu (rys. 3). Można tu wyodrębnić podobne okresy charakterystyczne. Punkty A–I odpowiadają tym samym punktom wykresu cyklicznego jak na rys. 3.



Rys. 6. Wykres kąta podzutu γ broni w funkcji czasu t

Fig. 6. Weapon jump angle γ versus time t

Również wykres kąta podrzutu γ broni w funkcji czasu t (rys. 6) ma charakter zbliżony do wykresu drogi odrzutu L . Punkty charakterystyczne (A i B) są takie same jak w przypadku wykresu drogi odrzutu.

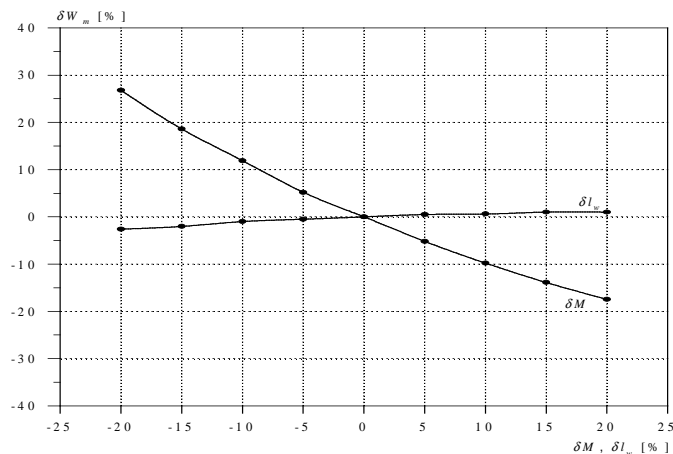
3. WPŁYW ZMIANY WYBRANYCH CHARAKTERYSTYK KARABINKA NA ODRZUT I PODRZUT

Wynikiem symulacji z danymi konfiguracji podstawowej są wykresy charakterystyk odrzutu i podrzutu, przedstawione na rysunkach 3-6. W szczególności w odniesieniu do chwili powrotu suwadła w przednie położenie otrzymano:

- prędkość odrzutu $W_m = 1,94$ m/s,
- drogę odrzutu $L = 88,7$ mm,
- prędkość kątową podrzutu $\Omega_m = 2,48$ 1/s
- kąt podrzutu $\gamma = 24,0^\circ$.

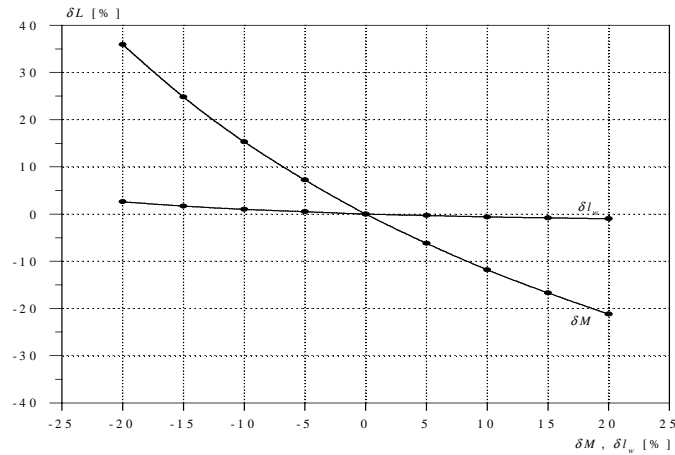
Następnie podobne symulacje przeprowadzono, zmieniając kolejno niektóre dane wejściowe. Wybrane wyniki tych obliczeń porównano z wynikami symulacji konfiguracji podstawowej.

Na rysunkach 7 i 8 przedstawiono wpływ względnych (procentowych) zmian masy δM broni i drogi δl_w pocisku w lufie (wydłużenia lufy) na zmianę maksymalnej prędkości δW_m i drogi δL odrzutu swobodnego, a na rys. 9 wpływ względnej zmiany momentu bezwładności δI_p broni na zmianę maksymalnej prędkości $\delta \Omega_m$ i kąta $\delta \gamma$ podrzutu.



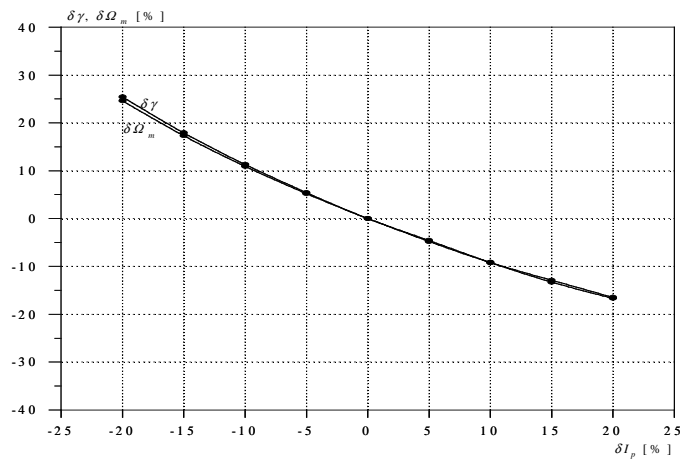
Rys. 7. Względne zmiany prędkości maksymalnej δW_m odrzutu w funkcji względnych zmian δM i δl_w

Fig. 7. Relative change of the weapon recoil velocity δW_m versus relative change of δM and δl_w



Rys. 8. Względne zmiany drogi δL odrzutu w funkcji względnych zmian δM i δl_w

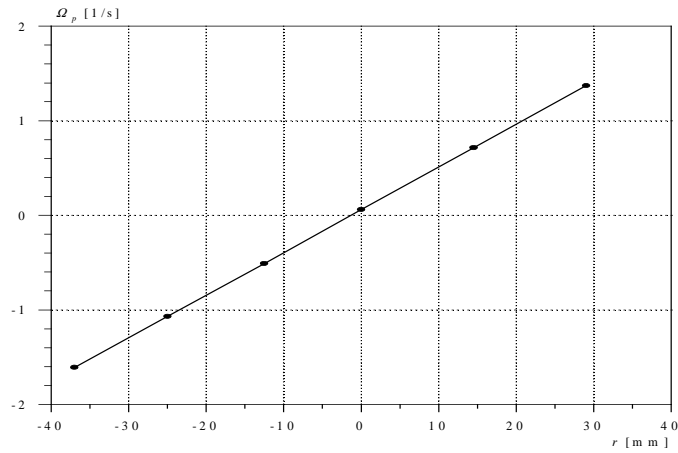
Fig. 8. Relative change of the weapon recoil distance δL versus relative change of δM and δl_w



Rys. 9. Względne zmiany kąta $\delta\gamma$ i prędkości kątowej $\delta\Omega_m$ podrzutu w funkcji względnej zmiany δI_p

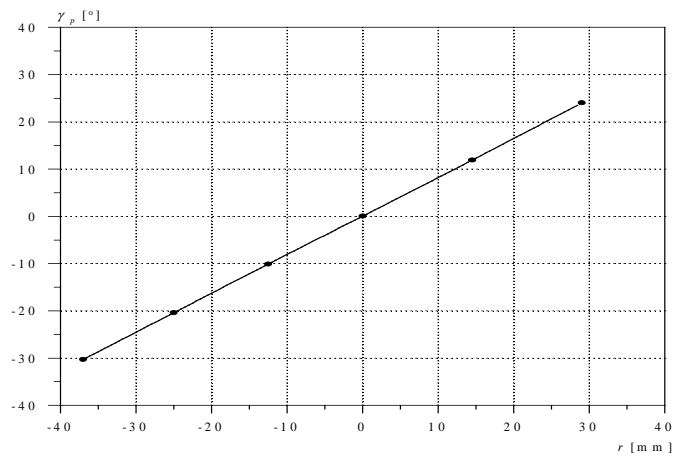
Fig. 9. Relative change of weapon jump angle $\delta\gamma$ and weapon jump angular velocity $\delta\Omega_m$ versus relative change of δI_p

Wpływ odległości r hipotetycznego punktu obrotu broni od osi przewodu lufy na prędkość Ω_p i kąt γ_p podrzutu w chwili powrotu suwadła w przednie położenie, pokazano na rys. 10 i 11, a wykresy $\Omega(t)$ i $\chi(t)$ podczas jednego cyklu strzału – na rysunkach 12 i 13.



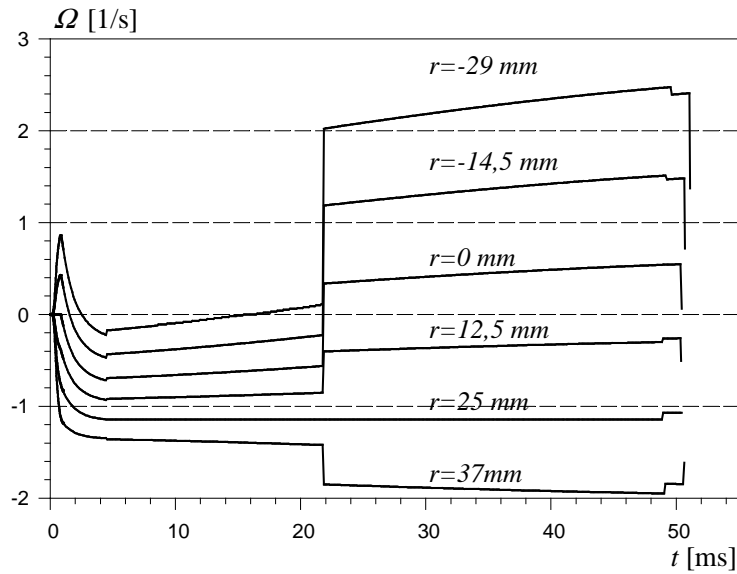
Rys. 10. Zależność prędkości kątowej Ω_p podrzutu w końcu cyklu pracy automatyki broni od odległości r punktu podparcia broni od osi przewodu lufy

Fig. 10. Weapon jump angular velocity Ω_p versus distance from the weapon fulcrum to the barrel axis r



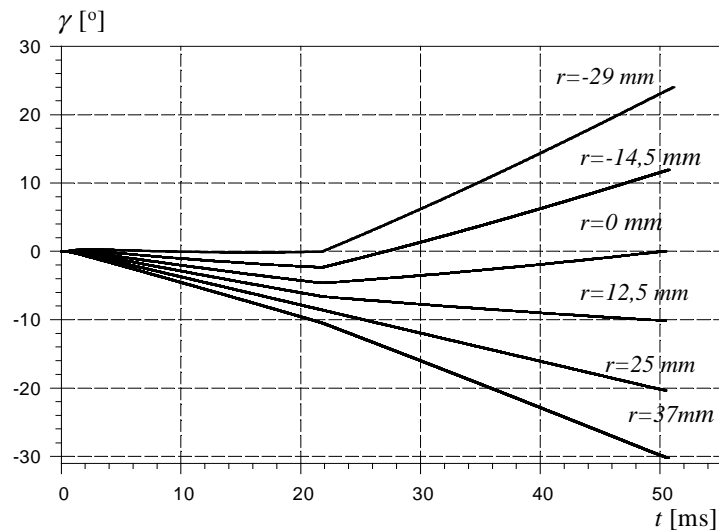
Rys. 11. Zależność kąta γ_p podrzutu w końcu cyklu pracy automatyki broni od odległości r punktu podparcia broni od osi przewodu lufy

Fig. 11. Weapon jump angle γ_p versus distance from the weapon fulcrum to the barrel axis r



Rys. 12. Wykres prędkości kątowej $\Omega(t)$ podrzutu dla różnych odległości r punktu podparcia (osi obrotu) broni od osi przewodu lufy

Fig. 12. Weapon jump angular velocity $\Omega(t)$ versus time for different distances r from the weapon fulcrum to the barrel axis



Rys. 13. Wykres kąta $\gamma(t)$ podrzutu dla różnych odległości r punktu podparcia (osi obrotu) broni od osi przewodu lufy

Fig. 13. Weapon jump angle $\gamma(t)$ versus time for different distances r from the weapon fulcrum to the barrel axis

Z porównań tych wynika, że:

- prędkość W_m i droga L odrzutu oraz prędkość kątowna Ω_m i kąt γ podrzutu są w przybliżeniu proporcjonalne odpowiednio do masy M i momentu bezwładności I_p broni
- zmiana drogi l_w pocisku w lufie (wydłużenie lub skrócenie lufy) ma praktycznie pomijalny wpływ na charakterystyki odrzutu i podrzutu
- bardzo duży wpływ na badane charakterystyki podrzutu ma położenie punktu (osi) obrotu broni; czynnik ten decyduje nie tylko o wartościach (modułach) prędkości Ω i kąta γ , ale również o kierunku podrzutu broni.

4. PODSUMOWANIE

Zjawisko odrzutu i związanego z nim podrzutu broni z odprowadzeniem gazów prochowych ma swoją specyfikę. Jego przebieg różni się nie tylko od przebiegu odrzutu i podrzutu broni nieautomatycznej, ale również broni automatycznej działającej na innych zasadach (np. odrzutu zamka lub lufy).

Podstawową przyczyną specyfiki odrzutu i podrzutu broni z odprowadzeniem gazów prochowych jest występowanie tu sił i momentów sił działających na broń w przeciwnych kierunkach (napędzających i hamujących). Ponadto bardzo duży wpływ na charakterystyki odrzutu i podrzutu broni z odprowadzeniem gazów ma specyfika działania mechanizmów tzw. automatyki broni, a zwłaszcza efekty zderzeń suwadła z odrzucanym, podrzucanym zespołem.

W przebiegu badanych zjawisk (odrzutu i podrzutu) można wyróżnić dwie charakterystyczne fazy z płynną granicą między nimi. We względnie krótkiej fazie pierwszej od zainicjowania strzału dominującymi siłami, powodującymi odrzut są siły ciśnienia gazów prochowych w przewodzie lufy i komory gazowej. W odniesieniu do odrzutu pierwsza z nich jest siłą napędzającą broń w kierunku przeciwnym do ruchu pocisku, a druga osłabiającą (hamującą) odrzut. Natomiast w zależności od konstrukcji węzła gazowego i położenia punktu podparcia broni, obie z wymienionych sił mogą w różny sposób wpływać na intensyfikację lub osłabianie (hamowanie) podrzutu.

W wielokrotnie dłuższej fazie drugiej odrzut i podrzut są dodatkowo wzmacniane siłą sprężyny powrotnej oraz efektami zderzeń związanych z działaniem automatyki broni.

Omawiana specyfika ma oczywiście swoje konsekwencje praktyczne, które powinny być brane pod uwagę przy konstruowaniu broni, a także jej eksploatacji.

*Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2007-2010
jako projekt rozwojowy.*

LITERATURA

- [1] Szmit Ł., Torecki S., Szczegółowy model matematyczny odrzutu swobodnego broni działającej na zasadzie odprowadzenia gazów prochowych, *Materiały VIII Międzynarodowej Konferencji Uzbrojeniowej nt. „Naukowe aspekty techniki uzbrojenia i bezpieczeństwa”*, 6-8 października 2010 r. Pułtusk, s. 921-932, WAT, Warszawa, 2010.
- [2] Surma Z., Szmit Ł., Torecki S., Woźniak R., Model matematyczny podrzutu broni działającej na zasadzie odprowadzenia gazów, *Problemy mechatroniki. Uzbrojenie, lotnictwo, inżynieria bezpieczeństwa*, s. 51-63, nr 2 (2) 2010, WAT, Warszawa, 2010.
- [3] Surma Z., Torecki S., Woźniak R., Specyfika odrzutu swobodnego broni z odprowadzeniem gazów prochowych, *Materiały V Międzynarodowej Konferencji Uzbrojeniowej nt. „Naukowe aspekty techniki uzbrojenia”*, Waplewo, s. 991-999, WAT, Warszawa, 2004.
- [4] Rymarz C., *Metody numeryczne z algorytmami*, WAT, Warszawa, 1981.

Chosen Results of the Simulations of Gas Operated Carbine Constructional Parameters Influence on the Recoil and the Jump of the Weapon

Zbigniew SURMA, Łukasz SZMIT, Stanisław TORECKI,
Ryszard WOŹNIAK

Abstract. The paper presents results of simulation research at 5,56 mm gas operated carbine with short-stroke gas piston jump and recoil. Influence of chosen constructional parameters of the weapon on the jump and the recoil of the weapon have been presented too. Simulations showed that the weapon weight has the strongest influence on the recoil and weapon moment of inertia has a strong influence on the jump of the weapon. Position of the fulcrum of the weapon to the barrel axis and the gas chamber is also very important to the weapon jump.

Keywords: ballistics, firearm, carbine, weapon design, recoil, weapon jump

