

dr inż. Robert PANOWICZ
mgr inż. Kamil SYBILSKI
prof. dr hab. inż. Tadeusz NIEZGODA
dr hab. inż. Wiesław BARNAT
Wojskowa Akademia Techniczna

OBLICZENIA ANALITYCZNE PRAWDOPODOBIENSTWA ZADZIAŁANIA PANCERZA WYKONANEGO Z PRĘTÓW O PRZEKROJU KOŁOWYM

Streszczenie: Trwające obecnie na świecie konflikty zbrojne pokazują, że jednym z najniebezpieczniejszych środków ogniowych są pociski z głowicami kumulacyjnymi. Ich wysoka skuteczność, niski koszt produkcji, stosunkowo niewielka masa oraz prostota obsługi sprawiają, że są bardzo popularne m.in. wśród oddziałów terrorystycznych oraz partyzanckich. Wysoka przebijalność tego typu broni sprawia, że bardzo trudna jest skuteczna ochrona przeciw tym pociskom. Jednym ze sposobów obrony wykorzystywanym m.in. w pojazdach wysoko mobilnych są pancerce prętowe. Pancierz prętowy nie jest rozwiązaniem idealnym. W przypadku uderzenia zapalnika w jego elementy dochodzi do generacji strumienia kumulacyjnego. Dlatego w niniejszej pracy zostaną przedstawione wyniki oceny prawdopodobieństwa zadziałania tego typu pancierza.

EXPERIMENTAL TESTS OF PASSIVE DEFENSE AGAINST MISSILE WITH CUMULATIVE HEAD

Abstract: Ongoing armed conflicts around the world show, that one of the most dangerous threats are missiles with cumulative heads. Their high effectiveness, low production cost, low mass and simplicity of use makes them very popular among terrorist and partisans forces. High penetration of this kind of weapon makes, that it is very difficult to protect against these missiles. One of protection method against missiles with cumulative head is application of rod armour. Rod armour is not the ideal solution. In case of an impact fuse into his elements, cumulative stream is generated. Therefore, in this work are presented results of an assessment of the effective work of this type of armour.

1. Wstęp

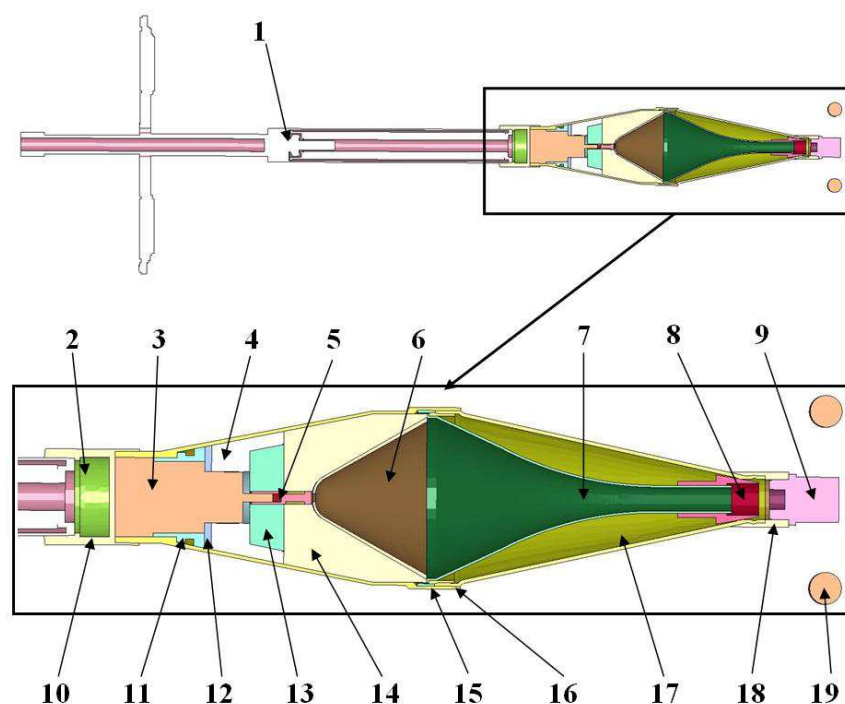
Trwające obecnie konflikty na świecie, a w szczególności działania polskich wojsk w ramach misji stabilizacyjnych, pokazały że obecnie dwa środki ogniowe są największym zagrożeniem. Pierwszym z nich są różnego rodzaju miny oraz improwizowane ładunki wybuchowe (ang. Improvised Explosive Devices - IED), których zasadniczym czynnikiem niszczącym jest fala ciśnienia powstająca podczas detonacji materiału wybuchowego. Dodatkowym czynnikiem rażącym, w przypadku IED, są różnego typu odłamki (kulki, gwoździe, śruby, pokruszone szkło) umieszczone wewnątrz lub bezpośrednio na ładunku wybuchowym. Drugim najbardziej niebezpiecznym środkiem ogniowym są pociski z głowicą kumulacyjną. Ich główną siłą niszczącą jest strumień kumulacyjny mogący przebić do 900 mm stali przeciwpancernej RHA [1]. Z uwagi na tak dużą przebijalność bardzo ważne jest opracowanie skutecznej obrony przeciw tego typu broni. Obecnie stosuje się cztery typy

pancerzy: pancerze reaktywne, pancerze aktywne, grube pancerze stalowe (pancerz właściwy) oraz pancerze prętowe. Ten ostatni typ z uwagi na relatywnie małą masę, prostotę konstrukcji oraz niską cenę jest bardzo często stosowany do obrony pojazdów, które muszą się cechować wysoką mobilnością.

W prezentowanej pracy zostaną przedstawione wyniki obliczeń analitycznych prawdopodobieństwa zadziałania pancerza wykonanego z prętów o przekroju kołowym.

2. Budowa i zasada działania pocisku z głowicą kumulacyjną

Pocisk z głowicą kumulacyjną składa się z trzech podstawowych elementów: głowicy bojowej, silnika raketowego oraz stabilizatora lotu. Za tworzenie strumienia kumulacyjnego podczas uderzenia w cel odpowiedzialne są elementy z których składa się głowica, a więc: kadłub, czepiec balistyczny, wkładka kumulacyjna, ładunek materiału wybuchowego, przesłona, stożek przewodzący, izolator oraz zapalnik (rys. 1).



Rys. 1. Przekrój głowicy PG-7G; 1 - silnik raketowy, 2 - dysze silnika raketowego, 3 - denna część zapalnika, 4 - materiał wybuchowy–kostka dolna, 5 - przewodnik 6 - wkładka kumulacyjna, 7 - stożek przewodzący, 8 - izolator, 9 - głowicowa część zapalnika, 10 - korpus głowicy, 11 - element ustalający, 12 - krążek, 13 - przesłona, 14 - materiał wybuchowy–kostka górna, 15 - izolator, 16 - pierścień izolacyjny, 17 - czepiec balistyczny, 18 - element mocujący górną część zapalnika, 19 - elementy pancerza prętowego

W trakcie uderzenia w cel znajdujący się wewnątrz zapalnika piezoelektryk jest zgniatany. Stopień zgniecenia przekłada się na siłę generowanego impulsu elektrycznego, który poprzez obwód zewnętrzny i wewnętrzny kierowany jest do spłonki. Obwód wewnętrzny składa się ze stożka przewodzącego oraz wkładki kumulacyjnej. Obwód zewnętrzny tworzą czepiec balistyczny oraz kadłub głowicy. W momencie dotarcia impulsu elektrycznego do spłonki, pobudza ona materiał wybuchowy, co skutkuje jego detonacją i powstaniem fali ciśnienia. Fala ta oddziaływując na wkładkę kumulacyjną formuje ją w ciekłą nic o grubości kilku milimetrów w jej najszerszym miejscu. Utworzony w ten sposób strumień kumulacyjny, którego masa stanowi ok. 20% masy wkładki, przemieszcza się z

prędkością kilku kilometrów na sekundę wzdłuż osi pocisku. Reszta materiału wkładki tworzy tzw. zbitek poruszający się ze stosunkowo niedużą prędkością.

Aby powstał strumień kumulacyjny o maksymalnej sile niszczenia, poszczególne elementy pocisku muszą być wykonane z bardzo dużą starannością. Dopuszczalna niedokładność wykonania wkładki kumulacyjnej oraz materiału wybuchowego nie powinna przekraczać 0,05 mm. Bardzo istotna również jest symetryczność samej wkładki względem osi pocisku. Maksymalna odchyłka promieniowa w jej przypadku wynosi 0,03 mm. Niespełnienie tych wymagań powoduje zmniejszenie skutku działania pocisku, a w skrajnej sytuacji, w przypadku bardzo dużej niedokładności, siła niszcząca będzie porównywalna z detonacją materiału wybuchowego o masie odpowiadającej masie ładunku zawartego w głowicy.

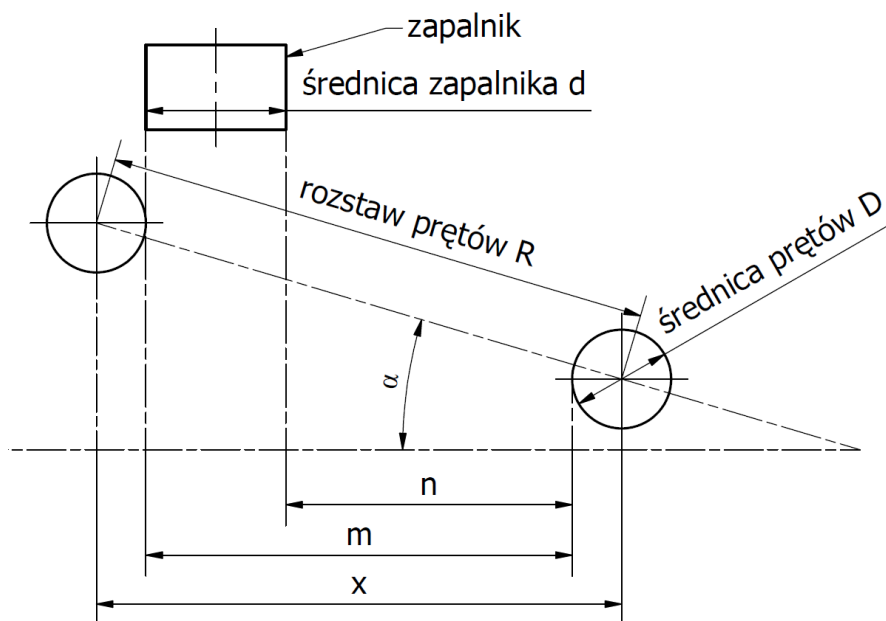
Mechanizm tworzenia strumienia kumulacyjnego oraz konieczność bardzo dużej dokładności wykonania elementów pocisku są podstawą zasady działania pancerzy prętowych. Pancerze te, montowane ok. 30 cm od ochranianego elementu, mają za zadanie doprowadzić do zwarcia w obwodzie zapalnika lub silnie zdeformować wkładkę kumulacyjną oraz pokruszyć materiał wybuchowy. W pierwszym przypadku nie zostaje pobudzona spłonka, a co za tym idzie nie ma detonacji materiału wybuchowego. W drugim przypadku detonacja występuje, lecz odkształcenia materiału wybuchowego i wkładki kumulacyjnej są na tyle duże, że nie może powstać strumień. Oba te warianty występują jednak tylko w przypadku gdy zapalnik nie zderzy się z żadną przeszkodą przed nastąpieniem tych procesów. W praktyce oznacza to, że podczas uderzenia pocisku w pancerz prętowy zapalnik musi przejść pomiędzy prętami. Dlatego bardzo ważna jest ich średnica oraz rozstaw. Z punktu widzenia prawdopodobieństwa zadziałania tego typu pancerza średnica prętów powinna być nieskończenie mała, a ich rozstaw nieskończenie duży. Jednakże z punktu widzenia niszczenia pocisku sytuacja powinna być zupełnie odwrotna, tzn. pręty powinny być jak najbliżej siebie (by w jak największym stopniu odkształcać materiał wybuchowy i wkładkę kumulacyjną oraz powodować zwarcie obwodu elektrycznego) oraz posiadać jak największą średnicę (by nie odkształcały się lub pękały podczas uderzenia). Stosując obliczenia analityczne można oszacować prawdopodobieństwo zadziałania pancerza prętowego, co zostanie przedstawione w dalszej części pracy.

3. Budowa i zasada działania pocisku z głowicą kumulacyjną

Na rysunku 2 przedstawiono schemat obliczeń prawdopodobieństwa zadziałania pancerza wykonanego z prętów o przekroju kołowym. Obliczenia były realizowane zgodnie z zależnością (oznaczenia zgodne z rysunkiem 2):

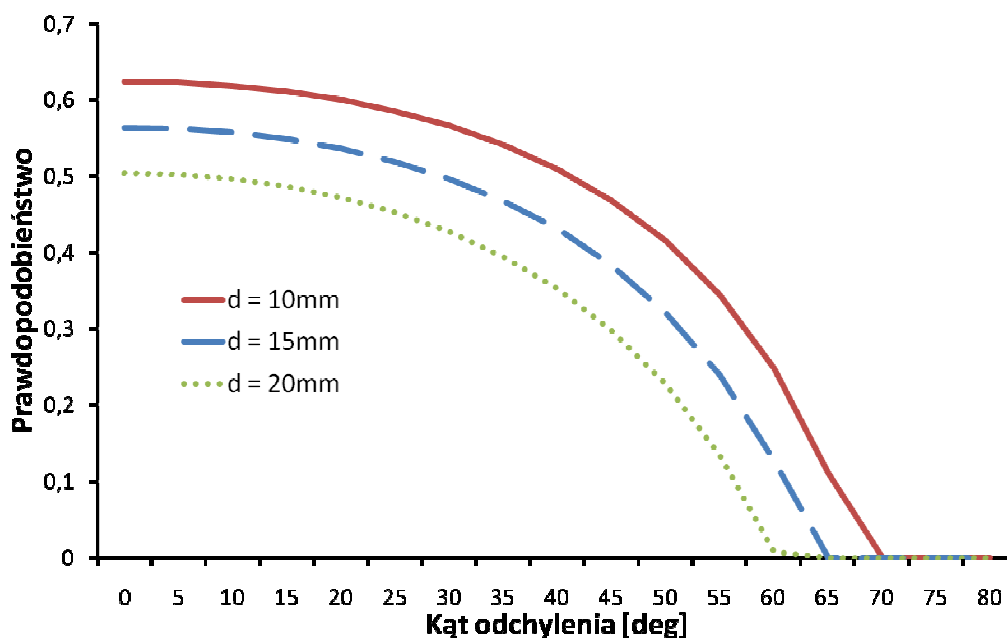
$$P = \frac{n}{x} = \frac{m-d}{x} = \frac{x-D-d}{R \cos \alpha} = \frac{R \cos \alpha - D - d}{R \cos \alpha}$$

Z powyższej zależności wynika, że prawdopodobieństwo rośnie wraz ze zwiększaniem rozstawu prętów, zmniejszaniem ich średnicy, a także wzrostem kąta pomiędzy płaszczyzną utworzoną przez osie prętów oraz torem lotu pocisku. Jednak z fizyki zjawiska wiemy, że rozstaw prętów nie powinien być większy niż maksymalna średnica pocisku. W przeciwnym wypadku pocisk będzie mógł dotrzeć do pancerza nieuszkodzony, a tym samym utworzy się strumień kumulacyjny zdolny przebić min. 300 mm stali RHA. Dlatego też opisywane rozważania zostały zawężone do rozstawów R w przedziale od 0 do 90 mm.



Rys. 2. Schemat geometryczny do obliczeń prawdopodobieństwa zadziałania pancierza prętowego

Na rysunku 3 przedstawiono wyznaczone przebiegi zależności prawdopodobieństwa zadziałania pancierza wykonanego z prętów o przekroju 10, 15 i 20 mm w funkcji kąta pomiędzy płaszczyzną utworzoną przez osie prętów i tor pocisku ($R = \text{const} = 83 \text{ mm}$). Widoczny jest identyczny charakter krzywych. Dla kąta równego 0° różnica pomiędzy wartościami prawdopodobieństwa sąsiadujących przebiegów wynosi ok. 0,06. Wraz ze wzrostem wartości kąta różnica ta rośnie (dla kąta 60° wynosi 0,12). Dla prętów o średnicy 10 mm prawdopodobieństwo spada do zera przy kącie równym 68° , dla średniego rozmiaru prętów - 64° . Natomiast w przypadku największych, osiąga wartość 0 przy 60° .

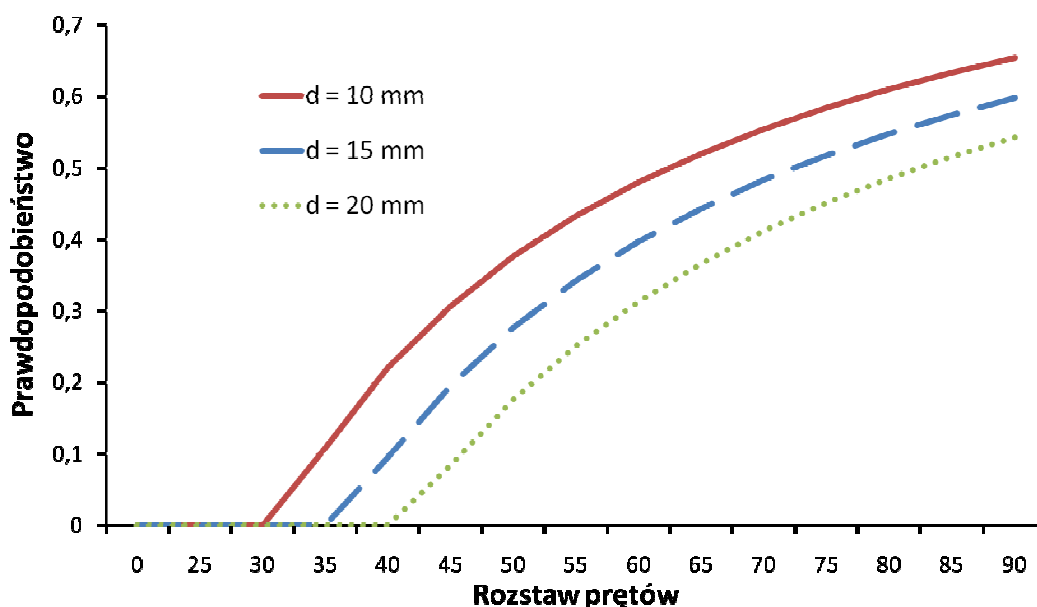


Rys. 3. Wykresy zmiany wartości prawdopodobieństwa zadziałania pancierza w funkcji kąta pomiędzy płaszczyzną utworzoną przez osie prętów i torem pocisku

Na rysunku 4 przedstawiono zmianę wartości prawdopodobieństwa zadziałania pancerza prętowego dla analizowanych średnic w funkcji rozstawu prętów ($\alpha = \text{const} = 0^\circ$). Wartości te w przypadku małych rozstawów równe są 0, gdyż ich rozstaw jest mniejszy od średnicy zapalnika. Wraz ze wzrostem rozstawu, rośnie również wartość prawdopodobieństwa. Prawdopodobieństwo osiąga wartość maksymalną dla rozstawu prętów wynoszącego 90mm. Wartość ta wynosi:

- 0,65 dla prętów o średnicy $d = 10$ mm,
- 0,59 dla prętów o średnicy $d = 15$ mm,
- 0,54 dla prętów o średnicy $d = 20$ mm.

Różnica pomiędzy dwoma skrajnymi wartościami jest dość duża (0,11). W praktyce oznacza to, że system obrony przeciw pociskom z głowicą kumulacyjną zbudowany z prętów o średnicy 10 mm i rozstawie 90 mm jest o 11% skuteczniejszy, niż pancerz zbudowany z prętów o średnicy 20 mm przy zachowaniu takiego samego rozstawu.



Rys. 4. Wykres zmiany wartości prawdopodobieństwa zadziałania pancerza prętowego w funkcji rozstawu prętów

4. Wnioski

Przedstawione wykresy pokazują jak duże znaczenie na skuteczność pancerza prętowego ma średnica i rozstaw wykorzystanych elementów oraz kąt pod jakim uderza pocisk. O ile na kąt uderzenia nie mamy dużego wpływu, o tyle pozostałe parametry możemy dobrać w odpowiedni sposób. Dlatego informacja ta jest szczególnie przydatna podczas projektowania tego typu środka obrony. Dzięki niej można podnieść skuteczność ochrony oraz zmniejszyć masę pancerza. W przypadku zamiany prętów o średnicy 15 mm, prętami o średnicy 10 mm, zmniejszamy masę konstrukcji o ok. 55 %. Jeśli do tego zwiększymy rozstaw z 60 mm do 90 mm, masą całości zmaleje o kolejne 33 %.

W opracowywaniu konstrukcji pancerza prętowego nie można jednak opierać się tylko na analitycznych obliczeniach. Wraz ze zmniejszaniem średnicy prętów, maleje ich sztywność. Objawia się to mniejszym zniszczeniem pocisku, a tym samym mniejszą skutecznością pancerza. Dlatego w procesie projektowania tego typu konstrukcji obliczenia analityczne powinny stanowić jedynie wstępne oszacowanie podstawowych parametrów układu.

Natomiast dalsze prace powinny przebiegać na podstawie wyników symulacji komputerowych (np. metody elementów skończonych) lub wyników eksperymentalnych.

Lietratura

- [1] A. Wiśniewski: Pancerze budowa, projektowanie i badanie. WNT, Warszawa 2001.
- [2] W. Kordecki: Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna: definicje, twierdzenia, wzory. GIS, Wrocław, 2003.
- [3] www.ruag.com
- [4] Military Parade, Russia, Moscow 2001.