

ANALIZA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA SYSTEMU RAKIETOWYCH BOMB GŁĘBINOWYCH W OBRONIE PRZECIWTORPEDOWEJ

Artykuł prezentuje uzbrojenie jakie obecnie dostępne jest na okrętach, a które można wykorzystać do obrony przeciwtorpedowej. W dalszej części przedstawiona jest koncepcja zwiększenia możliwości rażenia torped przez system raketowych bomb głębinowych.

1. Wstęp

Obrona okrętu przed współczesnymi torpedami jest niezwykle trudna. Najbardziej newralgicznym etapem jest konieczność wczesnego wykrycia torpedy, co w przypadku okrętów nawodnych bez stacji hydrolokacyjnych z anteną holowaną jest niezwykle trudne. Kolejnym krokiem jest likwidacja zagrożenia, gdyż zakłócenie układu samonaprowadzania (USN) torpedy jedynie zmniejsza prawdopodobieństwo wykrycia okrętu (tab. 1). Obecnie nie istnieje skuteczny system obrony przed torpedami naprowadzającymi się na ślad torowy. Ze względu na sposób pracy USN, generatory szumów nie znajdują tu zastosowania, a jedyną szansą obrony wydaje się być zniszczenie torpedy, na przykład za pomocą systemu raketowych bomb głębinowych. Powyższe twierdzenie jest również aktualne w przypadku obrony przed torpedami prostoidącymi, które siłą rzeczy nie mogą być zakłócone.

Tab. 1. Porównanie wad i zalet środków zakłócających i środków niszczących

ŚRODKI ZAKŁÓCAJĄCE	ŚRODKI NISZCZĄCE
Zakłócają bądź utrudniają pracę USN torpedy	Niszczą torpedę
Skuteczność działania wprost proporcjonalna do odległości wykrycia torpedy	Skuteczność działania zależy w bardzo małym stopniu od odległości wykrycia torpedy
Skuteczność ograniczona wyłącznie do torped z akustycznym USN	Skuteczne przeciwko wszystkim typom torped
Celem zwiększenia skuteczności przeciwko torpedom telenaprowadzanym, wymagają jednoczesnego użycia środków zakłócających SHL	Sposób naprowadzania nie ma wpływu na skuteczność systemu
Niski koszt	Wysoki koszt
Wymagają podania jedynie namiaru na torpedę	Wymagają podania dokładnej pozycji torpedy
Zagrożenie wciąż istnieje	Zagrożenie zostaje usunięte

2. Ogólna charakterystyka systemu raketowych bomb głębinowych WRBG-6000

Głównym przeznaczeniem systemu bombowego WRBG-6000 jest rażenie zanurzonych okrętów podwodnych. Po uwzględnieniu pewnych uproszczeń, system może być również wykorzystany do zwalczania torped wystrzelonych przez okręt podwodny.

W skład systemu wchodzi: stacja hydrolokacyjna MG-322T, system kierowania strzelaniem SU-504E z przelicznikiem „Drakon-TB” oraz wyrzutnia raketowych bomb głębinowych WRBG-6000 do strzelania raketowych bomb głębinowych typu RBG-60.

Stacja hydrolokacyjna MG - 322T

Stacja hydrolokacyjna (SHL) typu MG-322T przeznaczona jest do wykrywania okrętów podwodnych i torped, określania ich bieżących współrzędnych oraz przekazywania tych współrzędnych do systemu kierowania strzelaniem. Stacja umożliwia również półautomatyczne śledzenie celu.

System kierowania strzelaniem SU-504E z przelicznikiem „Drakon-TB”

Przelicznik „Drakon-TB” wchodzi w skład kompleksowego systemu kierowania strzelaniem SU-504E i współpracuje z wielokanałowym systemem łączności radiosynchronicznej „Drakon-M”, przeznaczonym do wzajemnej wymiany informacji między jednostkami okrętowej grupy poszukująco-uderzeniowej.

Podsystem „Drakon-TB” składa się z urządzeń przeliczających i urządzeń kierowania strzelaniem uzbrojenia zwalczania okrętów podwodnych – torped i raketowych bomb głębinowych. System automatycznie przyjmuje bieżące wartości współrzędnych celu przekazywane przez stację hydrolokacyjną MG-322T. W oparciu o otrzymane współrzędne, przekazane parametry ruchu własnego okrętu oraz inne dane pomocnicze takie, jak np.: dane balistyczne czy meteorologiczne – przy swobodnym manewrowaniu własnego okrętu – automatycznie i nieprzerwanie wypracowuje bieżące dane do strzelania RBG. Zadanie spotkania raketowej bomby głębinowej z celem, w przypadku rażenia okrętów podwodnych, może być rozwiązane w wariantach z pełnym, skróconym bądź małym przygotowaniem danych.

Przy pracy systemu w wariantach z **pełnym przygotowaniem danych**, wypracowane zostają kompletne parametry ruchu celu tj. prędkość i kąt kursowy, na podstawie których wylicza się następnie kąty naprowadzania wyrzutni RBG w pionie i poziomie uwzględniając poprawki balistyczne, meteorologiczne i inne, związane z ruchem okrętu. Wariant pracy systemu z pełnym przygotowaniem danych jest najbardziej dokładny, lecz zarazem najbardziej czasochłonny. Wyliczenie parametrów ruchu celu i pełnych kątów naprowadzania wyrzutni RBG zajmuje systemowi czas około 45 s.

Przy pracy w wariantach ze **skróconym przygotowaniem danych**, zakłada się, że cel jest nieruchomy i na tej podstawie, uwzględniając parametry ruchu własnego okrętu i wszystkie poprawki, w ciągu 10÷15 s system wypracowuje kąty naprowadzania wyrzutni RBG. Ten rodzaj pracy charakteryzuje się, co prawda, znacznie krótszym czasem, okupuje tę zaletę jednakże mniejszą dokładnością salwy.

Przy pracy w wariantach z **małym przygotowaniem danych** (strzelanie rezerwowe – tylko w przypadku awarii przelicznika), jesteśmy zmuszeni założyć uproszczenie, że cel nie porusza się, a chcąc uniknąć dalszych przeliczeń, nie uwzględnia się ani ruchu własnego okrętu, ani żadnych poprawek. Strzelanie odbywa

się więc po namiarze na cel i na odległości równej bieżącej odległości do celu (te dane przyjmowane są ze stacji hydrolokacyjnej). Prowadzi to nieuchronnie do kolejnego obniżenia dokładności oddanej salwy RBG.

W przypadku strzelania raketowych bomb głębinowych do wykrytej torpedy – w samoobronie – zadanie spotkania bomby z torpedą może być rozwiązane jedynie w wariancie z małym przygotowaniem danych. Ten rodzaj pracy różni się jednakże od wyżej opisanego (przy strzelaniu do okrętu podwodnego). Ze względu na dużą prędkość torpedy, nie można założyć, iż jest ona nieruchoma, gdyż prowadziłyby to do powstania zbyt dużych błędów strzelania. Nie możemy również wyliczyć prędkości torpedy na podstawie danych otrzymanych ze stacji hydrolokacyjnej, gdyż zajęłoby to zbyt dużo czasu. Problem rozwiązano w ten sposób, iż operator systemu kierowania strzelaniem, na komendę Dowódcy Okrętu, ręcznie wprowadza **przyjętą** prędkość torpedy. Następnie system wypracowuje kąty naprowadzania wyrzutni RBG uwzględniając parametry ruchu własnego okrętu wraz z wszystkimi poprawkami i przyjmując, że torpeda **porusza się po linii namiaru**.

Wyrzutnia raketowych bomb głębinowych WRBG-6000

Wyrzutnia raketowych bomb głębinowych typu WRBG-6000 przeznaczona jest do strzelania raketowych bomb głębinowych RBG-60. Jest to w pełni zautomatyzowana, dwunastoprowadnicowa wyrzutnia, naprowadzana w obu płaszczyznach. System kierowania strzelaniem umożliwia odpalenie z niej 12, 8 i 4 bombowej salwy oraz strzelania pojedynczymi bombami.

Wyrzutnia wyposażona jest w elektryczny układ nadążny, który na podstawie danych od systemu kierowania strzelaniem oraz przy współpracy z układem stabilizacji, uwzględniającym bieżące wartości przechyłów poprzecznych i wzdłużnych okrętu, umożliwia automatyczne naprowadzanie wyrzutni na cel. Układ odpalania wyrzutni umożliwia automatyczne lub awaryjne odpalenie raketowych bomb głębinowych. Ponadto w komplet urządzeń wyrzutni wchodzi urządzenie dosyłające, podające bomby do rur wyrzutni oraz system magazynowania i transportowania bomb, służący do poziomego i pionowego, automatycznego lub ręcznego transportowania bomb od komory bombowej (amunicyjnej) do urządzenia dosyłającego.

Wyrzutnia może być również wyposażona w układ blokujący, przeznaczony do przerwania obwodów odpalania innego rodzaju uzbrojenia ZOP, przy jednoczesnym ich użyciu z raketowymi bombami głębinowymi.

Raketowa bomba głębinowa RBG-60

Raketowa bomba głębinowa przeznaczona jest do rażenia okrętów podwodnych oraz wykrytych torped. Składa się z głowicy, zapalnika, części raketowej i stabilizatora (rys. 1).

Głowica w przedniej części posiada gwintowane gniazdo na zapalnik. W jej dalszej części znajduje się ładunek materiału wybuchowego - trotyl. Tylną część korpusu głowicy zamyka denko łączące głowicę z częścią raketową bomby.

Zapalnik UDW-60 przeznaczony jest do zainicjowania wybuchu bomby RBG-60. Zadziałanie zapalnika następuje na wcześniej nastawionej głębokości wybuchu lub przy uderzeniu o kadłub okrętu podwodnego (albo inną twardą przeszkodę, np. dno). Ponadto zapalnik może być pobudzony do działania na skutek wybuchu innej bomby w salwie.

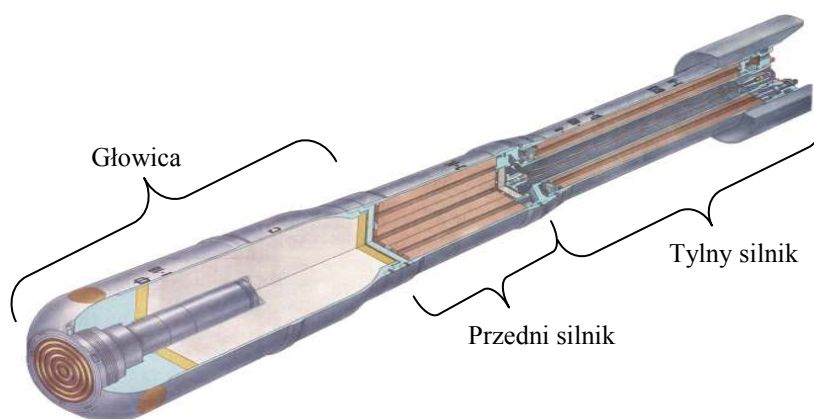
Tab. 2. Podstawowe dane taktyczno-techniczne RGB-60

Kaliber	212 mm
Długość	1830 mm
Masa uzbrojonej bomby	113,5 kg
Masa ładunku materiału wybuchowego	23,5 kg
Największa odległość lotu	5230 m
Najmniejsza odległość lotu	250 m
Średnia prędkość tonięcia	11,6 m/s

(źródło: Raketowa bomba głębinowa RGB-60 z zapalnikiem UDW-60, Wyd. DMW, Gdynia, 1988)

Część raketowa bomby nadaje jej prędkość liniową i kątową, zapewnia żadaną odległość lotu i jej obrót dookoła osi. Składa się z dwóch silników (przedniego i tylnego), połączonych ze sobą złączem. Każdy silnik to wypełniona łaskami prochu komora spalania z układem zapłonowym (startowym) i dyszami do wylotu gazów spalinowych. W celu nadania bombie ruchu obrotowego, stabilizującego jej lot, otwory dysz gazów spalinowych silników mają kąt nachylenia 5° w stosunku do osi bomby.

Stabilizator nadaje bombie stateczność w czasie lotu i tonięcia. Oprócz tego, centruje bombę w czasie przemieszczania się w rurze wyrzutni oraz jest elementem, za pomocą którego stopuje się bombę w rurze po jej załadowaniu.



Rys. 1. Przekrój raketowej bomby głębinowej RGB-60

Cechą wyróżniającą raketowej bomby głębinowej RGB-60 jest wynikająca z jej konstrukcji - charakterystyka zasięgów, czyli balistyka. Silniki bomby zapewniają dwa rodzaje pracy: przy strzelaniu na małe odległości pracuje tylko jeden (tylny) silnik i strzelanie to przyjęto nazywać strzelaniem z **pierwszą balistyką**. Natomiast przy strzelaniu na duże odległości pracują jednocześnie dwa silniki i strzelanie to przyjęto nazywać strzelaniem z **drugą balistyką**.

3. Możliwości systemu WRBG-6000 w aspekcie zwalczania torped

Ograniczenia systemu WRBG-6000 w zakresie zwalczania torped

Najważniejszym, z punktu widzenia skuteczności obrony przeciwtorpedowej (OPT), uproszczeniem założonym przez konstruktorów systemu SU-504E, a właściwie przelicznika strzelań torpedowych i bombowych – „Drakon-TB”, jest wspomniane wyżej założenie, że atakująca torpeda porusza się po linii namiaru (bez kąta wyprzedzenia).

W procesie ruchu torpedy samonaprowadzalnej (samonaprowadzającej się), można wyróżnić dwa etapy:

1. Ruch po torze prostym do chwili wykrycia celu przez układ samonaprowadzania torpedy.
2. Ruch po krzywej, odpowiadającej przyjętej metodzie zbliżenia, zmierzającej do spotkania torpedy z celem:
 - a) **Bez kąta wyprzedzenia**, charakteryzującej się tym, że kierunek wektora prędkości torpedy pokrywa się z aktualnym namiarem na cel ($\varphi = 0^\circ$). Trajektoria torpedy przybiera w tym przypadku wygląd krzywej płaskiej, którą nazywa się krzywą pogoni. Aby torpeda naprowadzała się według tej metody, konieczne jest ciągle poprawianie kąta rozbieżności, jaki tworzy się między namiarem na cel a osią torpedy. Pod względem realizacji technicznej metoda ta jest najprostszą, dlatego była i jest nadal szeroko wykorzystywana w konstrukcjach uzbrojenia torpedowego.
 - b) **Ze stałym kątem wyprzedzenia**, charakteryzującej się tym, że kąt wyprzedzenia pozostaje stały ($\varphi \neq 0^\circ$, $\varphi = \text{const}$). Warunkiem realizacji tej metody jest konieczność określenia strony ruchu celu w stosunku do torpedy (tzw. burta celu – lewa lub prawa) oraz podawania aktualnego namiaru na cel.
 - c) **Z bieżącym kątem wyprzedzenia**, polegającej na wyliczaniu kąta wyprzedzenia w czasie rzeczywistym, na podstawie bieżących parametrów ruchu celu ($\varphi = \text{var}$). Przy niezmiennych parametrach ruchu celu, trajektoria torpedy jest w tym przypadku linią prostą. Warunkiem realizacji tej metody naprowadzania jest konieczność określania namiaru na cel, jego parametrów ruchu oraz aktualnego kąta wyprzedzenia.

Ponadto, jako kolejną realizację drugiego etapu ruchu torped samonaprowadzających się, możemy wyróżnić metodę naprowadzania **po śladzie torowym**. Metoda ta polega na wykorzystaniu śladu torowego tworzonego w przypowierzchniowej warstwie wody przez poruszającą się jednostkę nawodną. Torpeda wchodzi i wychodzi ze śladu torowego wykonując określone ewolucje, zbliżając się w rezultacie do celu na odległość zadziałania zapalnika niekontaktowego. Trajektoria torpedy jest krzywa zbliżona w swym kształcie do sinusoidy gasnącej. Warunkiem realizacji tej metody jest posiadanie przez torpedę stosunkowo dużej prędkości oraz dużego zasięgu, pozwalającego na długotrwałe manewry torpedy w śladzie torowym.

Niewątpliwie największą zaletą tej metody naprowadzania jest zapewnienie wysokiego prawdopodobieństwa trafienia; przyjmuje się, iż praktycznie po wykryciu i wejściu torpedy w ślad torowy, trafi ona w cel. Wysoka odporność na zakłócanie, będąca pochodną faktu wykorzystywania przez USN torpedy **poła**

hydrodynamicznego okrętu (a nie pola akustycznego) jest również bardzo dużą zaletą. Kolejną zaletą naprowadzania torped po śladzie torowym okrętu jest zajmowana przez torpedę pozycja w stosunku do celu. Otóż zbliża się ona do celu od strony **rufy**, dokładnie w **śladzie torowym** jednostki. Niesie to za sobą poważne konsekwencje. Wykrywanie torped i tak jest najbardziej newralgicznym i rodzącym największej trudności etapem obrony przeciwtorpedowej. Wykrycie torpedy w śladzie torowym, za pomocą typowej, podkilowej stacji hydrolokacyjnej, jest po prostu niemożliwe. Torpedy w śladzie torowym można wykrywać wyłącznie za pomocą holowanej SHL. Następna zaleta tej metody naprowadzania torped wiąże się z faktem mniejszej wrażliwości na błędy strzelania i/lub manewry celu po wystrzeleniu torpedy. Po pierwsze, torpedy naprowadzającej się na ślad torowy nie strzela się w cel, mający np. 50 m długości, a w cel pozostawiający ślad o długości 1,5 ÷ 2,5 km! Po drugie, torpeda naprowadzająca się po śladzie torowym jest generalnie niewrażliwa na wszelkie manewry celu, mające za zadanie wymanewrowanie torped z akustycznymi USN. W tym przypadku można rzec, iż torpeda porusza się „po nitce do kłębka”.

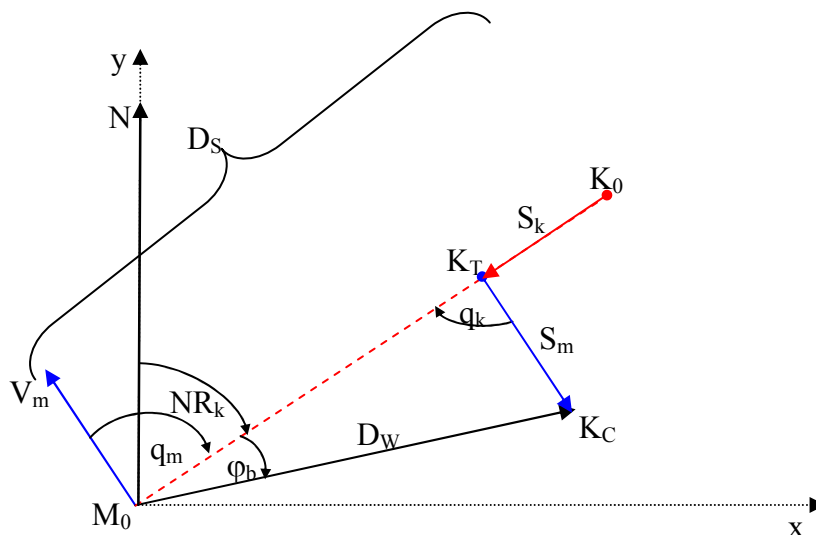
Jedyną właściwie wadą tej metody naprowadzania torped jest, wspomniana wyżej, konieczność posiadania przez torpedę stosunkowo dużej prędkości oraz dużego zasięgu, pozwalającego na długotrwałe manewry torpedy w śladzie torowym. Przy możliwościach układów napędowych współczesnych torped ciężkich, pozwalających na osiągnięcie zasięgu w granicach 40 km i więcej przy prędkościach rzędu 45 i więcej węzłów, wymaganie to jest niewątpliwie spełnione. Należy przy tym podkreślić, iż torpeda nie musi w tym przypadku posiadać możliwości zmiany prędkości, co jest niewątpliwie konieczne w przypadku torped z akustycznymi USN w celu zwiększenia ich zasięgu działania w początkowej fazie ataku – na etapie poszukiwania. Oczywiście upraszcza to budowę układu napędowego i układu naprowadzania torpedy, a w świetle najnowszych, kontrowersyjnych osiągnięć w rodzaju możliwości bezstopniowej zmiany prędkości - również znacznie obniża koszty.

Możliwości systemu WRBG-6000 w zakresie przeciwdziałania torpedom zostały poważnie ograniczone również ze względu na zastosowane rozwiązania konstrukcyjne i jego budowę (całkowicie analogową). W czasach opracowywania systemu, większość torped naprowadzała się po krzywej pogoni (bez kąta wyprzedzenia) i takie właśnie założenie zostało przyjęte jako podstawa konstrukcji przelicznika „Drakon-TB”. Nic nie stoi na przeszkodzie strzelania RBG do torped naprowadzających się po innej trajektorii, czy też nawet do torped prostoidających, ale efektywność będzie w tych przypadkach dużo mniejsza. Co więcej, system SU-504E nie jest również przeznaczony do zwalczania torped naprowadzających się po śladzie torowym, ze względu na fakt braku środków wykrywania i nieodpowiednie posadowienie wyrzutni.

Sposób posadowienia wyrzutni RBG, rzutuje bezpośrednio na wykorzystanie jej możliwości w zakresie przestrzeni ostrzału. Jak wiadomo, przestrzeń ta może być w mniejszym lub większym stopniu ograniczona poprzez istnienie w obrębie możliwych sektorów naprowadzania elementów konstrukcyjnych okrętu, takich jak na przykład: pokład wraz z relingami, nadbudówki, uzbrojenie, itp. Doprowadza to często do powstania nieuzasadnionych sektorów martwych, których istnienie można jedynie częściowo skompensować np. poprzez dobór kątów kursowych, lecz to z kolei jest niepotrzebnym ograniczeniem, które musi uwzględniać dowódca okrętu (lub system dowodzenia). W przypadku zaś obrony przeciwtorpedowej manewr zmiany kąta kursowego nie wydaje się - ze względów czasowych - możliwy.

Rozwiązanie zadania spotkania raketowej bomby głębinowej z torpedą

Zadanie spotkania raketowej bomby głębinowej z torpedą, system kierowania strzelaniem rozwiązuje przy bardzo ważnym z punktu widzenia skuteczności założeniu, że torpeda wystrzelona przez przeciwnika idzie na nasz okręt po linii namiaru (naprowadzanie po krzywej pogoni).



Rys. 2. Graficzne rozwiązanie zadania spotkania RBG z torpedą

Graficzne rozwiązanie tego zadania przedstawia rys. 2, na którym zaznaczono:

M_0 – miejsce położenia okrętu strzelającego w momencie oddania salwy RBG,
 K_0 – miejsce położenia celu (torpedy) w momencie oddania salwy RBG,
 K_T – miejsce położenia celu po upływie czasu lotu i tonięcia bomb (punkt trafienia),

K_C – wyprzedzone miejsce położenia celu po upływie czasu lotu i tonięcia bomb we względnym układzie współrzędnych (punkt celowania),

D_S – odległość do celu w momencie oddania salwy RBG,

D_W – odległość wyprzedzona do celu,

$S_k = V_k \cdot (T_L + T_T)$ – droga celu za czas lotu i tonięcia bomb,

$S_m = V_m \cdot T_L$ – droga okrętu strzelającego za czas lotu bomb,

NR_k – namiar na cel w momencie oddania salwy RBG

q_k – kąt biegu torpedy

q_m – kąt kursowy torpedy

φ_b – kąt wyprzedzenia salwy RBG

Po zrzutowaniu elementów wielokąta $M_0K_TK_C$ na osie układu współrzędnych otrzymujemy układ równań:

$$D_S \cdot \cos \varphi_b - V_k \cdot (T_L + T_T) \cdot \cos \varphi_b + V_m \cdot T_L \cdot \cos(q_m + \varphi_b) = D_W$$

$$D_S \cdot \sin \varphi_b - V_k \cdot (T_L + T_T) \cdot \sin \varphi_b - V_m \cdot T_L \cdot \sin(q_m + \varphi_b) = 0$$

Z powyższego układu równań obliczamy nieznanne wielkości: (D_W) i (φ_b). Obliczona wartość odległości (D_W) i suma kątów ($q_m + \varphi_b$) są przekazywane na układ nadożny wyrzutni.

Badanie skuteczności strzelań RBG-60 do wykrytej torpedy przez okręt proj. 620 metodą symulacji komputerowej¹

Dla zbadania skuteczności strzelań metodą symulacji komputerowej konieczne było stworzenie względnie dobrego modelu matematycznego oraz opracowanie algorytmu i programu roboczego. Najistotniejszymi problemami było:

- Opracowanie modelu matematycznego stacji hydrolokacyjnej.
- Opracowanie modelu matematycznego bloku wypracowania danych do strzelania RBG systemu „Drakon–TB”.
- Opracowanie modeli matematycznych kinematyki trajektorii samonaprowadzania.
- Opracowanie modelu matematycznego strzelania RBG włącznie z modelowaniem rozrzutu bomb głębinowych.
- Opracowanie modelu matematycznego obróbki statystycznej rezultatów prób.

Podczas opracowywania tak modelu matematycznego jak algorytmu i programu niezbędne było przyjęcie niektórych założeń, a także ograniczeń. Najważniejsze założenia:

- Okręt własny porusza się stałym kursem i ze stałą prędkością.
- W jednej próbie wykrywana jest tylko jedna torpeda.
- Torpeda porusza się ze stałą prędkością po założonej trajektorii (program zakłada możliwość losowego doboru prędkości torpedy jak też sposobu samonaprowadzania).
- Prawdopodobieństwo niezawodnego działania torpedy wynosi 1.0.
- Prawdopodobieństwo wykrycia torpedy w próbie wynosi 1.0.
- Prawdopodobieństwo niezawodnej pracy stacji hydrolokacyjnej wynosi 1.0.
- Odległość wykrycia torpedy jest determinowana zmienną losową w/g rozkładu Rayghlayt'a w zakresie przyjętego minimalnego i maksymalnego zasięgu wykrywania.
- Do torpedy strzelana jest duża lub średnia salwa RBG, tzn. 24 lub 12 bomb.
- Rażenie torpedy następuje w przypadku spełnienia warunku, że odległość wybuchu RBG jest mniejsza lub równa promieniowi rażenia.
- Nie jest rozpatrywany przypadek uszkodzenia torpedy, jak też skutek tego zdarzenia.
- Nie jest rozpatrywany przypadek zejścia torpedy z zadanej trajektorii (chybienie).

Analiza otrzymanego materiału pozwala na sformułowanie szeregu wniosków:

1. Największy wpływ na wartość prawdopodobieństwa rażenia torpedy mają: metoda samonaprowadzania torpedy, kąt kursowy oraz kąt biegu. Najwyższe prawdopodobieństwo rażenia torpedy, niezależnie od jej kąta kursowego i kąta biegu, uzyskuje się przy rażeniu torped realizujących metodę **stałego kąta wyprzedzenia**. Wynika to głównie z tego, że torpedy te przebywają stosunkowo długi czas w sektorze efektywnego ostrzału, co wynika z charakteru tejże trajektorii. Najniższe prawdopodobieństwo uzyskuje się przy

¹ Szybowski R.: Analiza efektywności zwalczania torped przy użyciu WRBG-6000, AMW, Gdynia, 1993. Zobacz również: Mondzelewski A.: Problemy zastosowania raketowych bomb głębinowych w obronie przeciwtorpedowej okrętu. Zeszyty Naukowe AMW, Gdynia, 1995, nr 126.

rażeniu torped naprowadzających się **po krzywej pogoni**², co jest głównie wynikiem szybkiego wejścia torpedy w zakres rufowych kątów kursowych, które są dla okrętu proj. 620 **sektorami martwymi**.

2. Problemem o dużym znaczeniu jest wpływ kąta biegu (q_k) torpedy na wartość prawdopodobieństwa rażenia torpedy. Praktycznie wielkość ta przewyższająca wartość 30° **nie daje szans** obrony przed torpedą. Wynika to ze wspomnianego wyżej sposobu obliczania pełnych kątów naprowadzania wyrzutni RBG przez przelicznik „Drakon-TB”, opartego na założeniu zerowego kąta biegu torpedy (rys. 2). Jest to poważny niedostatek systemu, który był uwarunkowany techniką jego wykonania (analogowa) i dyskwalifikuje on ten system jako system współczesny.
3. Bardzo duży wpływ na wartość prawdopodobieństwa rażenia torpedy ma odległość wykrycia torpedy, a właściwie powiązana z nią - odległość strzelania RBG (D_w). Badania wykazały, że w przypadku wykrycia torpedy na odległości większej niż 2000 metrów, prawdopodobieństwo to gwałtownie spada. Tłumaczy się to tym, że **system „Drakon-TB” pracuje według założenia, że torpeda rażona jest natychmiast po dokonaniu wyliczeń kątów naprowadzania, czyli na możliwie największej odległości od broniącego się okrętu (!)**.
Założenie to, słuszne jako ogólna zasada zwalczania torped, ma poważny mankament w przypadku strzelania bomb RBG-60. Otóż przejście z I balistyki na II następuje na odległości 1481,6 m. Przejście to z kolei powoduje drastyczne zwiększenie elementów elipsy rozrzutu salwy RBG. Wynika z tego, iż **strzelanie bomb RBG-60 do torped na II balistyce nie ma żadnego uzasadnienia teoretycznego!** Wymiary półosi elipsy rozrzutu dla tej samej odległości salwy $D_w = 8$ kbl, to odpowiednio 17 i 14 m przy pierwszej balistyce oraz 69 i 192 m przy drugiej balistyce. Oznacza to, nie mniej, nie więcej, jak **ponad 55 razy mniejszą powierzchnię elipsy rozrzutu na I balistyce niż na II balistyce!**
4. Wpływ własnej prędkości jak też prędkości torpedy ma również niemałe znaczenie. Zależności te są oczywiste i ogólnie znane z teorii strzelań torpedowych. Ograniczymy się więc do stwierdzenia, że dla broniącego się okrętu korzystna jest duża prędkość własna, zaś niekorzystna jest duża prędkość torpedy.

Możliwości zwiększenia skuteczności rażenia torped przez system WRBG-6000

W celu dalszego zwiększenia skuteczności systemu raketowych bomb głębinowych, należałoby rozpatrzyć zwiększenie ich możliwości rażenia. Prześledźmy dwa możliwe warianty modyfikacji RBG-60³. Modyfikacja oparta jest na rezygnacji z drugiego silnika raketowego, który do celów OPT jest zupełnie zbędny, z powodów opisanych wyżej.

² Pomimo tego, iż system jest przeznaczony właściwie do niszczenia torped naprowadzających się po tej właśnie trajektorii!

³ Zamysłem autorów jest jedynie pokazanie możliwości, jakie można uzyskać dzięki takiemu działaniu.

Wariant istniejący	Całkowita masa głowicy bojowej RBG = 23,5 kg. Zasięg max 5230 m.
Wariant pierwszy	Rezygnacja z przedniego silnika raketowego. Powstałe miejsce zaelaborowane materiałem wybuchowym o współczynniku trotylowym $k = 1$. Całkowita masa głowicy bojowej RBG $q \approx 50$ kg. Zasięg max ograniczony do 1500 m.
Wariant drugi	Rezygnacja z przedniego silnika raketowego. Głowica i powstałe miejsce zaelaborowane materiałem wybuchowym o współczynniku trotylowym $k = 1,5$. Całkowita masa głowicy bojowej RBG $q \approx 50$ kg. Masa ekwiwalentna $q_e = 75$ kg. Zasięg max ograniczony do 1500 m.

Wyrażenie na promień rażenia RBG można przedstawić w następującej postaci:

$$r_r = \left(\frac{K_w \cdot 533 \cdot 9,80655 \cdot 10^4}{P_{krt}} \right)^{0,885} \cdot \sqrt[3]{q_e} \quad (1)$$

gdzie:

K_w – współczynnik uwzględniający wpływ środowiska na efekt wybuchu podwodnego,

P_{krt} – ciśnienie krytyczne kadłuba torpedy [Pa],

q_e – ekwiwalentna masa materiału wybuchowego [kg].

Dopuszczalne naprężenia kadłuba torpedy można, na podstawie analizy szacunkowej istniejących konstrukcji torped ciężkich⁴, przyjąć równe $\sigma_{dop} = 57,54 \cdot 10^5 Pa$. Przyjmując jednocześnie ciśnienie hydrostatyczne dla głębokości, na jakiej znajdować się będzie torpeda w momencie detonacji materiału wybuchowego raketowej bomby głębinowej $P_h = 10^5 Pa$, otrzymujemy wówczas:

$$P_{krt} = 57,54 \cdot 10^5 - 0,85 \cdot 10^5 = 5669000 = 5,67 \cdot 10^6 Pa$$

Podstawiając otrzymaną wartość ciśnienia krytycznego P_{krt} do wyrażenia (1) i przyjmując $K_w = 0,5$, otrzymujemy dla drugiego wariantu modyfikacji RBG:

$$r_r = \left(\frac{0,5 \cdot 533 \cdot 9,80655 \cdot 10^4}{5,67 \cdot 10^6} \right)^{0,885} \cdot \sqrt[3]{75} = 15,6m$$

Natomiast przyjmując bardziej rzeczywistą wartość współczynnika powierzchniowego $K_w = 0,75$, otrzymujemy dla tego samego wariantu:

$$r_r = \left(\frac{0,75 \cdot 533 \cdot 9,80655 \cdot 10^4}{5,67 \cdot 10^6} \right)^{0,885} \cdot \sqrt[3]{75} = 29,2m$$

W przypadku pierwszego wariantu modyfikacji RBG ($G = 50$ kg, $k = 1$), otrzymamy promień rażenia o wartościach odpowiednio: 14 m i 25,5 m. Wartości te dla istniejącej bomby RBG-60 są następujące: 11 i 19,8 m.

⁴ Kuliś J. (red.): Analiza techniczno-ekonomiczna i koncepcja torpedy małego kalibru, AMW, Gdynia, 1989.

System WRBG-6000 wraz z podkiloną stacją hydrolokacyjną typu MG-322T oraz systemem kierowania strzelaniem SU-504E i przelicznikiem „Drakon-TB” posiada określone zalety, lecz nie jest wolny od wad i ograniczeń:

1. Podstawową wadą stacji hydrolokacyjnej są jej niewielkie możliwości w zakresie wykrywania torped (m.in. ograniczony zasięg oraz niemożność wykrywania torped w sektorach rufowych).
2. Główną niedoskonałością systemu kierowania strzelaniem jest ograniczenie wypracowywania parametrów ruchu torpedy przy założeniu zerowego kąta wyprzedzenia. Ograniczenie to wynika z faktu, że system SU-504E, a w szczególności przelicznik strzelań torpedowych i bombowych „Drakon-TB”, zrealizowane są całkowicie w technice analogowej. Posiadają w związku z tym dużą bezwładność i charakteryzują się długim czasem wypracowywania danych do strzelania. Przy strzelaniu do okrętów podwodnych, na odległościach rzędu 4-5 km, nie ma to większego znaczenia, jednakże w przypadku rażenia torped, na odległościach mniejszych niż 1500 m (rezygnujemy z II balistyki), czas 45 s niezbędny systemowi na wypracowanie kompletnych parametrów ruchu celu, jest nie do przyjęcia. W rezultacie, otrzymalibyśmy odległość salwy w granicach 500 m. Co więcej, podczas odpalania dużej salwy rakietowych bomb głębinowych (24 szt.), torpeda przeszłaby następne 200 metrów (ze względu na odstęp czasowy pomiędzy odpaleniami kolejnych bomb w salwie) i w zasadzie znalazłaby się poniżej minimalnego zasięgu WRBG-6000. Z tego właśnie względu zrezygnowano, w przypadku strzelania RBG do torped, z przeliczania jej parametrów ruchu na rzecz znacznie szybszego rozwiązania zadania z małym przygotowaniem danych i ręcznego wprowadzania prędkości torpedy, przy założeniu, że porusza się ona po linii namiaru (bez kąta wyprzedzenia) – czyli po krzywej pogoni.
3. Dużym ograniczeniem możliwości rażenia torped przez system WRBG-6000 są strefy martwe powstałe na skutek **błędneho** posadowienia wyrzutni.

W przypadku stawiania przed systemem rakietowych bomb głębinowych zadań obrony przeciwtorpedowej, należy odrzucić wszelkie kompromisy mogące obniżyć jego docelową efektywność. Uproszczenie polegające na rozpatrywaniu wyłącznie jednej możliwej trajektorii torped, znacznie zmniejsza możliwości ich rażenia, które, wbrew powszechnie uważanej opinii, nie są wcale małe. Za pomocą systemu rakietowych bomb głębinowych, nawet przy założeniu pewnych uproszczeń, można uzyskać prawdopodobieństwo rażenia torpedy w granicach 0,85-0,9. Prawdopodobieństwo to znacznie zwiększyłoby się, gdyby system miał możliwość przeliczania parametrów ruchu torpedy, a nie ich przyjmowania.

4. Podsumowanie

1. Współczesne torpedy wyposażone w różnorodne systemy samonaprowadzania są i długo jeszcze pozostaną skuteczną bronią do zwalczania okrętów nawodnych przez okręty podwodne. Dlatego też, okręt nawodny powinien być wyposażony w system środków pozwalających na maksymalne obniżenie zagrożenia torpedowego. W skład tego systemu powinny wchodzić zarówno środki zakłócające, jak również środki bezpośredniego niszczenia torped.

2. Na dzień dzisiejszy, jedynymi środkami niszczenia torped, będącymi na wyposażeniu okrętów nawodnych, są systemy oparte na wykorzystaniu raketowych bomb głębinowych.
3. Do 2015 roku nie należy się spodziewać wprowadzenia innych środków zwalczania torped, w rodzaju antytorpedy. W oficjalnym dokumencie „*Maritime Operations 2015*” (MO2015), będącym podsumowaniem działań grupy roboczej NATO pod tą samą nazwą, mającej za zadanie określić zasadnicze kierunki rozwoju uzbrojenia morskiego do roku 2015, w rozdziale dotyczącym obrony przeciwtorpedowej, rekomenduje się rozwój akustycznych środków zakłócających. Do 2015 roku nie przewiduje się skonstruowania środków obrony przed torpedami wykorzystującymi inny niż akustyczny układ samonaprowadzania (lub torped prostoidących – bez układu naprowadzania).
4. System WRBG-6000, który może być wykorzystywany do realizacji zadań obrony przeciwtorpedowej, posiada szereg ograniczeń o obiektywnym i subiektywnym charakterze. Do ograniczeń obiektywnych zaliczyć należy te, które wynikają z parametrów samego systemu, natomiast główną subiektywną przyczyną ograniczeń systemu jest błędne zaprojektowanie miejsc posadowienia wyrzutni, które doprowadziło do powstania nieuzasadnionych martwych sektorów ostrzału, a w efekcie do ograniczenia możliwości bojowych okrętu.
5. Z wyników symulacji komputerowej jednoznacznie wynika, że wbrew powszechnej opinii, system WRBG-6000 posiada duże możliwości niszczenia wykrytych torped – przy utrzymaniu optymalnego kąta kursowego i przy strzelaniu na maksymalnych odległościach I balistyki (1000 ÷ 1500 m), prawdopodobieństwo zniszczenia torpedy osiąga znaczne wartości - nawet do 0,9. Należy przy tym oczekiwać, iż inne środki niszczenia torped, oparte na wykorzystaniu systemu raketowych bomb głębinowych, charakteryzować się będą podobną, wysoką wartością prawdopodobieństwa rażenia. Zgodnie z danymi udostępnionymi przez producenta wspomnianego wcześniej systemu UDAV-1M, jego skuteczność (mierzona prawdopodobieństwem zniszczenia torpedy) wynosi:
 - w przypadku torped niekierowanych – 0,9,
 - w przypadku torped samonaprowadzających się – 0,76.
6. Z przedstawionych wyżej wyliczeń wartości promienia rażenia wynika, iż optymalna masa ekwiwalentna ładunku materiału wybuchowego raketowej bomby głębinowej przeznaczonej do niszczenia torped, powinna oscylować wokół 50 kg. Dalsze zwiększanie masy ŁMW powoduje oczywiście zwiększenie promienia rażenia, ale jest niecelowe z względów technicznych i ekonomicznych.
7. Dla celów obrony przeciwtorpedowej okręt nawodny powinien być wyposażony w system niszczenia torped przeznaczony wyłącznie do tego celu, gdyż zapewnia to najwyższy poziom efektywności. Wyniki badań potwierdzają tezę, że powinien być to system automatyczny o niedużym zasięgu (wątpliwe jest uzyskanie w najbliższej przyszłości możliwości wykrycia torpedy na odległościach przekraczających znacznie 3000 m tradycyjnymi środkami hydrolokacyjnymi), który za pomocą salwy pocisków (RBG) o stosunkowo dużym promieniu rażenia i odpowiednich właściwościach hydrodynamicznych pozwoliłby utworzyć pożądaną strefę rażenia „na kierunku” ataku torpedy.