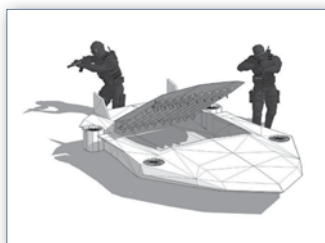


# Zintegrowany system walki podwodnej w oparciu o innowacyjne 2-stanowe pojazdy pływające typu AUV-S

dr hab. inż. prof. nadzw. PG Mirosław K. GERIGK



## Wprowadzenie

Obecnie trwają intensywne prace badawcze i projektowe nad opracowaniem innowacyjnych obiektów i bezzałogowych, w tym autonomicznych, pojazdów pływających o przeznaczeniu militarnym.

Z punktu widzenia działań rozpoznawczych i bojowych na morzu, gdzie coraz większego znaczenia nabierają misje o charakterze skrytym, a szczególnie te, które są prowadzone na wodach ograniczonych, w rejonach usytuowania infrastruktury krytycznej, coraz większego znaczenia nabiera możliwość realnego wykorzystania bezzałogowych pojazdów podwodnych. Takie misje wymagają zastosowania coraz bardziej zaawansowanych technologicznie pojazdów, platform, systemów. W niedalekiej przyszłości niektóre z tych pojazdów będą w pełni autonomiczne, inteligentne i ciche, z punktu widzenia zastosowanych technologii stealth.

W chwili obecnej najbardziej zaawansowanymi bezzałogowymi pojazdami pływającymi są bezzałogowe pojazdy powierzchniowe ASV (Autonomous Surface Vehicles), bezzałogowe pojazdy podwodne UUV (Unmanned Underwater Vehicles) i autonomiczne pojazdy podwodne AUV (Autonomous Underwater Vehicles). Pojazdy podwodne typu UUV i AUV można podzielić głównie z uwagi na ich masę (wyporność) i głębokość zanurzenia. Z operacyjnego punktu widzenia można je podzielić z kolei na 9 grup zadaniowych: rozpoznawcze (ISR), walki przeciwninowej (MCM), walki podwodnej (ASW), inspekcyjne, oceanograficzne, komunikacyjne (CN3), zaopatrzenia (logistyczne), dowodzenia (IO), uderzeniowe szybkiego działania (TCS). Większość z nich powstaje z myślą o wykonywaniu konkretnych zadań, w zależności od przeznaczenia.

Od kilku lat na Politechnice Gdańskiej istnieje interdyscyplinarny zespół naukowo-badawczy, który zajmuje się opracowaniem innowacyjnych platform i bezzałogowych pojazdów pływających, w tym pojazdów jedno-, dwu- i trój-stanowych. W skład zespołu wchodzi głównie pracownicy i doktoranci Politechniki Gdańskiej, ale zespół współpracuje też z innymi krajowymi ośrodkami naukowo-badawczymi oraz z przemysłem. Bardzo duże znaczenie dla prac zespołu mają bezpośrednie kontakty z instytucjami i żołnierzami Wojska Polskiego. Prace zespołu mają charakter wyprzedzający i ukierunkowane są na wdrożenia.

Przyjęto, że pojazdy jedno-stanowe to takie, które mogą poruszać się jedynie pod wodą, na powierzchni wody lub tuż nad jej powierzchnią. Za obiekty dwu-stanowe uznano te, które mogą się poruszać na powierzchni wody i pod wodą lub takie, które zdolne są do poruszania się na powierzchni wody i tuż nad wodą. Obiekty trój-stanowe to takie, które mogą się poruszać pod wodą, na powierzchni wody i nad jej powierzchnią, bez względu na kolejność zmiany medium. Te ostatnie należy uznać za najbardziej innowacyjne i zaawansowane z technologicznego punktu widzenia. Można przyjąć, że w przyszłości pojawią się jeszcze obiekty cztero-stanowe, a być może pięcio-stanowe, które staną się przedmiotem fascynacji naukowo-badawczych i technologicznych już w następnej dekadzie.

W materiale przedstawiono elementy rezultatów badań finansowanych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu PBS3/A6/27/2015, przy współpracy z Politechniką Warszawską i KFB Acoustics Sp. z o.o.

## Kluczowe technologie

Badania i projektowanie innowacyjnych platform oraz pojazdów pływających mają charakter interdyscyplinarny. Badania interdyscyplinarne można zdefiniować jako badania oparte na współpracy naukowej, podczas której naukowcy, stosując typowe dla swoich dyscyplin naukowych metody badawcze, starają się rozwiązać sformułowany problem badawczy. Badania interdyscyplinarne umożliwiają uściślenie dotychczasowej wiedzy lub powstanie nowej wiedzy, która umożliwia przedstawienie nowego i odmiennego podejścia od reprezentowanych przez dyscypliny naukowe, na których się opiera.

Celem badań nad innowacyjnymi platformami i pojazdami pływającymi dla obronności państwa jest przedstawienie propozycji konkretnych rozwiązań, które powinny prowadzić do opracowania prototypów i wdrożeń. Do głównych działań, prowadzących do pomyślnego wdrożenia, należy zaliczyć: badania, projektowanie, budowę, wdrożenie i eksploatację.

Powstanie innowacyjnego obiektu i jego pomyślne wdrożenie do eksploatacji wymaga zastosowania zaawansowanych technologii, które mają kluczowe znaczenie w opracowaniu innowacyjnych platform i obiektów pływających.

Do zaawansowanych technologii w omawianej dziedzinie można zaliczyć: technologie zapewniające autonomiczność systemów i obiektów, technologie systemów sensorycznych i wykonawczych (sensory, efektor), technologie materiałowe (materiały inteligentne, nano-materiały), technologie źródeł zasilania w energię, technologie innowacyjnych systemów napędowych, technologie informatyczne IT (w tym technologie komunikacji i nawigacji podwodnej), technologie stealth czy technologie kosmiczne i satelitarne.

W przypadku innowacyjnych platform i obiektów pływających zachodzi coraz częściej konieczność nadawania tym obiektom cech *stealth* z uwagi na trudnowykrywalność z operacyjnego punktu widzenia i ochronę środowiska morskiego. Definicję trudnowykrywalności (technologia *stealth*) można sformułować w sposób następujący: *maksymalne zmniejszenie możliwości wykrycia obiektu znanymi metodami i środkami obserwacji oraz rozpoznania.*

Przykładem badań interdyscyplinarnych z zastosowaniem powyższych technologii może być projekt badawczy Nr PBS3/A6/27/2015, *Model obiektu wodnego typu stealth o innowacyjnych rozwiązaniach*. Projekt jest finansowany przez Narodowe Centrum Badan i Rozwoju. Liderem jest Politechnika Gdańska. Projekt jest realizowany przez konsorcjum naukowo-przemysłowe. Wybrane elementy prac związanych z realizacją tego projektu przedstawiono poniżej.

## Innowacyjne 2-stanowe pojazdy pływające typu AUV-S (Stealth)

Przykładem badań interdyscyplinarnych związanych z zastosowaniem technologii *stealth* w przypadku *innowacyjnych platform i obiektów pływających* są badania związane z opracowaniem dwu-stanowych, nawodno-podwodnych pojazdów typu UUV i AUV-Stealth, według koncepcji dr. hab. inż. Mirosława K. Gerigka, prof. nadzw. PG, realizowanej przez zespół naukowo-badawczy Politechniki Gdańskiej, we współpracy m.in. z Politechniką Warszawską i KFB Polska Sp. z o.o.

Przedmiotem badań jest pojazd AUV-Stealth o następujących charakterystykach technicznych:

- długość całkowita: 2,2 m (4,4 m dla obiektu bojowego),
- szerokość operacyjna: 1,1 m (2,2 m dla obiektu bojowego),
- wysokość konstrukcyjna: 0,35 m (0,7 m dla obiektu bojowego),
- masa całkowita: 380-560 kg (700-1200 kg dla obiektu bojowego),
- średnia prędkość operacyjna pojazdu przy zanurzeniu 3,0 m: 0,5 - 2,0 m/s,
- czas misji (uzależniony jest od częstości zmiany pozycji i prędkości operacyjnej pojazdu): min. 1 godzina.

Podstawowym celem prowadzonych badań jest opracowanie modelu funkcjonalnego pojazdu AUV-Stealth, poruszającego się w zadanych warunkach operacyjnych. Na etapie badań są to warunki zbliżone do rzeczywistych. W przypadku modelu AUV-Stealth zastosowano nowe rozwiązania w zakresie kształtu kadłuba obiektu, jego podziału przestrzennego, zastosowanych materiałów czy systemu napędowego. Przyjęty do badań kształt obiektu można uznać za kształt typu *stealth-trudniejwykrywalny*, z punktu widzenia jego trudnowykrywalności w wodzie. Podział przestrzenny obiektu został opracowany w taki sposób, że uwzględnia wymagania funkcjonalne i zależy w znacznym stopniu od gabarytów, rozplanowania i masy podsystemów zainstalowanych na pokładzie obiektu.

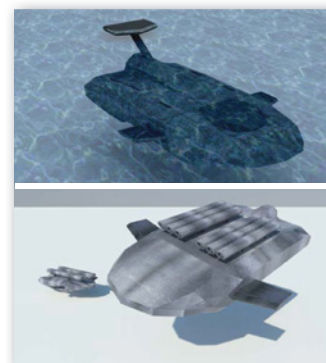
Prace obejmują budowę modelu fizycznego pojazdu AUV-Stealth wyposażonego w podstawowe podsystemy funkcjonalne, a docelowo w następujące podsystemy:

- napędowy (silniki elektryczne), wraz napędem wodnym (pędniki strugowodne),
- zaopatrzenia w energię (baterie),
- balastowy (samo-balastowanie metodą stałej wyporności),
- stabilizacji ruchu (płetwy stabilizacyjne, stery strumieniowe),
- sensoryczny (w ramach dalszych badań),
- precyzyjnego pozycjonowania pojazdu,
- sterowania, komunikacji i nawigacyjny,
- podsystem dedykowany (w ramach dalszych badań).

W czasie realizacji projektu badawczego zastosowano dwie podstawowe metody badawcze: symulacje komputerową (metody analityczne, metody numeryczne) i badania na modelu fizycznym pojazdu AUV-S



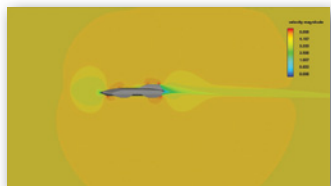
Wizualizacja pojazdu AUV-Stealth, kształt kadłuba



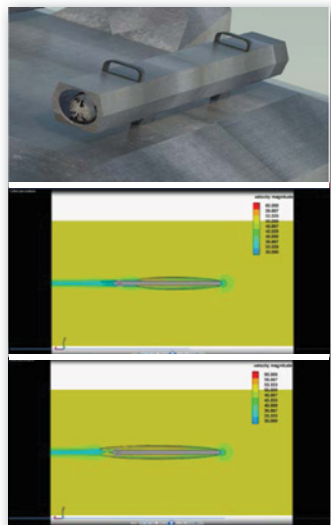
Wizualizacja pojazdu AUV-Stealth w wersji rozpoznawczej i bojowej



Przykłady elementów badań na modelu fizycznym pojazdu AUV-S, w tym: pojazd podczas testów hydrodynamicznych oraz badań pola hydroakustycznego dla różnych pokryć powierzchni kadłuba pojazdu



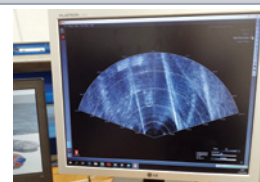
Przykładowa wizualizacja symulacji rozkładu ciśnień wokół pojazdu AUV-S w warunkach operacyjnych



Wizualizacje wybranych elementów projektu I-wersji torpedy MTSK, w tym widok na torpedę w wyrzutni oraz przykładowe symulacje opływu torpedy przy dużych prędkościach ruchu

w warunkach zbliżonych do rzeczywistych, w basenie holowniczym Politechniki Gdańskiej. Symulacja komputerowa została zastosowana głównie do badań materiałowych, konstrukcyjno-wytrzymałościowych oraz badań hydrodynamicznych. Badania na modelu fizycznym pojazdu AUV-S dotyczyły głównie doboru pokryć konstrukcyjnych i pokryć *stealth* oraz pomiarów pola hydroakustycznego pojazdu. W czasie badań, chodziło m.in. o znalezienie odpowiedzi na pytanie: czy możliwe jest wyciszenie pola własnego pojazdu AUV-S, tak aby można to było stwierdzić realnie, przy użyciu sonaru.

Oczywiście, najciekawszym elementem przeprowadzonych badań były badania wpływu pokrycia pojazdu AUV-S na emitowane przez pojazd pole hydroakustyczne. Chodziło o stwierdzenie, jakie pokrycie i jak bardzo przyczynia się do ograniczenia własnego pola hydroakustycznego pojazdu AUV-S. Badania te zostały przeprowadzone na Politechnice Gdańskiej z udziałem Partnerów w projekcie.



Stanowisko przygotowań pojazdu do badań oraz stanowisko pomiarowe do badań pola hydroakustycznego pojazdu AUV-S

Należy podkreślić, że przeprowadzone w czasie realizacji projektu badania charakteryzowały się dużą pracochłonnością. Było to związane z zastosowaniem dwóch wspomnianych metod badawczych, budową pojazdu AUV-S oraz badaniami na modelu fizycznym (pojazd AUV-S).

### Zastosowania pojazdów typu AUV-S

Z operacyjnego punktu widzenia, z uwagi na stosunkowo małe gabaryty, szybkość działania i potencjalne wyposażenie oraz uzbrojenie, proponowane pojazdy typu AUV-S mogą być trudne do wykrycia i zniszczenia, co podnosi ich skuteczność w działaniu. Niektóre konstrukcje mogą być odporne na trafienia, gdy ich powierzchnie zostaną wzmocnione materiałami antybalistycznymi.

Pojazdy te z powodzeniem mogłyby być zastosowane w marynarce wojennej do celów patrolowych, odstraszania lub rozpoznania (walki elektronicznej). W przypadku pojazdów AUV-S typowo bojowych, mogą one służyć do zwalczania obiektów nawodnych i podwodnych (małokalibrowa broń raketowa – torpedy MTSK – lub kinetyczna), ale także nadwodnych (małokalibrowa broń raketowa). Omawiane pojazdy mogą działać skrycie, mogą być też *uśpione* lub przebywać w stanie wyczekiwania w pełnej gotowości do działania. Należy zaznaczyć, że o sukcesie związanych z zastosowaniem tych pojazdów decyduje miejsce i czas misji, jej skrytość, a gdy trzeba: szybkość i zdecydowane działanie. Wzbudzenie pojazdu do działania powinno odbywać się za pomocą sygnałów kodowanych.

W założonych scenariuszach konfliktu, w tym działań na wodach ograniczonych, proponuje się zastosowanie na pojazdach typu AUV-S małej torpedy MTSK, do odstraszania oraz do zwalczania okrętów nawodnych i podwodnych (w tym miniaturowych), nawodnych i podwodnych pojazdów bezzałogowych (autonomicznych), zwalczania torped i innych obiektów.

Intensywna wymiana wiedzy pomiędzy zespołami naukowo-badawczymi z Gdańska, Gdyni i Warszawy, doprowadziła do powstania międzyuczelnianego zespołu Politechniki Gdańskiej, Akademii Marynarki Wojennej i Wojskowej Akademii Technicznej, który w stosunkowo krótkim czasie opracował koncepcję torpedy MTSK jako elementu systemu walki podwodnej morskich Sił Zbrojnych RP. Duży wpływ na powstanie tego zespołu miał Inspektorat Implementacji Innowacyjnych Technologii Obronnych IITO. Koncepcja torpedy MTSK stworzona przez polskich naukowców to kolejny, obok bezzałogowych pojazdów nawodnych i podwodnych, element nowoczesnego systemu obronnego morskiego komponentu Sił Zbrojnych RP.

Po wnikliwej analizie wymagań operacyjnych i technicznych przystąpiono do wstępnych badań w wyniku których powstał projekt I-wersji torpedy MTSK. Torpeda jest znacznie szybsza, niż inne tego typu obiekty. Założono, że w zależności od zoptymalizowanych parametrów głównych torpedy (wymiarów), jej kształtu i osłowności, wyporności i zainstalowanej mocy, będzie można osiągnąć znaczne prędkości w zależności od głębokości akwenu i zanurzenia operacyjnego torpedy. Przewiduje się, że będzie to ok. 50-60 m/s. Szacuje się, że zasięg torpedy wyniesie ok. 2 Mm.

Co ważne, torpeda zostanie wykonana w technologii *stealth*. Oznacza to, że będzie trudna do wykrycia, emitując nieznaczne pola fizyczne i sygnały, co w praktyce uniemożliwi jej zdemaskowanie. Założono, że czas użycia torpedy w warunkach operacyjnych będzie krótszy niż czas reakcji potencjalnego przeciwnika.

### Dalsze badania

Nowe, polskie rozwiązania dotyczące bezzałogowych pojazdów morskich, opracowywane są obecnie na Politechnice Gdańskiej w zespole kierowanym przez prof. Mirosława Gerigka. Zespół zajmuje się problematyką



badan interdyscyplinarnych i rozwojem zaawansowanych technologii w projektowaniu *innowacyjnych platform i obiektów pływających dla gospodarki i obronności państwa*. Członkami zespołu są pracownicy i doktoranci Politechniki Gdańskiej, współpracujący także z innymi ośrodkami naukowo-badawczymi oraz przemysłem.

Obecnie zespół ulepsza proponowane wcześniej rozwiązania oraz przygotowuje się do podjęcia prac nad obiektami jeszcze bardziej zaawansowanymi technologicznie. Najbardziej innowacyjną z naukowo-badawczego i technicznego punktu widzenia wydaje się być koncepcja pojazdu *FIST-RP*. Powstała ona z myślą o wykonywaniu zadań specjalnych i, zgodnie z opiniami ekspertów, jest ona najbardziej koncepcyjnie zaawansowanym rozwiązaniem w odniesieniu do bezzałogowych autonomicznych pojazdów morskich. Zespół podjął działania ukierunkowane na nawiązanie współpracy nad rozwojem koncepcji pojazdu *FIST RP* z ważnymi w skali międzynarodowej partnerami.

Bez względu na przeznaczenie, obiekty te powinny być wyposażone w podsystemy kodowanej komunikacji i nawigacji, powietrznej i podwodnej. Powinny posiadać pokładowe źródła zasilania w energię, które umożliwiłyby wykonanie misji jedno-, kilku- lub kilkunastogodzinnych, z możliwością doładowania zasobników energii na przykład ze stacji podwodnych. Najlepiej byłoby, gdyby pozyskane były tzw. pojazdy dwu-stanowe, mogące poruszać się na powierzchni wody i pod nią oraz pojazdy bardziej zaawansowane, tzw. trój-stanowe, które miałyby możliwość poruszania się przez krótki czas ze względnie dużą prędkością tuż nad powierzchnią wody.

W zależności od wykonywanych zadań niektóre z tych pojazdów powinny być wyposażone w autonomiczne, inteligentne podsystemy sterowania i pozycjonowania pojazdu, w zależności od informacji przesyłanych przez systemy sensoryczne pojazdu. Wydaje się, że najbardziej zaawansowanymi bezzałogowymi autonomicznymi obiektami tego typu będą te, które mogłyby się komunikować z innymi pojazdami i podejmować decyzje.

Zasadniczą cechą morskich bezzałogowców powinna być trudnowykrywalność (technologie *stealth*). *Stealth* nie oznacza współcześnie jedynie zdolności do odbijania i pochłaniania promieniowania radarowego przez obiekty poruszające się w powietrzu, poprzez odpowiedni kształt i pokrycie powierzchni zewnętrznej specjalną powłoką. *Stealth* w wodzie dotyczyć dziś musi także napędu, a więc bardzo cichych silników elektrycznych, specjalnych pędników strugowodnych, które nie powinny emitować zbyt dużo hałasu, a konstrukcja nie powinna się nagrzewać. Dodatkowo, poruszając się pod wodą, pojazd powinien wytwarzać jak najmniej zakłóceń wynikających z opływającego kształtu kadłuba pojazdu. Ideałem byłaby również możliwość przystosowywania się koloru konstrukcji pojazdu do barwy otaczającej wody.

## Podsumowanie

Przeprowadzone dotychczas badania nad możliwością wprowadzenia do eksploatacji innowacyjnych, bezzałogowych pojazdów typu AUV-S koncentrowały się na sprawdzeniu gotowości poszczególnych technologii składowych, wykonaniu elementów projektu (wstępnego, technicznego, roboczego) oraz budowie modelu obiektu (demonstrator, prototyp). Z uwagi na rozpatrywane zastosowanie militarne pojazdów AUV-S rozważano możliwość użycia ich do celów rozpoznawczych, w tym działań skrytych oraz zastosowanie pojazdów do działań typowo bojowych, z wykorzystaniem małych, szybkich torped superkawitacyjnych MTSK lub małokalibrowej broni konwencjonalnej, wykorzystującej pociski superkawitacyjne.

W czasie badań dużą wagę przywiązywano do oceny możliwości zastosowania pojazdów AUV-S w warunkach operacyjnych. W tym celu opracowano projekt dynamicznego systemu zarządzania pracą pojazdów AUV-S w warunkach operacyjnych (sterowanie pokładowe, sterowanie nadrzędne, nawigacja, komunikacja), na bazie procedur kodowanych. Opracowano także system dyslokacji pojazdów w wodzie i podejmowania pojazdów z wody. W tym celu rozpatrzono możliwości zastosowania istniejących platform, w tym: śmigłowców, *dronów*, okrętów nawodnych, szybkich jednostek nawodnych, okrętów podwodnych, autonomicznych pojazdów nawodnych i podwodnych czy uśpionych obiektów podwodnych.

**Należy jeszcze raz podkreślić, że powstanie prototypu pojazdu AUV-S wymaga kontynuacji obecnego projektu. Zdaniem wykonawców w projekcie jest to zadanie realne do wykonania w stosunkowo krótkim okresie czasu, w zależności od wymagań taktyczno-technicznych (WTT). Technologie oraz proces projektowania i budowy pojazdu zostały opanowane. Potrzebne są decyzje.**

Można oczekiwać, że w nadchodzących latach zwiększy się znacznie zastosowanie bezzałogowych pojazdów i systemów morskich, w tym autonomicznych. Należy sądzić, że w ciągu najbliższych dwóch dekad będziemy mieli do czynienia najpierw z szybkim rozwojem wymienionych wcześniej technologii, w tym *stealth*, a następnie z ich jeszcze szybszym zastosowaniem zarówno w ogólnie pojętej obronności, jak i w gospodarce.

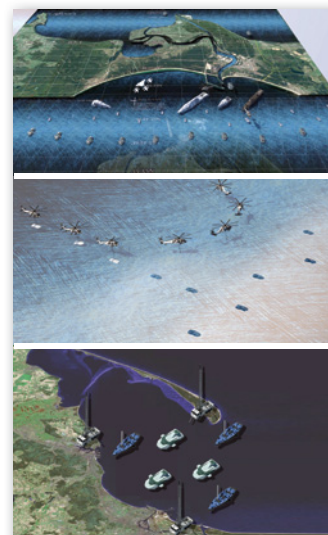
W związku z tym warto w Polsce podjąć przemyślane i zdecydowane działania związane z dalszymi badaniami, projektowaniem, budową i wdrożeniem proponowanych rozwiązań (pojazdów oraz całych systemów) opartych w znacznej części na polskiej myśli naukowej i technicznej, z wykorzystaniem technologii opracowanych w kraju.

## Podziękowanie

Powyższe, wybrane elementy badań powstały w ramach projektu badawczego *Model obiektu wodnego typu stealth o innowacyjnych rozwiązaniach w zakresie kształtu, konstrukcji i materiałów decydujących o jego trudno-wykrywalności*, w ramach Programu Badań Stosowanych III (Umowa nr PBS3/A6/27/2015), finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.



Wizualizacja jednej z wersji trój-stanowego, bezzałogowego autonomicznego pojazdu (podwodno-nawodno-nadwodnego) *FIST-RP*



Wizualizacja dyslokacji pojazdów typu AUV-S (rozpoznawczych i bojowych) z użyciem śmigłowców transportowych przy użyciu dynamicznego systemu zarządzania pojazdami AUV-S w warunkach operacyjnych