

POJAZDY PODWODNE W PRACACH NAUKOWYCH UNIwersYTETU SZCZECIŃSKIEGO - SYSTEMY I ZASTOSOWANIA

Tadeusz Graczyk

Wydział Nawigacyjny, Katedra Oceanotechniki i Okrętów Akademii Morskiej w Szczecinie

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono zakres prac badawczych i aplikacyjnych dotyczących systemów bezzałogowych zdalnie sterowanych pojazdów głębinowych prowadzonych na ówczesnej Politechnice Szczecińskiej (obecnie Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie). Zwieńczeniem prac była budowa takich systemów i pionierskie prace podwodne z ich zastosowaniem, prowadzone przy współudziale instytucji gospodarki morskiej.

Słowa kluczowe: technika głębinowa, pojazdy głębinowe, załogowe pojazdy głębinowe.

ARTICLE INFO

PolHypRes 2022 Vol. 78 Issue 1 pp. 51 – 64

ISSN: 1734-7009 **eISSN:** 2084-0535

DOI: 10.2478/phr-2022-0004

Strony: 12, rysunki: 0, tabele: 1

page www of the periodical: www.phr.net.pl

Publisher

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society

Typ artykułu: przeglądowy

Termin nadesłania: 23.10.2020 r.

Termin zatwierdzenia do druku: 18.02.2021 r.



WSTĘP

Lata dziewięćdziesiąte ubiegłego wieku to na Wydziale Techniki Morskiej (od 2011 r. – Wydział Techniki Morskiej i Transportu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie) okres rozwoju systemów bezzałogowych zdalnie sterowanych pojazdów głębinowych (BZSPG) i współpracy z uczelniami i instytucjami gospodarki morskiej w zakresie aplikacji tych systemów.

Badania rozszerzono na projektowanie koncepcyjne systemów pojazdów głębinowych, projektowanie i analizy wykonawcze podsystemów pojazdów, zagadnienia prognozowania i realizacji określonych właściwości ruchowych pojazdów, budowę systemów pojazdów głębinowych i aplikacje zbudowanych systemów [1,2,3,4,5,7].

Artykuł jest kontynuacją tematyki prezentowanej w osobnym opracowaniu pt. „Pojazdy głębinowe w pracach badawczych uczelni szczecińskich – projekty”.

OBZAR I ZAKRES PRAC BADAWCZYCH W DZIEDZINIE TECHNIKI GŁĘBINOWEJ

Konieczność badania akwenów w celu identyfikacji zatopionych obiektów technicznych takich, jak: rurociągi, kable, obiekty metalowe, a w szczególności pozostałości I i II wojny światowej, w tym środki militarne w postaci amunicji i pojemników z gazem bojowym, była przyczyną podjęcia badań i rozwoju systemów pojazdów głębinowych o takim przeznaczeniu.

Prace badawcze dotyczyły projektowania i budowy BZSPG, które zapewniały oddalenie człowieka od miejsc niebezpiecznych, możliwość długotrwałej pracy bez ograniczeń fizjologicznych, energetycznych i czasowych oraz zastąpienie kosztownych misji pojazdów załogowych i zatrudniania nurków, co na znacznych głębokościach wymaga zwykle rozbudowanej bazy technicznej i medycznej.

W Tabeli 1 zestawiono systemy BZSPG projektowane i budowane na Wydziale Techniki Morskiej (autor pełnił rolę kierownika projektów). Dwa z nich, wykorzystujące do zadań podwodnych pojazdy *NUR* i *MAGIS*, znalazły praktyczne zastosowanie w zadaniach głębinowych realizowanych dla instytucji gospodarki morskiej [6]. Systemy te funkcjonują do dzisiaj.

Tab. 1

Systemy pojazdów głębinowych zbudowane na Wydziale Techniki Morskiej.

Lp	Nazwa systemu	Nazwa pojazdu	Charakterystyka pojazdu		Okres badań/ budowy
			głębokość robocza [m] kształt/postać przeznaczenie	wymiary [mm] pędniki masa [kg]	
1	SMP-50	<i>KRAB I</i>	50 konstrukcja ramowa inspekcja	1200x1270x700 5 pędników 62	1991-1993
2	SWOT-150	<i>KRAB II</i>	150 konstrukcja ramowa inspekcja, monitoring	1200x1270x700 5 pędników 70	1993-1995
3	MZSPG	<i>PNP-50</i>	50 konstrukcja ramowa inspekcja, poszukiwania	1000x800x600 5 pędników 50	1997 projekt
4	TODS-400	<i>MAGIS</i>	400 kształt wrzeciona wyposażenie badawcze system pilotowania inspekcja, pomiary, proste prace	2250x760x600 6 pędników 120	1994-1999
5	SMG	<i>MAGIS</i>	jw., miniaturyzacja systemu zmiana konfiguracji wyposażenia pojazdu zmiana mocy pędników poprzecznych automatyka systemu sterowania		2004-2007

SYSTEMY MONITORINGU SMP/SWOT

System i urządzenia zbudowane w Zespole Techniki Głębiny na Wydziale Techniki Morskiej przewidziane były do pracy w Morzu Bałtyckim, akwatoriach portowych, w tym basenach byłych baz wojskowych, a także w zbiornikach śródlądowych. Zadaniem urządzeń było też określenie stopnia szkodliwości ekologicznej zalegających obiektów oraz opracowanie sposobu ich rejestracji i ewidencjonowania dla dalszych prac zmierzających do wydobycia lub unieszkodliwienia zalegających złazisk. Zastosowanie systemu obejmowało także ocenę zagrożeń podczas prac pogłębiarskich zbiorników i torów wodnych.

System Monitoringu Podwodnego SMP wykorzystywał bezzałogowy pojazd głębinowy *KRAB I*, jako nośnik aparatury, który był zaprojektowany przy współudziale Przedsiębiorstwa Projektowo-Usługowego Submar i zbudowany w kooperacji z kanadyjską firmą Hydrobotics Engineering Inc., co było konieczne z powodu embarga na dostawy do Polski specjalistycznego wyposażenia pojazdu. W skład SMP wchodziły dwa obiekty:

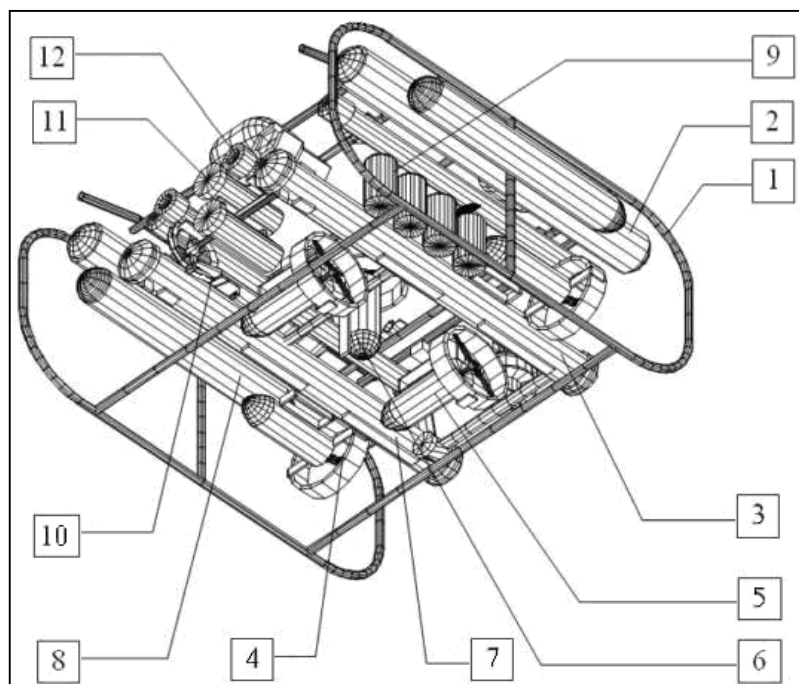
- stanowisko sterowniczo-badawcze zawierające: konsolę kontrolną, pulpit sterowniczy, monitory, podsystem wizualizacji danych monitorowania,
- podwodny nośnik aparatury *KRAB I* o konstrukcji nośnej z rur aluminiowych, zawierający wyposażenie umieszczone w pojemnikach ciśnieniowych, Fot. 1, Tabela 2.

Pojazd zmodernizowano wkrótce do wersji *KRAB II*, Rys. 1, Fot. 2, Tabela 2, charakteryzującej się rozbudową pojazdu i wyposażeniu go w dodatkowe urządzenia monitorujące stan środowiska wodnego (sonda pomiarowa parametrów fizykochemicznych wody), urządzenie do pobierania próbek wody, magnetometr, echosondę do pomiaru odległości od dna i powierzchni wody. Pojazd *KRAB II* stanowiący nośnik aparatury w nowym Systemie Wykrywania Obiektów Technicznych SWOT przeszedł pomyślnie badania poligonowe, a system znalazł zastosowania komercyjne. Prace inspekcyjne można wykonywać przy użyciu tego systemu do głębokości 150 m, a pomiary własności fizycznych i chemicznych wody do głębokości 50 m.

Tab. 2

Charakterystyka techniczna pojazdów głębinowych *KRAB I* i *KRAB II*.

Lp	Wyszczególnienie		<i>KRAB I</i> w systemie SMP	<i>KRAB II</i> w systemie SWOT
1	Masa	[kg]	70	90
2	Wymiary	[mm]	1200x1270x700 mm	
3	Różnica wysokości środków i ciężkości	wyporu [mm]	40	50
3	Głębokość robocza	[m]	50	150
4	Prędkość	[m/sek]	2,0	1,5
5	Konstrukcja nośna		rama prostopadłościenna z rur aluminiowych	
6	Pędniki, konfiguracja		4 wzdłużne, 1 pionowy	2 wzdłużne, 2 poprzeczne, 1 pionowy
7	Zasilanie		220 V/50Hz	
8	Wyposażenie		kamery TV kolorowej i monochromatycznej, platforma przechylna kamer i świateł 2x150 W, jednofunkcyjny manipulator-uchwyt, busola magnetyczna, głębokościomierz	kamery TV kolorowej i monochromatycznej, platforma przechylna kamer i świateł 4x150 W, jednofunkcyjny manipulator-uchwyt, busola magnetyczna, głębokościomierz, sonda pomiarowa parametrów fizykochemicznych wody. Opcjonalnie: magnetometr, urządzenie do pobierania próbek wody, echosonda do pomiaru odległości od dna i powierzchni wody



- | | |
|----------------------------|--------------------------------------|
| 1 - rama | 7 - pojemnik układów elektronicznych |
| 2 - pojemnik wypornościowy | 8 - głowica pomiarowa |
| 3 - pojemnik wypornościowy | 9 - próbnik wody |
| 4 - pędnik wzdłużny | 10 - manipulator |
| 5 - pędnik poprzeczny | 11 - kamera tv |
| 6 - pędnik pionowy | 12 - reflektor |

Rys. 1 Konfiguracja pojazdu głębinowego KRAB II – widok od dołu.



Fig. 2 Bezzałogowy zdalnie sterowany pojazd głębinowy KRAB I – pierwsze autorskie wodowanie w krytym basenie technologicznym Wydziału Techniki Morskiej Politechniki Szczecińskiej.



Rys. 3 Bezałogowy zdalnie sterowany pojazd głębinowy KRAB II wyposażony w znacznik laserowy L do badań trajektorii ruchu pojazdu.

Realizacja w Zakładzie Technologii Okrętów na Wydziale Techniki Morskiej Politechniki Szczecińskiej: Projekt Badawczy Komitetu Badań Naukowych nr 7 0117 91 01 pn. „Systemy i urządzenia technologii prac podwodnych”, lata 1991-1993 i Projekt Badawczy Komitetu Badań Naukowych nr 9 S604 063 04 pn. „Systemy wykrywania obiektów technicznych w toni wodnej SWOT”, lata 1993-1995.

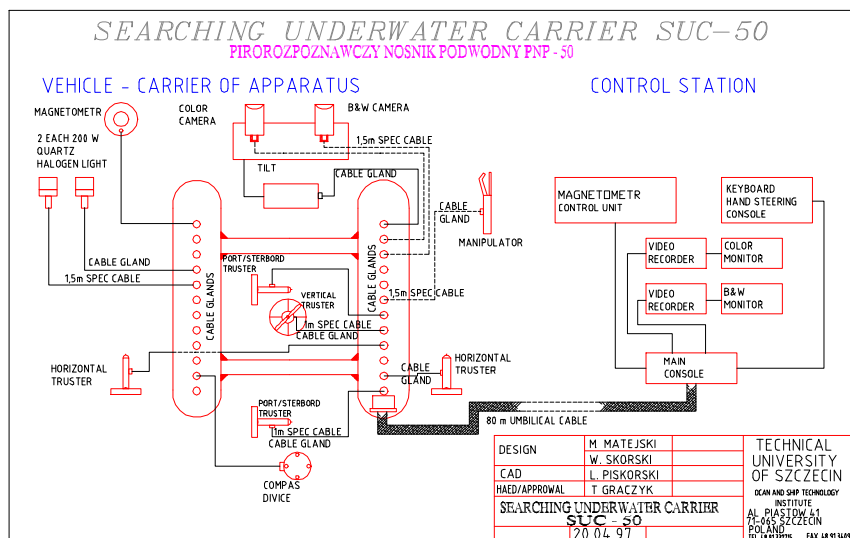
Zespół Badawczy: Tadeusz Graczyk, Leszek Bednarski, Bartłomiej Jakus, Henryk Kierul, Mariusz Matejski, Łukasz Piskorski, Eugeniusz Skrzymowski, Władysław Skurski, Zbigniew Szymczyk, Antoni Wiliński.

PIROROZPOZNAWCZY NOŚNIK PODWODNY PNP-50

Projekt pirorozpoznawczego nośnika podwodnego PNP-50 powstał dla zaspokojenia potrzeb Marynarki Wojennej i Policji w zakresie wykonywania inspekcji obiektów niebezpiecznych i poszukiwań ładunków wybuchowych – głównie w wodach przybrzeżnych i śródlądowych do głębokości 50 m, Rys. 3. W projekcie wykorzystano doświadczenia zespołu przeniesione z budowy systemu SMP/SWOT oraz antyterrorystycznych badań poligonowych z zastosowaniem pojazdu KRAB II.

Opracowano założenia do miniaturyzacji systemu pojazdu oraz procedurę jego zastosowania w działaniach inspekcyjnych i antyterrorystycznych.

Realizacja w Zakładzie Technologii Okrętów na Wydziale Techniki Morskiej Politechniki Szczecińskiej: 1997 r. Zespół Badawczy: Tadeusz Graczyk, Mariusz Matejski, Łukasz Piskorski, Władysław Skurski.



Rys. 4 Pirorozpoznawczy nośnik podwodny PNP-50 – schemat blokowy modyfikacji systemu pojazdu KRAB II do działań antyterrorystycznych.

SYSTEM WYKRYWANIA OBIEKTÓW TECHNICZNYCH TODS-400

Badania prowadzone na Wydziale Techniki Morskiej przez Zespół Techniki Głębiny obejmowały: monitoring jezior, badania torów wodnych, basenów portowych, prace archeologiczne w pewnych rejonach Bałtyku, badania stanu technicznego platform wiertniczych, badania sztucznych raf na polskich wodach terytorialnych itp. Rezultaty tych badań oraz

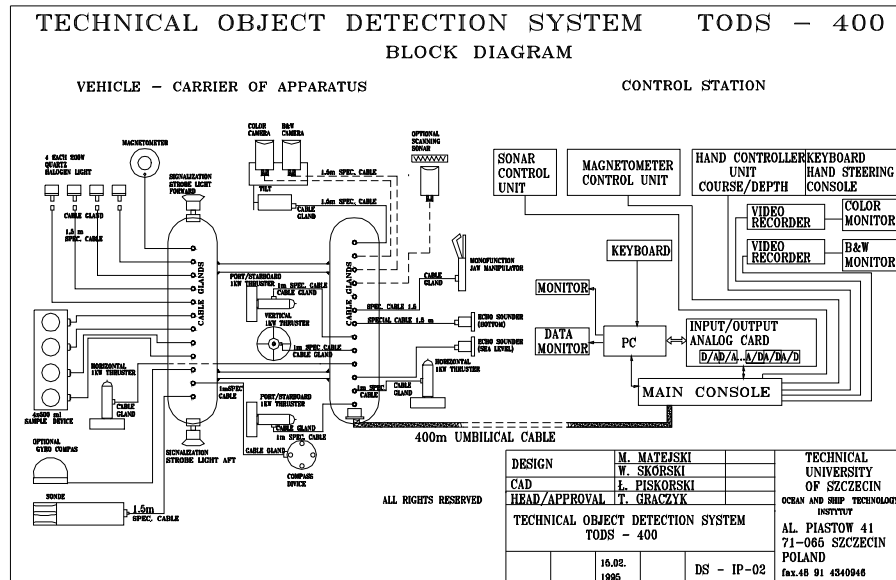


prace badawcze zespołu w dziedzinie ochrony środowiska morskiego wykorzystane zostały do zaprojektowania i budowy uniwersalnego narzędzia do badania strefy przybrzeżnej i regionów głębokowodnych Bałtyku, t.j. systemu wykrywania obiektów technicznych TODS-400 (Technical Object Detection System), w oparciu o fundusze europejskie Phare, Rys. 4.

System TODS-400 składa się z następujących podzespołów:

- nośnika podwodnego *MAGIS*, którego charakterystykę techniczną przedstawia Rys. 6 i Tabela 3,
- mobilnego stanowiska sterowania i kontroli w przyczepie samochodowej zawierającego: moduł dystrybucji mocy, kołowroty kablolin 100 i 400 m, konsolę kontrolną, konsolę zdalnego sterowania.

W systemie TODS-400 zastosowano technikę światłowodową do transmisji sygnałów sterujących i wizyjnych.

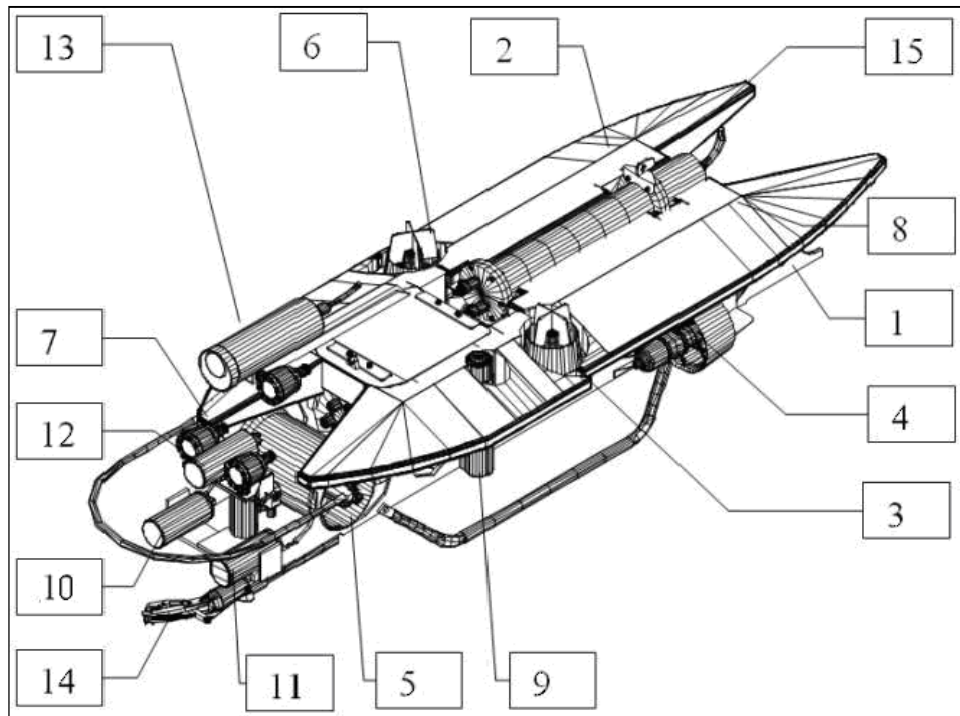


Rys. 5 Schemat blokowy systemu głębinowego TODS-400.

Tab. 3

Charakterystyka techniczna pojazdu *MAGIS*.

Lp	Wyszczególnienie		Opis
1	Masa	[kg]	120
2	Wymiary	[mm]	2250x760x600
3	Różnica wysokości środków wyporu i ciężkości	[mm]	50
3	Głębokość robocza	[m]	400
4	Prędkość	[m/sek]	2,5
5	Kształt kadłuba, konstrukcja		wrzeciono, szkielet - płyty aluminiowe, pojemniki ciśnieniowe - PCV, pływaki - styrodur laminowany
6	Pędniki, konfiguracja		2 wzdłużne, 2 poprzeczne, 2 pionowe
7	Zasilanie		3x380 V/50Hz
8	Wyposażenie		kamera TV kolor i 2 reflektory z mechanizmem uchylnym, kamera TV cz.-b nieruchoma, aparat fotograficzny i lampa stroboskopowa, dwufunkcyjny manipulator - uchwyt, obrót, nadajnik hydroakustyczny, kompas, głębokościomierz ciśnieniowy, sonda pomiarowa własności wody



- | | | |
|---------------------------|--------------------------|------------------------------|
| 1 - rama pojazdu | 2 - moduł wypornościowy | 3 - pojemnik elektroniki |
| 4 - pędnik wzłużny | 5 - pędnik poprzeczny | 6 - pędnik pionowy |
| 7 - reflektor | 8 - kompas (niewidoczny) | 9 - nadajnik hydroakustyczny |
| 10 - aparat fotograficzny | 11 - lampa stroboskopowa | 12 - kamera tv kolor. |
| 13 - kamera tv cz.-b. | 14 - manipulator | 15 - kablolina |

Rys. 6 Konfiguracja pojazdu MAGIS.

Realizacja w Zakładzie Technologii Okrętów na Wydziale Techniki Morskiej Politechniki Szczecińskiej: EU Project Phare PL 9409-01-03 pn. „The Modification of the Technical Objects Detection System (TODS-400) to Specify Pollution in Near-Bottom Zone of the Baltic Sea”, Cross Border Co-Operation Programme Poland-Denmark, Coastal Monitoring, lata 1994-1999 oraz Projekt nr 5/97/MN-PO/D pn. „System wykrywania skażeń w strefie przydennej Morza Bałtyckiego z modyfikacją”, Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Szczecinie, 1997 r.

Zespół Badawczy: Tadeusz Graczyk, Sławomir Jaszczak, Henryk Kierul, Mariusz Matejski, Łukasz Piskorski, Władysław Skurski, Włodzimierz Stawarz, Zbigniew Szymczyk.

SYSTEM MONITORINGU GŁĘBINOWEGO SMG

System monitoringu głębinowego SMG dla warunków niebezpiecznych, Fig. 7,8,9 zbudowany w ramach projektu badawczego Ministerstwa Edukacji i Nauki, oparty jest na koncepcji systemu TODS, który dla pewnych zastosowań jest niewystarczająco mobilny (duża masa i objętość modułów systemu, obsługa przez cztery osoby) i ma ograniczone możliwości badania stanu środowiska wodnego. W systemie SMG wykorzystywany jest zmodyfikowany pojazd MAGIS przeznaczony do wykonywania zadań podwodnych do głębokości 400 m.

Modyfikacja dawnego systemu TODS polegała na dostosowaniu go do oczekiwań użytkowników, które sprecyzowano po zebraniu doświadczeń w trakcie badań poligonowych i dotychczasowych aplikacji. W szczególności zaś polegała na:

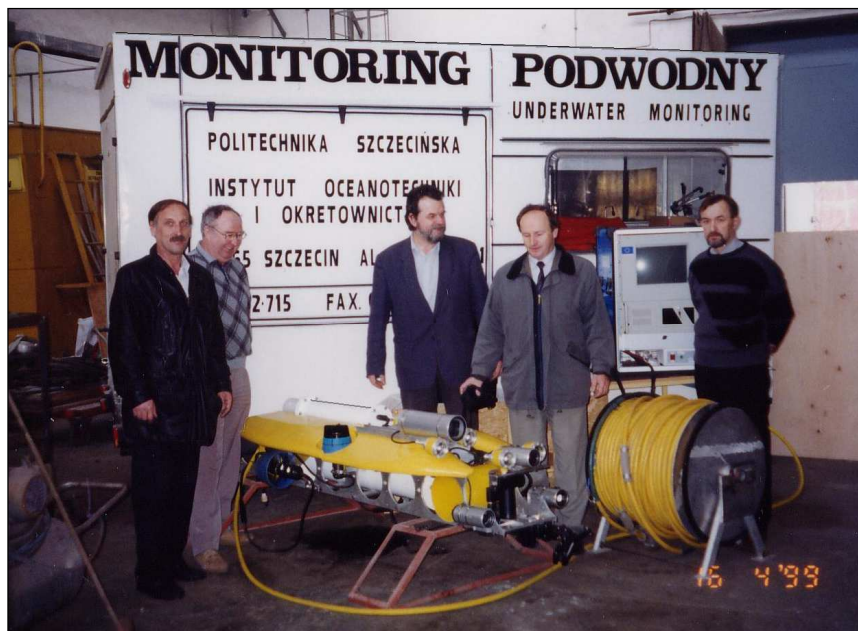
- powiększeniu mobilności systemu poprzez miniaturyzację podzespołów, m.in. modułu dystrybucji zasilania,
- wyposażeniu systemu w kołowroty kablolin o długości 100 i 400 m,
- modernizacji systemu napędowego – zmiana rozdziału mocy w układzie pędników w celu zwiększenia mocy pędników wzłużnych, kosztem ograniczenia mocy pędników ruchu poprzecznego,
- zastosowaniu automatyki sterowania ruchem pojazdu – stabilizacja kursu i głębokości,
- zastosowaniu nowoczesnych nośników informacji do zapisywania danych,
- rozszerzenie możliwości pomiarowych stanu środowiska – identyfikacja pozostałości militarnych.



Rys. 7 Pojazd głębinowy MAGIS podczas badań stanu technicznego doku pływającego w Szczecińskiej Stoczni Remontowej Gryfia.



Rys. 8 Badania właściwości pojazdu głębinowego MAGIS w basenie technologicznym Zakładu Technologii Okrętów Politechniki Szczecińskiej.



Rys. 9 System Monitoringu Głębinowego i zespół projektowo-badawczy Wydziału Techniki Morskiej Politechniki Szczecińskiej. Od lewej: Zbigniew Szymczyk, Henryk Kierul, Władysław Skórski, Tadeusz Graczyk, Mariusz Matejski.

Realizacja w Zakładzie Technologii Okrętów na Wydziale Techniki Morskiej Politechniki Szczecińskiej: Projekt Badawczy Ministerstwa Edukacji i Nauki nr 4 T12C 020 26 pn. „System monitoringu głębinowego dla warunków niebezpiecznych”, lata 2004-2007.

Zespół Badawczy: Tadeusz Graczyk, Sławomir Jaszczak, Henryk Kierul, Mariusz Matejski, Łukasz Piskorski, Władysław Skurski, Włodzimierz Stawarz, Zbigniew Szymczyk.

WSPÓŁPRACA INSTYTUCJI W ZAKRESIE BADAŃ PODWODNYCH

Prace badawcze, projektowe i wykonawcze systemów pojazdów głębinowych wykonywane były na Politechnice Szczecińskiej, później w Zachodnio-pomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie. Niektóre prace projektowe, badania modelowe, a zwłaszcza badania aplikacyjne systemów pojazdów prowadzono we współpracy z innymi uczelniami i instytucjami głównie gospodarki morskiej. Były to:

- Akademia Rolnicza w Szczecinie – Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa,
- Akademia Morska w Szczecinie,
- Uniwersytet Szczeciński – Zakład Archeologii,
- Politechnika Gdańska – Wydział Oceanotechniki i Okrętownictwa,
- Urząd Wojewódzki w Szczecinie – Wydział Ochrony Środowiska,
- Marynarka Wojenna – 8 Flotylla Obrony Wybrzeża w Świnoujściu,
- Akademia Marynarki Wojennej w Gdyni – Wydział Mechaniczno-Elektryczny,
- Przedsiębiorstwo Projektowo-Usługowe Submar w Gdyni,
- Fabryka Maszyn Budowlanych Bumar Hydroma w Szczecinie,
- Instytut Mechaniki Precyzyjnej w Warszawie,
- Komenda Główna Policji w Warszawie,
- Karkonoskie Zakłady Maszyn Elektrycznych w Piechowicach,
- Hydrobotics Engineering Inc. w Ajax, Kanada,
- Hytec w Montpellier, Francja,
- usługowe przedsiębiorstwa nurkowe specjalizujące się w pracach podwodnych.

Badania aplikacyjne obejmowały obserwacje i monitoring obiektów pod wodą w Morzu Bałtyckim i jeziorach. Dokonano oceny stanu sztucznej rafy w Zalewie Szczecińskim i wlotu Kanału Piastowskiego, oceny stanu technicznego wieży wydobywczej ropy naftowej oraz stanu poszycia kadłubów okrętowych z urządzeniami napędowymi i sterowymi, oceny stanu doku pływającego i głębi dokowej. Przeprowadzono skuteczne poszukiwania wraków i obiektów militarnych w Zatoce Pomorskiej i Zalewie Szczecińskim. Dokonano inspekcji akwatoriów portowych, konstrukcji wsporczych nabrzeży i innych obiektów hydrotechnicznych, przeglądu ujęcia wodnego i czepni elektrociepłowni. Poszukiwano zagubionych obiektów w jeziorach. Dokonano obserwacji morskiej i jeziorowej flory i fauny. Przeprowadzono pobory i badania próbek wody. Asystowano nurkom w pracach podwodnych.

PODSUMOWANIE

W zakresie prac teoretycznych stworzono uporządkowane podstawy dla badań w dziedzinie projektowania urządzeń oceanotechnicznych. Opracowano metodykę projektowania bezzałogowych zdalnie sterowanych pojazdów głębinowych (BZSPG). Wobec braku dostępu do danych projektowych systemów oferowanych na rynku, ograniczanego przez firmy, dla systemu pojazdu *MAGIS* zastosowano autorski algorytm projektowy pozwalający wykorzystywać rozszerzający się zbiór doświadczeń projektanta oraz rozwijający się stan techniki. Rezultatem takiego postępowania jest możliwość budowy pojazdu spełniającego przyjęte założenia, o określonych właściwościach użytkowych, które satysfakcjonują przyszłego użytkownika, ale także umożliwiając budowę pojazdu w warunkach technicznych znajdujących się w zakresie możliwości projektanta i wytwórcy.

Rezultatem praktycznej części prac badawczych jest zbudowanie czterech użytkowych systemów BZSPG (System Monitoringu Podwodnego SMP – *KRAB I*, System Wykrywania Obiektów Technicznych SWOT – *KRAB II*, Technical Object Detection System TODS-400 – *MAGIS*, System Monitoringu Głębinowego SMG – *MAGIS*), przy zastosowaniu których realizowano prace podwodne dla instytucji związanych z gospodarką morską. Dwa z systemów SWOT i SMG wykorzystywane są do chwili obecnej.

Efektorem popularytarskim jest ponad 250 publikacji autora oraz bliskich współpracowników uczestniczących w badaniach w obszarze techniki głębinowej w periodykach technicznych, materiałach konferencyjnych i wydaniach książkowych.

BIBLIOGRAFIA

1. Graczyk T.: Optimisation of power distribution in the motor system of an unmanned underwater vehicle, doctoral thesis, supervisor Anoni Wiliński, Ph.D., Naval Academy, Gdynia, 1992, p. 267.
2. Graczyk T.: Design issues on the example of an unmanned underwater vehicle. Dissertations, no. 421, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2008, ISSN 0551-6528, ISBN 978-83-7143-375-7, Edition I, p.175.
3. Jaszczak S.: Application of artificial intelligence methods in the design of a digital underwater vehicle course controller, doctoral thesis, supervisor prof. Andrzej Piegat, Ph.D. Eng., Szczecin University of Technology, Szczecin 2001.
4. Matejski M.: Method for developing and verifying a motor model of an unmanned underwater vehicle in the vertical plane under limited experimental conditions, doctoral thesis, supervisor, prof. Andrzej Piegat, Ph.D. Eng., Szczecin University of Technology, 2006.



5. Matejski M.: Modelling the movement of unmanned underwater vehicles under experimental conditions, Wydawnictwo Polskiego Towarzystwa Medycyny i Techniki Hiperbarycznej, Gdynia 2011, ISBN 978-83-924989-7-1, Edition I, p. 92.
6. Matejski M., Graczyk T.: Selected conditions for the management of underwater systems utilising unmanned vehicles, Polish Hyperbaric Research, No. 1 (50) 2015. Publ.: Polskie Towarzystwo Medycyny i Techniki Hiperbarycznej, Gdynia 2015, ISSN: 1734-7009 e-ISSN: 2084-0535, pp. 47-54.
7. Pluciński M. P.: An adaptive course control system for an unmanned underwater vehicle using a fuzzy knowledge base of objections, doctoral thesis, supervisor prof. Andrzej Piegat, Ph.D. Eng., Szczecin University of Technology, Szczecin 1996.

dr hab. inż. Tadeusz Graczyk, prof. nadzw.

Akademia Morska w Szczecinie

Wydział Nawigacyjny

Katedra Oceanotechniki i Budowy Okrętów

ORCID 0000-0001-7136-0773

t.graczyk@am.szczecin.pl