

ANALIZA UKŁADÓW NAPĘDOWYCH BEZZAŁOGOWYCH POJAZDÓW GŁĘBINOWYCH W KIERUNKU ZIDENTYFIKOWANIA SPOSOBU PRZENIESIENIA NAPĘDU

Bartłomiej Jakus, Adam Olejnik

Akademia Marynarki Wojennej, Zakład Technologii Prac Podwodnych w Gdyni

STRESZCZENIE

Jest to pierwsza część materiału dotyczącego analizy układów napędowych zdalnie sterowanych bezzałogowych pojazdów głębinowych. W niniejszym materiale omówiono problematykę klasyfikacji bezzałogowych pojazdów głębinowych, głównie zdalnie sterowanych, ze wskazaniem na cztery różne podejścia do tego zagadnienia. Ponadto omówiono kwestię stosowanego nazewnictwa w zakresie poszczególnych części składowych omawianych układów napędowych oraz pędnika pojazdu i wskazano funkcję celu dla takiego układu napędowego, a także wady i zalety analizowanych rozwiązań konstrukcyjnych. Sposób przeprowadzenia analizy układów napędowych, jej metodyka i wyniki będą przedmiotem kolejnej publikacji autorów.

Słowa kluczowe: inżynieria morska, pojazdy podwodne, technologia prac podwodnych.

ARTICLE INFO

PolHypRes 2017 Vol. 60 Issue 3 pp. 7 - 16

ISSN: 1734-7009 eISSN: 2084-0535

DOI: 10.1515/phr-2017-00010

Strony: 10, rysunki: 2, tabele: 0

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

Typ artykułu: oryginalny

Termin nadesłania: 13.08.2017r.

Termin zatwierdzenia do druku: 29.09.2017r.

Publisher

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society

Projekt w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Pomorskiego na lata 2014-2020 BADANIA PRZEMYSŁOWE I PRACE ROZWOJOWE W KIERUNKU OPRACOWANIA I ZBUDOWANIA INNOWACYJNEGO HYPRYDOWEGO URZĄDZENIA ZANURZALNEGO POPRAWIAJĄCEGO BEZPIECZEŃSTWO I EFEKTYWNOŚĆ PRAC NURKOWYCH Projekt RPPM01.01.01-22-0055/16-00. Kryptonim "ŚWIETLIK" Beneficjent: PBP "Forkos" Sp. z o.o.



WSTĘP

W eksploracji akwenów wodnych od lat wykorzystuje się bezzałogowe pojazdy podwodne. Zakres ich wykorzystania do realizacji tego typu przedsięwzięć jest szeroko opisany w literaturze [1,2,3,4,6,9,14,15,17]. Generalnie celem ich zastosowania jest ograniczenie bezpośredniego udziału człowieka podczas wykonywania zadań w niesprzyjającym środowisku oraz zwiększenie efektywności realizacji prac podwodnych i badań środowiskowych pod wodą [5,12]. Różnorodność sposobów wykorzystania bezzałogowych pojazdów podwodnych zaowocowała szeroką gamą ich konstrukcji różniących się między sobą wielkością, kształtem, konfiguracją układów napędowych, budową pędników, sposobem zasilania lub sterowania, a przede wszystkim zakresem wyposażenia pokładowego w różnego rodzaju mechanizmy pomocnicze i peryferyjne. Podstawowe informacje o budowie i konstrukcji tych urządzeń zostały także szeroko opisane w literaturze [4,5,11,12,14].

Jednym z trendów w zmianach konstrukcyjnych pojazdów obserwowanym od kilkunastu lat jest ewolucja rozwiązań związanych z przeniesieniem napędu z silnika na śrubę napędową w pędnikach pojazdów. Tradycyjne rozwiązanie przewiduje przeniesienie momentu obrotowego silnika elektrycznego na śrubę napędową bezpośrednio zamocowaną na wale silnika, w nowszych konstrukcjach do tego celu wykorzystywane są sprzęgła magnetyczne [19]. Celem zastosowania tego rozwiązania jest przede wszystkim wzrost ochrony silnika elektrycznego przed skutkami jego zalania. Wykorzystanie sprzęgła magnetycznego powoduje całkowitą separację wrażliwej na obecność wody części pędnika, powiększając w ten sposób bierną obronę konstrukcji przed skutkami zalania wodą podczas wykonywania misji głębinowej.

Celem przedstawionej w niniejszym materiale analizy jest dokonanie identyfikacji konstrukcji zdalnie sterowanych pojazdów głębinowych ze względu na sposób przeniesienia napędu z silników na śruby napędowe w pędnikach pojazdów. Ogólnie rzecz ujmując jest to więc zagadnienie związane z ich klasyfikacją. A zatem w pierwszej kolejności należy przede wszystkim zastanowić się nad ogólnym problemem klasyfikacji tego typu urządzeń.

PROBLEMATYKA KLASYFIKACJI BEZZAŁOGOWYCH POJAZDÓW GŁĘBINOWYCH

Porównanie poszczególnych konstrukcji bezzałogowych pojazdów głębinowych w drodze systematycznego przyporządkowania ich do określonych grup jest ciągle problematyczne, nawet wśród specjalistów z tej dziedziny. Co wynika z szerokiego wachlarza stosowanych rozwiązań i niejednorodnego podejścia do kryteriów przyporządkowania. Generalnie klasyfikowanie konstrukcji zakłada przyporządkowanie danego rozwiązania do określonej grupy urządzeń o podobnych cechach rozwiązań technicznych lub zbliżonej funkcjonalności. Można też dokonać podziału ze względu na sposób sterowania, czyli poziomu autonomiczności. W tym przypadku wyróżnia się sześć poziomów klasyfikacji od urządzeń całkowicie obsługiwanych przez człowieka podczas realizacji misji głębinowej (poziom 1) do urządzeń w pełni

autonomicznych rozumianych jako pojazdy zdolne do samodzielnego wykonywania zaprogramowanych działań bez ingerencji operatora (człowieka) w zakresie różnych warunków środowiska podczas realizacji całego zadania (poziom 6 autonomiczności) [16].

Należy przy tym nadmienić, że urządzenia na szóstym poziomie autonomiczności tak naprawdę nie udało się jeszcze nikomu zbudować. Pojazdy stosowane obecnie określane zazwyczaj jako autonomiczne, to *de facto* konstrukcje semiautonomiczne, czyli takie, które nie są w stanie całkowicie wykonać misji głębinowej bez pomocy i ingerencji człowieka – samodzielnie realizujące tylko fragment zadania. Nie zmienia to jednak faktu, że utarł się zwyczaj żeby bezzałogowe pojazdy podwodne (UUV – z j. ang. unmanned underwater vehicle) ogólnie dzielić na pojazdy zdalnie sterowane (ROV – z j. ang. remotely operated vehicle) i pojazdy autonomiczne (AUV – z j. ang. autonomous underwater vehicle).

W niektórych podejściach spotyka się także ogólny podział UUV na pojazdy uwięziowe i bezuwięziowe. Generalnie jako wyróżnik klasyfikacyjny jest tu używana kablolina sterująca pojazdu – jeśli występuje to pojazd zaliczany jest do grupy uwięziowych (pracujących na uwięzi), jeśli nie ma zastosowania – bezuwięziowych. Zagadnienia związane z klasyfikacją pojazdów typu AUV były przedmiotem innych publikacji [13,14]. W przypadku urządzeń, które samodzielnie docierają do miejsca realizacji zadania i tam podczas wykonywania zasadniczej części misji przechodzą w tryb zdalnego sterowania, przyjęto określać je mianem pojazdów hybrydowych lub semiautonomicznych [18].

Odnośnie pojazdów typu ROV zwyczajowo przyjęły się co najmniej cztery podejścia do ich taksonomii. Pierwsze zakłada, że nie należy klasyfikować tych urządzeń [11]. W tym toku myślenia zakłada się, że każda klasyfikacja jest związana z przyporządkowaniem danej konstrukcji do określonej grupy urządzeń o podobnych cechach. A ponieważ w każdej chwili może pojawić się nowe urządzenie łączące wyróżniki grup klasyfikacyjnych lub posiadające innowacyjną funkcjonalność – istniejący system klasyfikacji nie będzie go obejmował. W związku z powyższym jest to podstawowa wada systemu klasyfikacji i dlatego zdaniem tej szkoły klasyfikacji ROV nie należy dokonywać w ogóle.

Podejście drugie zakłada, że taka sytuacja jest najmocniejszą stroną systemu klasyfikacji [4,5]. W chwili kiedy pojawi się nowe rozwiązanie, które nie pasuje do przyjętego sposobu klasyfikacji – tworzy się nową klasę urządzeń powiększając w ten sposób taksonomię ROV, która oparta jest o specyfikację realizowanych zadań i funkcjonalność konstrukcji poszczególnych urządzeń.

Podejście trzecie sugeruje, że najwłaściwsza jest taksonomia pojazdów ROV wywodząca się z ich okresów rozwojowych. W rezultacie w tej szkole klasyfikacja opiera się na jednym kryterium: masa pojazdu [7,8]. Rozróżniając pojazdy o masie do 10 kg (microROV), o masie pomiędzy 10 kg a 50 kg (miniROV), o masie pomiędzy 50 kg a 150 kg (compactROV) i o masie powyżej 150 kg (workROV). Należy nadmienić, że takie podejście do taksonomii pojazdów typu ROV w Polsce znalazło odzwierciedlenie w dokumencie normatywnym. W normie NO-07-A118:2015 *Nurkowania w celach militarnych. Terminologia i klasyfikacja* wyszczególniono następujące klasy pojazdów ROV [10]:

- pojazd ROV bardzo mały (masa do 10 kg),
- pojazd ROV mały (masa pomiędzy 10kg a 50kg),
- pojazd ROV średni (masa pomiędzy 50 kg a 150 kg),

- pojazd ROV duży (masa powyżej 150 kg).

Zdaniem niektórych badaczy ten sposób klasyfikacji pojazdów ROV jest niejednoznaczny, bo nie ma ścisłych granic [14], co może nieco dziwić bo przecież jednoznacznie jest zdefiniowana masa przyporządkowująca konstrukcję do danej klasy.

Podejście czwarte do klasyfikacji tego typu urządzeń można zdecydowanie nazwać stanowiskiem otwartym. Polega na dość znacznej dowolności w klasyfikowaniu tych urządzeń wynikającej z celów i potencjalnych interesów klasyfikującego. W takim podejściu do taksonomii pojazdów ROV przodują różnego rodzaju organizacje lub producenci pojazdów. W przypadku producentów klasyfikacja najczęściej polega na odpowiednim segregowaniu oferowanych przez nich produktów. Na stronach internetowych można znaleźć klasyfikację pojazdów o niejednoznacznym sposobie uporządkowania, gdzie jako kryterium występuje jednocześnie zarówno masa pojazdu jak i moc jego pędników.

Taka klasyfikacja obejmuje na przykład [20a]:

- pojazdy mikro – o masie do 3 kg,
- pojazdy mini – o masie około 15 kg,
- pojazdy ogólne – o mocy pędników mniejszej niż 4 [kW],
- pojazdy w lekkiej klasie roboczej – o mocy pędników mniejszej niż 40 [kW],
- pojazdy ciężkiej klasy roboczej – o mocy powyżej 40 [kW] ale nie większej niż 160 [kW],
- pojazdy bagrujące – o mocy powyżej 160 [kW].

Podobnie niejednoznaczna jest klasyfikacja pojazdów przyjęta przez International Marine Contractors Association (IMCA), gdzie podział przebiega w zależności od funkcjonalności urządzenia, ale także jest uzależniony od stadium jego rozwoju konstrukcyjnego.

Ta taksonomia ROV wyszczególnia pięć klas pojazdów [21]:

- klasa I – pojazdy obserwacyjne,
- klasa II – pojazdy obserwacyjne z opcją ładowania,
- klasa III – pojazdy robocze,
- klasa IV – pojazdy holowane i denne,
- klasa V – pojazdy prototypowe.

Jak widać z przytoczonych przykładów problematyka klasyfikacji konstrukcji pojazdów ROV nie jest dziś jednoznacznie rozstrzygnięta. Najprawdopodobniej wynika to ze znacznej dynamiki rozwoju tych urządzeń oraz z faktu, że jest to dzisiaj zagadnienie mocno interdyscyplinarne. Wielu specjalistów z zakresu automatyki, informatyki, robotyki, ogólnie pojętej mechatroniki oraz tych, którzy zajmują się budową i eksploatacją maszyn, rozpoczynając swoją przygodę z technologią bezzałogowych pojazdów głębinowych, stara się uporządkować zagadnienie na swój sposób. Natomiast, co szczególnie uwidacznia się w Polsce, specjalistów od ich bezpośredniego wykorzystania i konstrukcji oraz budowy nie ma wielu. Wobec mniejszej liczebności środowiska nie mają szans na ugruntowanie jednoznacznych kryteriów taksonomii. Jednym słowem wobec ogromnego szumu ich głos jest niezauważalny lub marginalny.

Ogromne znaczenie odgrywają tu także szeroko pojęte media, gdzie zawrotną karierę zdobyło pojęcie „dron”, używane głównie jako synonim nowoczesności w technice głębinowej, a stojące przeciwstawnie do wszystkich przyjętych tradycji w nazewnictwie tego typu urządzeń.

W dalszej części niniejszego materiału do klasyfikacji pojazdów typu ROV zastosowano podejście przedstawione w dokumencie normatywnym [10]. Przy czym należy zaznaczyć, że wprowadzany tu dodatkowy podział konstrukcji na urządzenia z pędnikami z napędem bezpośrednim na śrubę i z zastosowaniem sprzęgła magnetycznego został wykorzystany tylko i wyłącznie na potrzeby analizy układów napędowych.

UKŁAD PRZENIESIENIA NAPĘDU W PĘDNIKACH POJAZDU GŁĘBINOWEGO TYPU ROV

W niniejszym materiale przyjęto następujące interpretacje określeń związanych z napędem pojazdów głębinowych typu ROV:

- UKŁAD NAPĘDOWY POJAZDU (j. ang. drive system) to zespół pędników odpowiednio skonfigurowanych (ustawionych, zamocowanych) w pojeździe wraz z urządzeniami zasilającymi i sterującymi.
- PĘDNIK (j. ang. thruster) to urządzenie wytwarzające napór w miejscu usytuowania pędnika.

Ze względu na ułożenie pędnika w pojeździe możemy wyróżnić:

- poziomy (j. ang. horizontal),
- pionowy (j. ang. vertical),
- skośny (j. ang. vectored).

W konstrukcji pędnika możemy wyróżnić następujące elementy składowe:

- silnik napędowy (elektryczny, hydrauliczny),
- układ przeniesienia napędu (wały napędowe, sprzęgło mechaniczne lub sprzęgło magnetyczne),
- urządzenie wytwarzające napór (śruba napędowa, śruba w dyszy, wirnik w napędzie strumieniowym, kierownice strumienia).

Natomiast ze względu na budowę pędnik może być:

- osiowy (silnik, układ przeniesienia napędu oraz urządzenie wytwarzające napór są ze sobą połączone i ułożone w jednej osi),
- kanałowo – strumieniowy lub strumieniowy z napędem bezszczotkowym (j. ang. duct – rim thruster, lub brushless thruster), gdzie wirnik napędowy i kanał, w którym się obraca, stanowią parę napędu elektro - magnetycznego. Wirnik posiada magnesy stałe a w kanale znajduje się stojan zasilany elektrycznie.

Na Rys. 1 przedstawiono przykładowe pędniki pojazdów głębinowych.



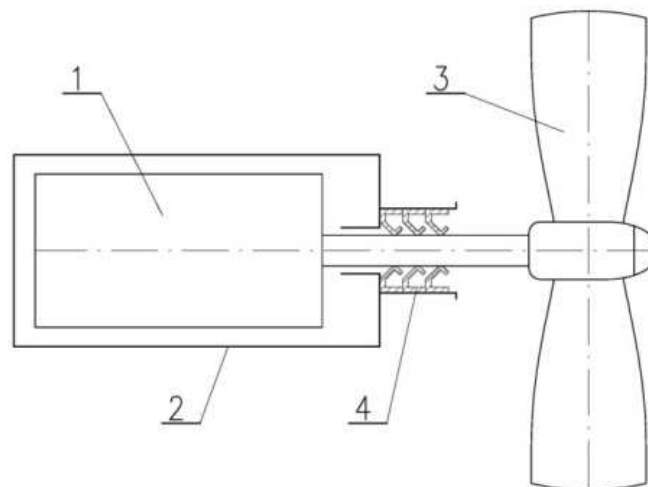
Rys. 1 Przykłady pędników pojazdów głębinowych typu ROV.
a) pędnik osiowy b) pędnik kanałowo – strumieniowy [20b; 20c].

Zadaniem układu napędowego pojazdu głębinowego jest zapewnienie pojazdowi odpowiednich prędkości poruszania się w różnych kierunkach, możliwości utrzymywania zadanego kierunku pływania, możliwości utrzymywania zadanej głębokości lub zadanej odległości od dna względnie obiektu podwodnego. Z analizy układów napędowych pojazdów podwodnych przedstawionej w [12] wynika duża różnorodność konfiguracji pędników składających się na układ napędowy w zależności od wielkości, typu, przeznaczenia oraz głębokości roboczej pojazdu.

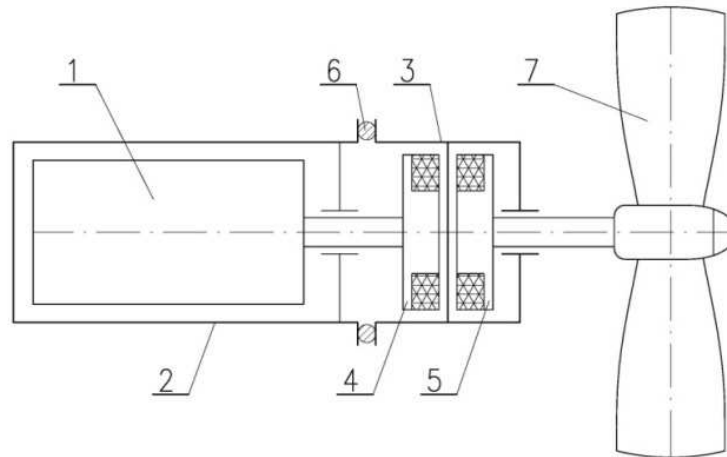
W opracowaniu tym przedstawiono także budowę przykładowego pędnika z silnikiem elektrycznym lecz nie analizowano sposobu przeniesienia napędu z silnika elektrycznego do śruby napędowej. Istnieją dwa rozwiązania techniczne przeniesienia momentu obrotowego silnika elektrycznego umieszczonego w szczelnej obudowie ciśnieniowej do śruby napędowej umieszczonej w toni wodnej:

- tradycyjne, ze śrubą napędową bezpośrednio osadzoną na wale silnika i z odpowiednim uszczelnieniem obrotowym wału na wyjściu z obudowy silnika (Rys. 1),
- za pomocą sprzęgła magnetycznego z przegrodą separacyjną, które łączy wał silnika z wałem śrubowym bez konieczności wykonania uszczelnienia obrotowego dla wału w obudowie silnika (Rys. 2).

Na rysunkach poniżej przedstawiono schematy omawianych rozwiązań konstrukcyjnych.



Rys. 1 Budowa pędnika osiowego z bezpośrednim napędem śruby.
1 – silnik elektryczny, 2 – obudowa wodoszczelna silnika elektrycznego, 3 – śruba napędowa, 4 – uszczelnienie obrotowe wału napędowego.



Rys. 2 Budowa pędnika osiowego z napędem śruby poprzez sprzęgło magnetyczne.

1 – silnik elektryczny, 2 – obudowa wodoszczelna silnika elektrycznego, 3 – obudowa sprzęgła magnetycznego, 4 – tarcza z magnesami – czynna, 5 – tarcza z magnesami – bierna, 6 – uszczelnienie spoczynkowe, 7 – śruba napędowa.

Obydwa prezentowane na rysunkach powyżej rozwiązania konstrukcyjne posiadają swoje zalety i wady. Charakterystyka danego rozwiązania technicznego w tym zakresie uwarunkowana jest głębokością roboczą pojazdu, mocą i obrotami pędnika, wielkością śruby napędowej i wielkością samego pojazdu. Wstępne porównania obu rozwiązań technicznych pozwala na wyszczególnienie ich podstawowych zalet i wad.

W przypadku pędnika z bezpośrednim napędem śruby do jego zalet zaliczyć można:

- przenoszenie całego momentu obrotowego silnika na śrubę napędową,
- prosta konstrukcja i mniejsza długość całego pędnika.

Natomiast wśród jego wad należy wymienić:

- skomplikowana konstrukcja uszczelnienia wału silnika lub stosowanie układu kompensacji ciśnienia w obudowie silnika,
- zagrożenie zalania obudowy silnika w wyniku uszkodzenia uszczelnienia wału podczas eksploatacji.

Dla pędnika z napędem śruby poprzez sprzęgło magnetyczne można wymienić następującą zaletę:

- spoczynkowe uszczelnienie obudowy silnika i małe zagrożenie zalania obudowy silnika podczas eksploatacji.

Wśród wad takiego rozwiązania konstrukcyjnego można wyróżnić:

- możliwość występowania poślizgu podczas przenoszenia momentu obrotowego silnika na śrubę napędową za pomocą sprzęgła magnetycznego,
- złożona konstrukcja i większa długość całego pędnika.

W dostępnej literaturze nie ma analizy porównawczej dotyczącej sprawności obu rozwiązań technicznych przeniesienia napędu. Z powyższych powodów w Zakładzie Technologii Prac Podwodnych Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni podjęto działania w kierunku oceny poszczególnych analizowanych konstrukcji. Sposób przeprowadzenia analizy, jej metodyka i wyniki będą przedmiotem kolejnej publikacji autorów.

BIBLIOGRAFIA

1. Burke St., Olejnik A.: Freedom of the Seas; Wyd. STBB, W. Brytania 2010, ISBN 978-0-9564790-0-6,
2. Christ R.D.; Wernli R.L.: The ROV manual; Wyd. Elsevier 2007r., ISBN 978-0-7506-8148-3,
3. Grabiec D., Olejnik A.: Poszukiwania i identyfikacja obiektów podwodnych; rozdz. w: Praca zbiorowa pod red. St. Poleszak: Wraki Bałtyku, Wyd. KNOW Gdynia 2005 r., ISBN 83-920563-1-0, str. 81-105,
4. Graczyk T.: Bezzałogowe zdalnie sterowane pojazdy głębinowe – konstrukcje i zastosowania; Instytut Okrętowy Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 1991 r.,
5. Graczyk T.: Zagadnienia projektowania na przykładzie bezzałogowych pojazdów głębinowych; Politechnika Poznańska, Poznań 2008 r., Rozprawy Nr 421, ISSN 0551-6528,
6. Olejnik A., Grządziel A., Szymaniuk R.: Badania identyfikacyjne oraz inspekcja wraku Graf Zeppelin; Polish Hyperbaric Research nr 4(21) 2007 r., str. 17-30, ISSN 1734-7009,
7. Olejnik A.: Rozwój techniki zdalnie sterowanych pojazdów głębinowych; Polish Hyperbaric Research Nr 3 (28)2009 r., str. 7-21, ISSN 1734-7009,
8. Olejnik A.: Stan obecny technologii zdalnie sterowanych pojazdów głębinowych; Polish Hyperbaric Research Nr 3 (28)2009 r., str. 23-46, ISSN 1734-7009,
9. Olejnik A.: Visual identification of underwater objects using a ROV type vehicle: Graff Zeppelin wreck investigation; Polish Maritime Research nr 1(55)2007 r., Vol. 1, str. 72-79, ISSN 1233-2585,
10. Praca zbiorowa: NO-07-A118:2015 Nurkowania w celach militarnych. Terminologia i klasyfikacja,
11. Rowiński L.: Metodyka projektowania urządzeń zanurzalnych na etapie koncepcji przy zastosowaniu technik komputerowych, Zeszyty Naukowe Politechniki Gdańskiej – Budownictwo Okrętowe Nr 59, Gdańsk 1993 r., ISSN 0373-869X,
12. Talaśka Zb., Olejnik A.: Analiza układów napędowych zdalnie sterowanych pojazdów głębinowych; Logistyka 2014, nr 4, str. 1326-1336, ISSN 1231-5478,
13. Talaśka Zb., Olejnik A.: Autonomiczne pojazdy podwodne; Logistyka 2014 nr. 4 str. 1337 – 1351; ISSN 1231-5478,

14. Tariov A., Kruszek S.: Bezzałogowe pojazdy podwodne stan obecny, potencjał biznesowy, perspektywy rozwoju; Elektronika: Konstrukcje, technologie, zastosowania; Vol. 52, nr 10; 2011 r., str. 148-156; ISSN 0033-2089,
15. Wiliński A., Wróbel R.: Miniaturowe zdalnie sterowane pojazdy głębinowe; Instytut Okrętowy Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 1990 r.,
16. Praca zbiorowa: Koncepcja wykorzystania bezzałogowych systemów autonomicznych w siłach zbrojnych; Centrum Doktryn i Analiz Sił Zbrojnych Bydgoszcz 2016 r.,
17. Olejnik A., Siermontowski P.: Will the underwater robot ever replace the diver? A rather poor or a great success?; Polish Hyperbaric Research Nr 1, Vol. 54 2016 r., str. 7-18, ISSN 1734-7009, DOI: 10.1515/phr-2016-0001;
18. Olejnik A.: Trends in the development of unmanned marine technology; Polish Hyperbaric Research Nr 2, Vol. 55 2016 r., str. 7-28, ISSN 1734-7009,
19. Olejnik A., Chrabąszcz P.: Badania układu napędowego prototypu zdalnie sterowanego pojazdu podwodnego; Polish Hyperbaric Research Nr 3(36) 2011 str. 7 – 34; ISSN 1734-7009,
20. Źródła internetowe:
 - a) https://en.wikipedia.org/wiki/Remotely_operated_underwater_vehicle#Classification – dostęp 07.2017 r.
 - b) <http://www.crustcrawler.com/products/urow2/> - dostęp 07.2017
 - c) http://en.wikipedia.org/wiki/Underwater_thruster - dostęp 07.2017
21. Praca zbiorowa: Guidance on competence assurance and assessment remote systems & ROV division; IMCA C 005, Rev. 3; W. Brytania 2016 rok,
22. Praca zbiorowa: Remotely Operated Vehicles of the World 2010/2011 9-ta edycja; Wyd. Clarkson Research Services Ltd. Londyn ISBN 978-1-907060-14-4.

mgr inż. Bartłomiej Jakus
Zakład Technologii Prac Podwodnych
Akademia Marynarki Wojennej
81-127 Gdynia, ul. Śmidowicza 69
tel. 261 26 27 46, e-mail: b.jakus@amw.gdynia.pl