

Adam Olejnik, Bartłomiej Jakus

kmdr dr inż. Adam Olejnik
Zakład Technologii Prac Podwodnych
Akademia Marynarki Wojennej
ul. Śmidowicza 69, 81-103 Gdynia
+48 58 6262746
a.olejnik@amw.gdynia.pl

mgr inż. Bartłomiej Jakus
Katedra Eksploatacji Jednostki Pływającej
Akademia Marynarki Wojennej
ul. Śmidowicza 69, 81-103 Gdynia
+48 58 6262551
b.jakus@amw.gdynia.pl lub bartekjakus@wp.pl

**SYSTEM WODOWANIA BEZZAŁOGOWEGO POJAZDU
PODWODNEGO TYPU ROV Z POKŁADU BEZZAŁOGOWEJ
ŁODZI POWIERZCHNIOWEJ**

W artykule przedstawiono konstrukcję systemu wodowania pojazdu podwodnego typu ROV z pokładu bezzałogowej łodzi powierzchniowej. Konstrukcję opracowano w Zakładzie Technologii Prac Podwodnych AMW w ramach projektu rozwojowego Nr O R00 0106 12 realizowanego z funduszy na naukę w latach 2010 – 2012. Obecnie opisana konstrukcja jest przygotowywana do prób funkcjonalnych w warunkach rzeczywistych.

Słowa kluczowe: pojazdy bezzałogowe, technologia prac podwodnych.

**THE LAUNCH SYSTEM FOR AN UNMANNED UNDERWATER
VEHICLE TYPE ROV FROM THE DECK OF AN UNMANNED
SURFACE VEHICLE**

The article presents the construction of a launch system of an unmanned underwater Remotely Operated Vehicle (ROV) from the deck of an unmanned surface vehicle. The construction of the apparatus has been prepared at the Department of Underwater Works Technology of the Polish Naval Academy in Gdynia within the development project No. O R00 0106 12 – an achievement that was realized with the use of educational funds in the years 2010 – 2012. The described construction is currently being prepared to undergo functional tests in real conditions.

Key words: unmanned vehicles, underwater works technology.

WSTĘP

Projekt rozwojowy Nr O R00 0106 12 realizowany w ramach konsorcjum składającego się z Polsko-Japońskiej Wyższej Szkoły Technik Komputerowych, Akademii Marynarki Wojennej oraz przedsiębiorstwa Sprint S.A. zakłada opracowanie i zbudowanie demonstratora technologii w postaci bezzałogowej autonomicznej łodzi powierzchniowej wykonującej zadania związane z perymetryczną ochroną infrastruktury krytycznej, w ramach których ma mieć również zastosowanie bezzałogowy pojazd głębinowy (ROV) działający z pokładu tej jednostki. W ten sposób po raz pierwszy w kraju ma zostać zbudowany bezzałogowy pojazd hybrydowy (platforma) wykonujący jednocześnie zadania nawodne i podwodne. Idea działania pojazdu typu ROV – bezzałogowy zdalnie sterowany pojazd podwodny (remotely operated vehicle) – nakłada obostrzenia działania takiej platformy. Z chwilą podjęcia decyzji o potrzebie wykonania misji przez pojazd głębinowy, autonomiczna część misji musi zostać przerwana, a system przechodzi w tryb sterowania zdalnego. Operator pojazdu powierzchniowego będzie musiał utrzymywać go na określonej pozycji w otoczeniu miejsca podejmowania działań przez pojazd ROV. Natomiast operator pojazdu głębinowego będzie od tego momentu nadzorował pracę tego urządzenia. W pierwszej kolejności nadzór ten będzie polegał na zwodowaniu pojazdu ROV z pokładu jednostki powierzchniowej. Aby to stało się możliwe na jej pokładzie musi znajdować się zdalnie sterowany system opustowo – podnośny dla pojazdu ROV. Podczas realizacji projektu opracowano kilka koncepcji takiego systemu. Różnice pomiędzy nimi wynikały przede wszystkim z przyjętych założeń i wymagań taktyczno-technicznych oraz z parametrów technicznych deklarowanego do wykorzystania pojazdu podwodnego. Pierwsza wstępna koncepcja systemu została opracowana dość wcześnie już na etapie realizacji innego projektu badawczego w ramach którego zbudowano zdalnie sterowany pojazd powierzchniowy¹ (Rys. 1). Zakładano wówczas, że jednostką głębinową zastosowaną w przyszłości będzie pojazd klasy microROV o nazwie AC-ROV.



Rys. 1. Wstępna koncepcja systemu wodowania opracowana dla pojazdu AC-ROV [3].

¹ Projekt badawczy realizowany w latach 2009-2010 realizowany w ramach konsorcjum: Akademia Marynarki Wojennej, Politechnika Gdańska i przedsiębiorstwo SPORTIS S.A.: „Bezzałogowa wielowariantowa platforma pływająca dla zabezpieczenia działań morskich służb państwowych”.

INTRODUCTION

The development project No. O R00 0106 12 realized by the consortium composed of the Polish-Japanese Institute of Information Technology, Polish Naval Academy and the enterprise Sprint S.A. has been set up with the aim of preparing and constructing a technology demonstrator in the form of an unmanned autonomous surface vessel to perform tasks connected to the perimetric protection of critical infrastructure, i.e. tasks also applying to an unmanned submersible (ROV) operating from the deck of this vessel. Thus, for the first time, the Polish Navy will construct an unmanned hybrid vehicle (platform) performing both surface and underwater tasks. The idea behind the operation of a ROV – a remotely operated vehicle – imposes certain restriction on the operation of such a platform, as, from the moment the decision is taken to perform a mission by a submersible, the autonomous part of the mission needs to be interrupted and the system switched to remote operation. The operator of the surface vehicle will have to maintain it in a predetermined position near to the place where the ROV undertakes its operations. The operator of the submersible, on the other hand, will from this moment supervise the work of this device. At first, the supervision will consist in launching the ROV from the deck of the surface vehicle. For this to be possible, the surface vehicle must be equipped with a remotely operated lift and drop system for the ROV. In the course of project realization several concepts of such a system emerged. The differences between them resulted mainly from wrongly adopted assumptions and tactical-technical requirements as well as technical parameters of the ROV selected for use. The first initial system concept was prepared quite early, already during the realization of another research project that resulted in the construction of a remotely operated surface vehicle¹ (Fig. 1). At that point it was assumed that the submersible used in future operations would be a microROV class vehicle called AC-ROV.

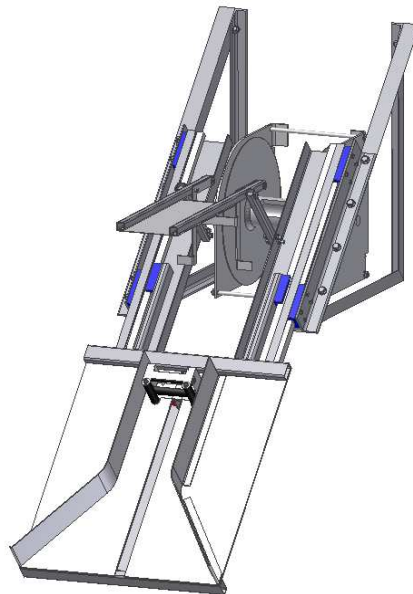
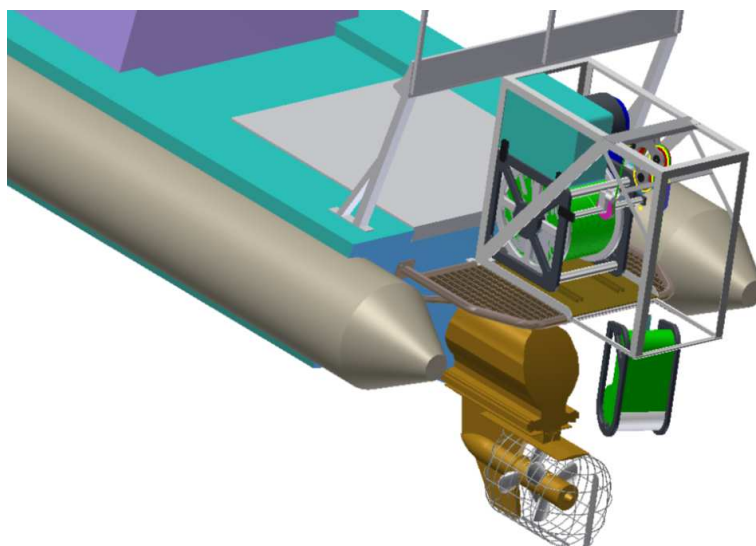


Fig. 1. Initial launch system concept prepared for a vehicle type AC-ROV [3].

¹ Research project realized in the years 2009-2010 within the consortium of the Polish Naval Academy, Technical University of Gdańsk and enterprise SPORTIS S.A.: “Multi-variant unmanned floating platform for backing up the maritime activities of state services” .

W toku realizacji projektu Nr O R00 0106 12 do zastosowania jako podwodną jednostkę inspekcyjną przewidziano pojazd głębinowy typu miniROV o nazwie LBV 200. Plan wykorzystania większego pojazdu spowodował konieczność zmiany koncepcji systemu jego wodowania. W ten sposób został opracowany drugi projekt wstępny (Rys. 2).



Rys. 2. Koncepcja systemu wodowania opracowana dla pojazdu ROV LBV 200 [2].

Dodatkowe wymagania stawiane podwodnej jednostce inspekcyjnej oraz zadania dla całej bezzałogowej platformy wymusiły jednak wprowadzenie poprawek odnośnie wyposażenia pokładowego pojazdu ROV. W ten sposób finalnie zakupiony w ramach projektu pojazd LBV został wyposażony w sondę do pomiaru parametrów fizykochemicznych wody i sonar BlueView. Ponadto, pojawiła się również konieczność wodowania wraz z pojazdem ROV głowicy systemu nawigacji podwodnej.

1. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

Na podstawie przyjętej taktyki wykorzystania pojazdu, pomierzonych rzeczywistych gabarytów i jego masy oraz określonych możliwych miejsc rozmieszczenia i mocowania elementów systemu wodowania na łodzi USV dokonano wyboru sposobu wodowania pojazdu, umiejscowienia systemu wodowania oraz umiejscowienia głowicy do nawigacji podwodnej. Przyjęto, że pojazd ROV będzie przewożony na pokładzie, a następnie opuszczany i podnoszony z wody w zasobniku, który w dalszej części projektu nazywany był garażem podwodnym. Pojazd po wplynięciu (wciągnięciu) do garażu nie powinien mieć możliwości poruszania się, a sam garaż powinien być konstrukcją zabezpieczającą pojazd przed uszkodzeniami mechanicznymi podczas transportu do rejonu działania oraz w czasie opuszczania i podnoszenia, szczególnie w strefie oddziaływania fali powierzchniowej. Garaż będzie opuszczany i podnoszony z wody za pomocą układu sztywnych ramion ramy wychylnej, co zlikwiduje wpływ kołysań łodzi na obciążenie liny nośnej oraz kołysanie się pojazdu w przypadku opuszczania i podnoszenia go za pomocą kabloliny.

In the course of realization of the project No. O R00 0106 12 it was presumed that the underwater inspection vehicle would be a miniROV manufactured by SeaBotix, the LBV 200. Before long, modified plans concerning the use of a larger vehicle imposed the need to change the concept of its launching system. Hence, another initial design was proposed (Fig. 2).

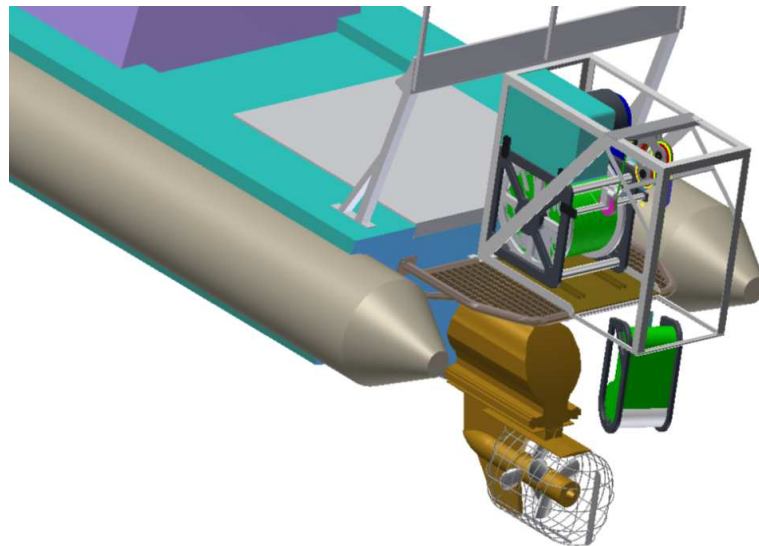


Fig. 2. Launch system concept for ROV LBV 200 [2].

However, additional requirements imposed on the underwater inspection vehicle, as well as tasks for the entire unmanned platform, involved the introduction of certain adjustments to the deck equipment of the ROV. Thus, the final model of ROV purchased within the project was equipped with a sounder for measuring physical-chemical parameters of water and a BlueView sonar.

Moreover, the need for launching the ROV together with the separate head of an underwater navigation system became apparent. This altered its technical specification, namely its total weight and overall dimensions. The changes were so significant that the adopted launch system concept had to be reconsidered yet again. This paper presents the final version of the ROV drop and lift system from the deck of an USV (unmanned surface vehicle) obtained within the project No. O R00 0106 12.

1. PROJECT ASSUMPTIONS

The choice on the location of the launch system as well as placement of the head of the underwater navigation system was based on the adopted tactics for the vehicle's use, the measured overall dimensions, its weight and the determined possible placement and mounting of the launch system elements in an USV. It was assumed that the ROV would be transported on the deck and then dropped and lifted from the water in a capsule – referred to later in this text as an underwater garage. After being drawn into the garage the vehicle should not be maintained in a still position, but be allowed a small degree of movement, the garage itself should ensure the vehicle's protection against any mechanical damage, in all weather conditions, during transportation to the region of operation, as well as during the launch and recovery of the vehicle.

To zmieniło jego charakterystykę techniczną, a dokładnie masę pojazdu w powietrzu i jego gabaryty zewnętrzne. Były to zmiany na tyle istotne, że przyjęta koncepcja systemu wodowania musiała ulec ponownemu przeprojektowaniu.

W niniejszym materiale przedstawiono ostateczną wersję zbudowanego w ramach projektu O R00 0106 12 systemu opustowo-podnośnego pojazdu ROV z pokładu jednostki USV (unmanned surface vehicle).

Układ napędu bębna i wydawania kabloliny będzie znajdował się na pokładzie i będzie bezpośrednio podawał kablolinę poprzez garaż do pojazdu. Po wodowaniu i wypłynięciu pojazdu z garażu, garaż będzie podnoszony na pokład. Ponowne opuszczenie garażu nastąpi po zakończeniu pracy pojazdu przed jego planowanym podniesieniem w garażu na pokład. Przyjęto, że wodowanie garażu wraz z pojazdem będzie odbywać się na rufie jednostki USV w taki sposób, że garaż będzie opuszczany do wody za rufą na odpowiednią głębokość. Postanowiono wykorzystać istniejącą możliwość adaptacji konstrukcji pawęży USV oraz burtowych części pokładu przy pokrywie przedziału silnika do mocowania elementów ramy wychylnej systemu wodowania. Garaż oraz układ napędu bębna i wydawania kabloliny będą znajdować się na wysokości pokładu w części rufowej nad pawężą i pędnikiem. Na obecnym etapie zaplanowano, że głowica systemu nawigacji podwodnej będzie wypuszczana do wody z dna łodzi w rejonie nadbudówki. Miejsce w nadbudówce wybrano ze względu na znaczną wysokość głowicy wraz z napędem do jej wysuwania oraz korzystne położenie w pobliżu osi obrotu łodzi podczas kołysań, co spowoduje w miarę stabilne położenie głowicy w toni i będzie miało mniejszy wpływ na jej wskazania. Do projektu przyjęto, że położenie garażu w wodzie powinno być takie, aby podczas wypływania i wpływania pojazd znajdował się w odległości:

- od powierzchni wody: min. 0,30 m,
- od rufy (pędnika) łodzi: min. 1,20 m.

Na konstrukcję systemu miała również wpływ konieczność pozostawienia dotychczasowej możliwości otwierania pokrywy przedziału silnika bez demontażu jakichkolwiek elementów systemu wodowania. Ostatnie ograniczenia projektu związane były z koniecznością wykorzystania dostępnego układu elektro-energetycznego łodzi USV oraz warunków bezpieczeństwa związanych z faktem, że montaż i praca systemu wodowania na pokładzie USV nie może mieć negatywnego wpływu na jej stateczność i dzielność morską.

2. SYSTEM WODOWANIA POJAZDU PODWODNEGO Z POKŁADU BEZZAŁOGOWEJ ŁODZI POWIERZCHNIOWEJ.

2. 1. URZĄDZENIE OPUSTOWO-PODNOŚNE

Zadaniem urządzenia opustowo-podnośnego jest przeniesienie garażu z pokładu do wody na odpowiednią głębokość i odległość od rufy łodzi USV. Garaż nie jest tu tradycyjnie przenoszony do wody za pomocą liny i wychylonego za pokład żurawika lub ramy, lecz poprzez sztywne uchwyty połączone przegubowo z pozostałymi wychylanymi elementami układu kinematycznego. Taki układ wymaga tylko napędu jednego elementu wychylanego np. za pomocą siłownika liniowego.

Podstawowe elementy urządzenia opustowo-podnośnego to (Rys. 3): rama główna (poz. 8), siłowniki (poz. 4), rama dodatkowa (poz. 9), uchwyt garażu (poz. 7) i fundament. Rama główna urządzenia to konstrukcja typu „A”, składająca się z dwóch pionowych podpór połączonych sztywno u góry poziomą belką.

In order to eliminate the affect of the vessel's rolling motion during deployment and use of the ROV, the garage is to be dropped and lifted from the water with the use of a system consisting of a swing frame with rigid arms. . The drive of the drum and the umbilical's feed system will be located on the deck of the surface vessel and supply the umbilical directly through the garage to the vehicle. After the vehicle is launched and sets out from the garage, the garage will be lifted onto the deck to be dropped again after the vehicle's work is completed. It has been assumed that the launching of the garage together with the vehicle will be performed in such a manner that the garage will be lowered into the water behind the stern of the USV to the intended depth. It was decided to adapt the construction of the USV's transom and the hull parts of the deck at the engine room cover to mount the elements of the swing frame of the launch system. The garage, the drum and the umbilical's feeder drive were placed at deck height in the stern part over the transom and the propeller. At the current construction phase it has been planned that the navigational system head will be released into the water from the bottom of the boat, near the superstructure. The superstructure was chosen due to the significant height of the head together with the drive used to pull it out of the water, as well the fact that it is situated in a favourable location near the boat's rotation axis while rocking, which altogether produces quite a stable location of the head at depth and results in a lower impact of the existing conditions on its indications. For project purposes it was assumed that the garage position in water during the vehicle's entrance and exit would be:

- min. 0.30 m from the water surface,
- min. 1.20 m from the boat' stern (propeller).

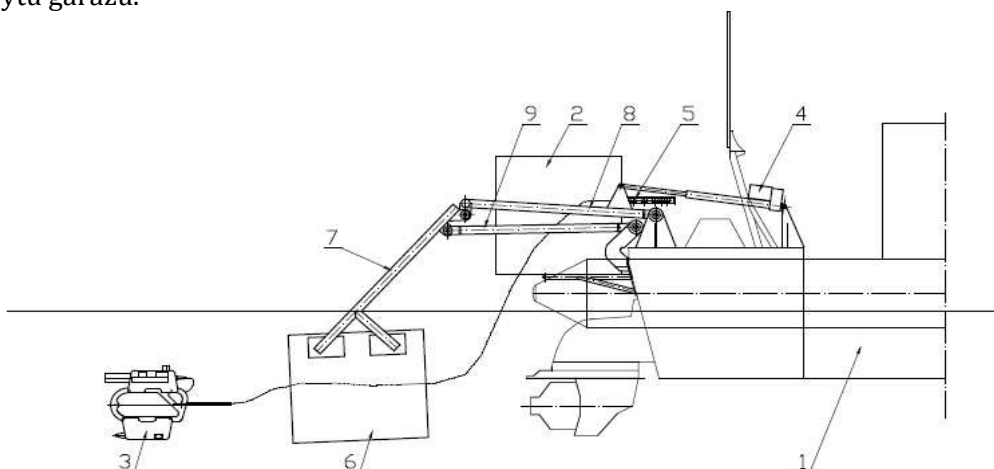
Another issue which impacted the system construction was the requirement to retain the possibility of opening the engine room cover without the need to disassemble any of the elements of the launch system. These final limitations to the project were related to the necessity of using the available electro-energetic system of the USV without affecting the USV's stability and seaworthiness.

2. THE LAUNCH SYSTEM OF AN UNDERWATER VEHICLE FROM THE DECK OF AN UNMANNED SURFACE BOAT

2.1. THE LAUNCH AND RECOVERY DEVICE

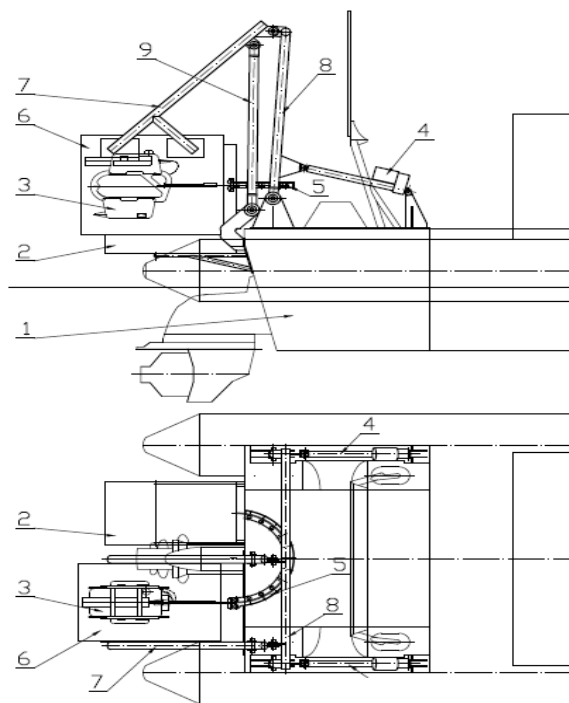
The task of the launch and recovery device is to transfer the garage from the deck of the USV and into the water to a particular depth and distance from the vessel's stern. The garage is not transferred into the water with the traditional use of a rope and crane bending over the deck or a frame, but with rigid handles pivotally connected to the remaining tilting elements of the kinematic system. The said system requires merely one element to be tilted, for example, with the help of a linear motor. The basic components of the drop and lift device include (Fig. 3): the main frame (it. 8), servomotors (it. 4), an auxiliary frame (it. 9), a garage lug (it. 7) and the foundation. The construction of the main frame is a type 'A' construction composed of two vertical bearings connected inflexibly at the top with a horizontal beam. Bearing feet are pivotally mounted onto the deck, allowing the frame's tilt over the stern. On the frame bearings there are two places for pivotal connection of servomotors, whereas on the horizontal beam there are two pivotal connections for the garage lug.

Stopy podpór zamocowane są przegubowo do pokładu, umożliwiając wychylenie ramy za rufę łodzi. Na podporach ramy znajdują się dwa miejsca do podłączenia przegubowo siłowników, a na belce poziomej dwa miejsca do podłączenia przegubowo uchwytu garażu.



Rys. 3. Plan systemu wodowania pojazdu ROV z pokładu łodzi USV w położeniu roboczym [1].

- | | |
|--------------------------------|---------------------|
| 1 - łódź USV, | 6 - garaż podwodny, |
| 2 - bęben kabloliny z napędem, | 7 - uchwyt garażu, |
| 3 - pojazd ROV, | 8 - rama główna, |
| 4 - siłownik ramy, | 9 - rama dodatkowa. |
| 5 - prowadnica kabloliny | |



Rys. 4. System wodowania pojazdu ROV z pokładu łodzi USV w położeniu transportowym (oznaczenia jak na Rys. 3) [1].

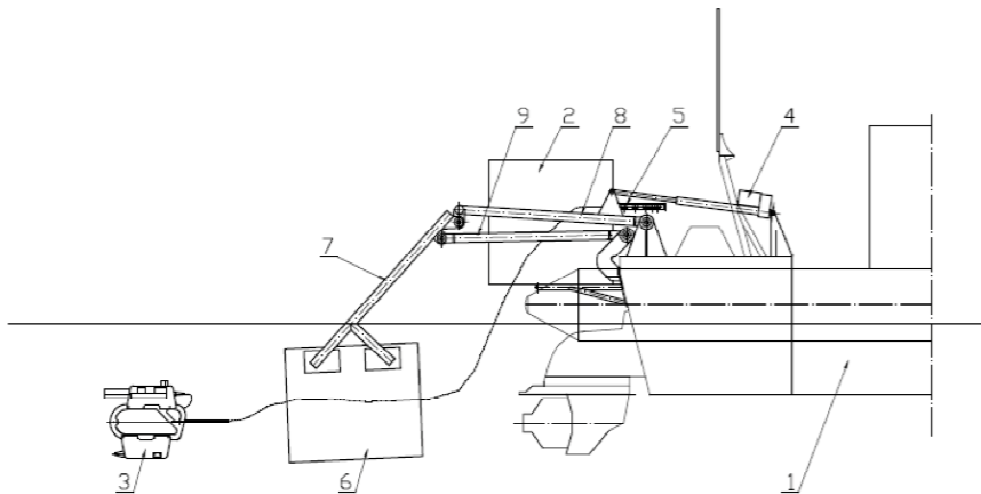


Fig. 3. ROV launch system outline from the deck of a USV in a working position [1].

- | | |
|------------------------------------|------------------------|
| 1 - USV boat, | 6 - underwater garage, |
| 2 - umbilical drum with the drive, | 7 - garage lug, |
| 3 - ROV, | 8 - main frame, |
| 4 - frame servomotor, | 9 - auxiliary frame. |
| 5 - umbilical runner, | |

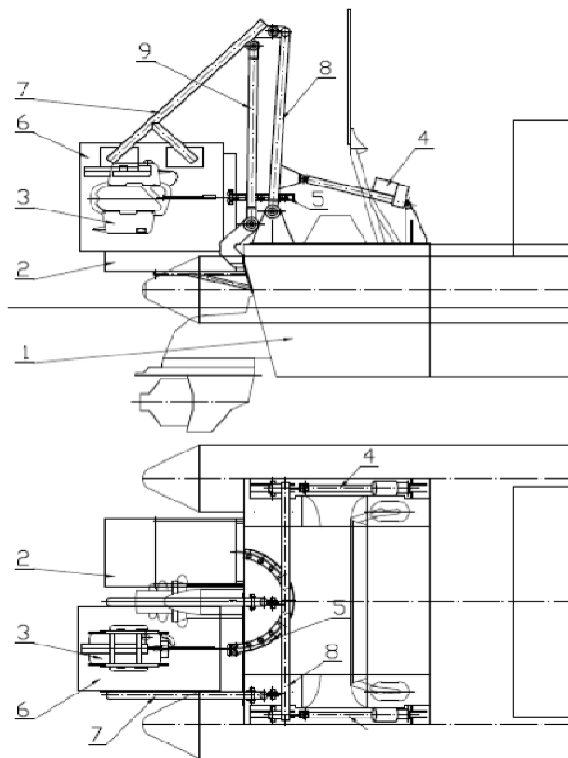


Fig. 4. ROV launch system from the deck of an USV in the transport position (markings as in Fig. 3) [1].

Do wychylania ramy głównej zastosowano liniowe siłowniki elektryczne. Siłowniki mocowane są do podpór ramy oraz przegubowo do wsporników zamontowanych na pokładzie. Skok roboczy siłowników wynosi ok. 457 mm. Rama dodatkowa składa się z dwóch samodzielnych kolumn. Stopy kolumn zamocowane są przegubowo do pokładu w rejonie pawęży, a górne końce przegubowo do uchwytu garażu. Podczas wychylania ramy głównej kolumny obracając się „wypychają” za rufę uchwyt garażu, co powoduje, że garaż jednocześnie jest opuszczany do wody i oddalany od rufy. Uchwyt garażu składa się z dwóch wsporników rurowych mocowanych sztywno do bocznych ścian garażu. Na każdym swobodnym końcu wspornika znajdują się dwa miejsca przegubowego mocowania uchwytu: z kolumną ramy dodatkowej i z belką poziomą ramy głównej. Podczas wychylania ramy głównej takie mocowanie uchwytu powoduje, że garaż utrzymuje praktycznie cały czas położenie poziome. Fundament składa się z kilku elementów mocowanych do konstrukcji kadłuba. Podstawowymi są fundamenty ramy głównej i siłowników. Fundament ten dla każdej burty wykonany jest w całości dla wsporników ramy i siłowników. Podobnie w całości wykonany jest fundament wsporników dla obu kolumn ramy dodatkowej. Do wykonania elementów urządzenia opustowo-podnośnego zastosowano stal nierdzewną w postaci rur, prętów i blach. Na konstrukcję podpór, belek, kolumn zastosowano rurę ze stali nierdzewnej 60,3x3,6. Do wykonania elementów połączeń przegubowych przewiduje się zastosować tworzywo sztuczne ERTACETAL.

Zadaniem wciągarki jest wydawanie kabloliny z bębna, gdy pojazd oddala się od łodzi, wybieranie kabloliny w przypadku powrotu pojazdu do łodzi oraz w końcowej fazie powrotu wciągnięcie pojazdu do garażu. Konfiguracja elementów w tym projekcie nie odbiega znacząco od wcześniej opracowanych koncepcji. Podstawowe elementy tego urządzenia to: bęben z kabloliną, silnik napędowy, przekładnia ślimakowa, silniki rolki napinacza, prowadnica rolkowa. Jako bęben wykorzystano bęben z kabloliną dostarczoną przez producenta pojazdu. W toku budowy wymagał on adaptacji przyłącza napędu ręcznego na mechaniczny z przekładni. Jako silnik napędowy wciągarki zastosowano serwo-silnik synchroniczny serii AKM Danaher Motion o momencie trzymającym $M_0=2,04\text{Nm}$ i napięciu zasilania 230VAC. Jego zadaniem jest napęd bębna oraz mechanizmu układającego kablolinę na bębnie. Jako przekładnię ślimakową zastosowano przekładnię Hydro-MEC 063 o przełożeniu $i=94$ i maksymalnym momencie wyjściowym $M_{2\text{max}}=140\text{Nm}$. Do napędu rolki napinacza zastosowano silnik krokowy typu KM060F11 o momencie maksymalnym $M_{\text{max}}=3,5\text{Nm}$ i napięciu zasilania 24VDC. Prowadnica rolkowa kabloliny to zespół rolek prowadzących ułożonych w linii przebiegu kabloliny od układacza za bębniem do zespołu rolek napinających kablolinę na końcu prowadnicy przed wejściem do garażu. Zadaniem zespołu rolek napinających jest utrzymywanie podczas ruchu bębna stałego napięcia kabloliny dla poprawnej pracy układacza. Elementy wciągarki oprócz prowadnicy rolkowej znajdują się w jednym pojemniku w kształcie prostopadłościanu o wymiarach zewnętrznych:

- długość 880 mm,
- szerokość 500 mm,
- wysokość 880 mm.

Pojemnik ten umieszczony jest za rufą i posadowiony na wsporniku mocowanym do pawęży.

2. 2. WCIĄGARKA KABLOLINY STERUJĄCEJ POJAZDU ROV

Tilting of the main frame is achieved with the use of electric linear servomotors. The servomotors are mounted onto the frame bearings and pivotally to supports mounted on the deck. The working strokes of the servomotors are ca. 457 mm. There is also an auxiliary frame consisting of two independent columns. The column feet are pivotally mounted to the deck in the transom area, and its upper endings are mounted pivotally to the garage lug. When tilting the main frame, the columns turn and "push out" the garage lug over the stern, causing the garage to be simultaneously lowered into the water and distanced from the stern. The garage lug consists of two pipe supporters mounted in a fixed position to the side walls of the garage. Each loose end of the supporter contains two places for pivotal installation of the lug: with the column of an auxiliary frame and with the horizontal beam of the main frame. When tilting the main frame, the said lug mounting allows the garage to be maintained in a horizontal position almost throughout the entire operation. The frame' foundation is composed of several elements mounted to the hull construction. The basic elements are the foundations of the main frame and servomotors.

The foundation for each board is made as one piece for the frame bearings and servomotors, as is the foundation for the supporters of both columns of the auxiliary frame. The material used in the construction of each element of the drop and lift device was stainless steel in the form of pipes, bars and sheets. The construction of the supporters, beams and columns was made from a stainless steel pipe with the dimensions of 60.3x3.6 mm. It is anticipated that the elements of pivotal connections will be produced with the plastic ERTACETAL.

The task of the winch is to feed the ROV's umbilical from the drum as the vehicle moves away from the boat, haul it in as the vehicle returns to the boat, and, in the final return phase, pull the vehicle into the garage. The component configuration in this project is not significantly different from the concepts previously worked out. The basic components of this device include: drum with the umbilical, motor, worm gear, tensioning roll motor, guide track. The drum in use is a drum with an umbilical supplied by the vehicle manufacturer. During the course of this experimental construction, this equipment required conversion from the hand operated system into a power driven variant. For the driving motor of the winch it was decided to use synchronic servomotor of the series AKM Danaher Motion with holding torque of $M_0=2.04\text{Nm}$ and supply voltage of 230VAC. Its task rests in providing the driving force to the drum and the mechanism used to arrange the umbilical on the drum. The applied worm gear is the gear Hydro-MEC 063 with the ratio of $i=94$ and maximum output torque of $M_{2\text{max}}=140\text{Nm}$.

The stepper motor used as a tensioner on the roll motor is motor type KM060F11 with maximum torque of $M_{\text{max}}=3.5\text{Nm}$ and supply voltage of 24VDC. The guide track for the umbilical is a set of pinch rollers located according to the path of umbilical, from the loop layer behind the drum to a set of rollers tightening the umbilical at the end of the guide track before its entrance into the garage. The task of the set of tension control rolls is to maintain the tightness of umbilical during the drum's movement in order to ensure proper operation of the loop layer. The other winch components, besides the guide track, are situated in one cuboidal container with the following external dimensions:

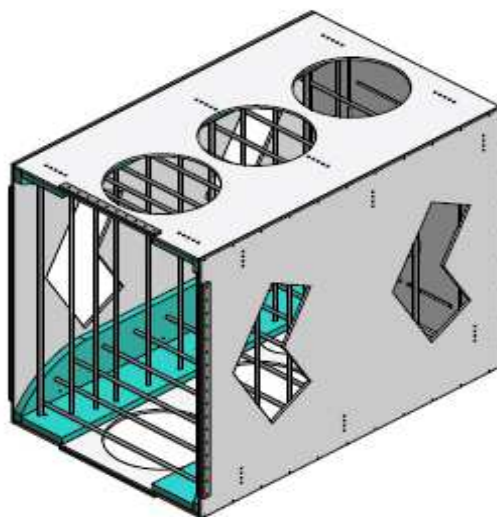
- length 880 mm,
- width 500 mm,
- height 880 mm.

The container is located behind the stern and mounted on a support installed on the transom.

2. 2. ROV UNDERWATER GARAGE

2. 3. GARAŻ PODWODNY DLA POJAZDU ROV

Zewnętrzna obudowa garażu podwodnego dla pojazdu ROV wykonana jest z prostokątnych ertacetalowych płyt i stanowi główny element wytrzymałościowy konstrukcji zabezpieczający pojazd przed uszkodzeniami (Rys. 5.). Jedna ze ścian szczytowych pojemnika nie jest zabudowana, co umożliwia wpłynięcie (wciągnięcie) pojazdu do wnętrza.



Rys. 5. Garaż podwodny dla pojazdu ROV [1].

Na rysunku powyżej garaż podwodny pokazany jest w widoku od strony wypływania (wciągania) pojazdu. Jest to pojemnik w kształcie prostopadłościanu o wymiarach:

- długość 950 mm,
- szerokość 620 mm,
- wysokość 800 mm.

Wnętrze garażu na obwodzie wypełniają cztery rzędy prętów rozpiętych pomiędzy przeciwległymi ścianami bocznymi i ścianami górną i dolną. Pręty posiadają odpowiednią sprężystość, a ich sposób rozmieszczenia i mocowania powoduje, że pojazd wpływający (wciągany) do wnętrza jest przez pręty odpowiednio pozycjonowany. Po zakończeniu wpływania (wciągania) pręty ustalają prawidłową pozycję pojazdu w garażu i utrzymują go w tej pozycji. Do ściany tylnej zamocowany jest zespół rolek poziomych i pionowych służących do prowadzenia kabloliny z garażu na zewnątrz. Podstawowym materiałem, z którego wykonane są: obudowa, pręty, wzmocnienia, wsporniki, rolki, jest tworzywo sztuczne ERTACETAL. Materiał dostępny jest w postaci prętów, płyt, tulei i taśm. Ponadto zastosowane są elementy złączne i drobne detale ze stali nierdzewnych.

2.3. THE WINCH FOR THE UMBILICAL CONTROLLING THE ROV

The external casing of the ROV underwater garage is made from rectangular ertacetal panels and constitutes the main element ensuring the construction's durability, protecting the vehicle against possible damage (Fig. 5.). One of the container's sides is open allowing to pulling the vehicle inside the garage.

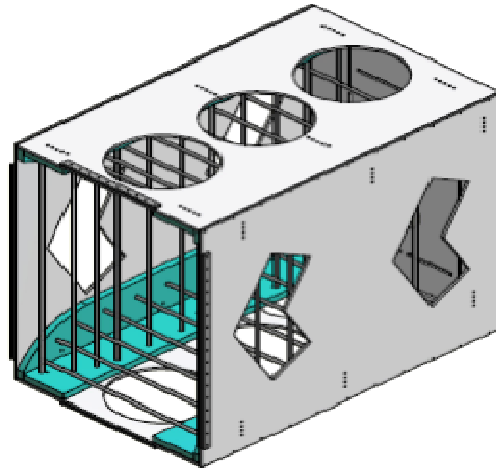


Fig. 5. ROV underwater garage [1].

Fig. 5 above presents the view of the garage from the side where the vehicle enters (is pulled inside) it. The dimensions of the container are as follows:

- length 950 mm,
- width 620 mm,
- height 800 mm.

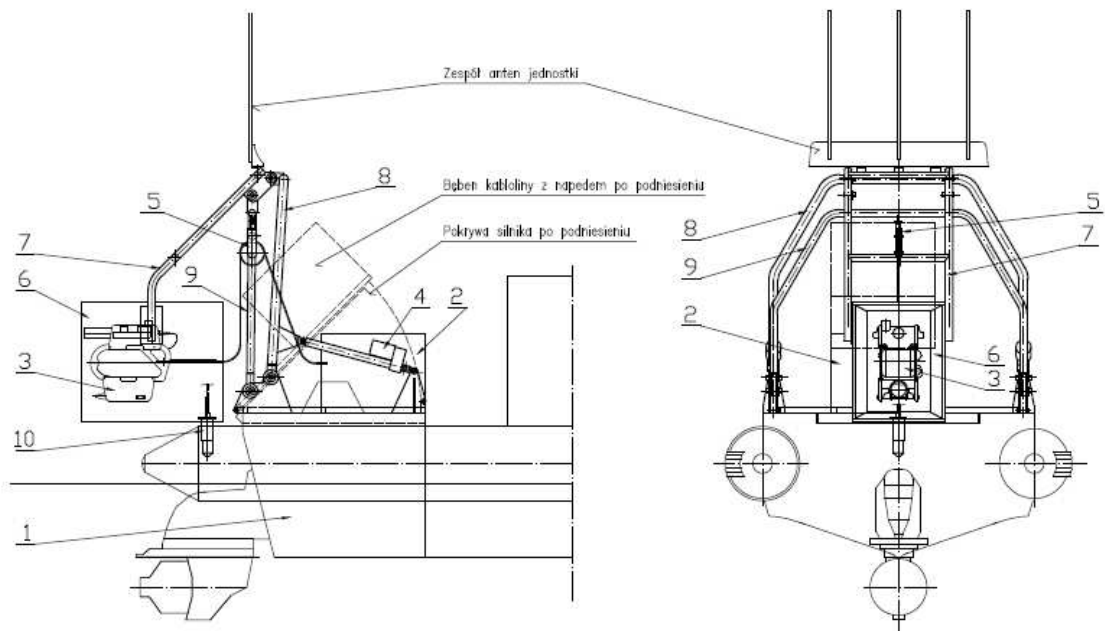
The interior of the garage is lined with four rows of rods stretched between the opposite side walls as well as upper and lower walls. The rods are characterised by proper elasticity, and the manner of their placement and installation causes that the vehicle entering the garage is properly positioned. After the completion of the manoeuvre the rods ensure that the correct position of the vehicle is maintained. On the rear wall a set of horizontal and vertical rollers are installed in order to lead the umbilical outside the garage. The basic material used in the production of the casing, rods, support, bearings and rollers is the plastic ERTACETAL. The material is available in the form of rods, panels, and bands. The construction of the garage also incorporates a small amount of stainless steel (in fixings and some minor components of the device).

PODSUMOWANIE

Zaprojektowany w Zakładzie Technologii Prac Podwodnych Akademii Marynarki Wojennej system opustowo-podnośny pojazdu ROV został w ramach projektu zbudowany przez PBP „Forkos” Sp. z o.o. z Gdyni.

W toku produkcji ze względu na konieczność zmiany usytuowania masztu z antenami wprowadzono do konstrukcji systemu kilka poprawek zmniejszających wysokość i masę systemu (rys. 6). Ponadto, w celu nie ingerowania w kadłub łodzi USV podjęto decyzję o montażu głowicy systemu nawigacji podwodnej w garażu ROV. Aktualnie kończą się prace montażowe i system przygotowany jest do przeprowadzenia prób funkcjonalnych w warunkach rzeczywistych.

Teoretyczne obliczenia zmiany stateczności, których podstawą były dane dotyczące łodzi USV w stanie załadowania określonym jako „jednostka pusta wyposażona” i które wykonano dla łodzi z pojazdem ROV na pokładzie i podczas jego wodowania, wykazały, że zamontowanie systemu na pokładzie jednostki ma niewielki wpływ na jej stateczność. Przegłębienie jednostki teoretycznie wyniosło odpowiednio - 4,5 cm i - 5,3 cm, co stanowi około 1% długości jej wodnicy. Natomiast wysokość środka ciężkości zmieniła się nieznacznie w stosunku do stanu podstawowego, stąd należy sądzić, że stateczność również zmieni się nieznacznie.



Rys. 6. Finalna konstrukcja systemu wodowania (rysunek dzięki uprzejmości PBP „Forkos” Sp. z o.o.).

SUMMARY

The ROV launch and recovery system designed at the Department of Underwater Works Technology of the Polish Naval Academy was constructed by the company PBP "Forkos" Ltd. located in Gdynia.

During the production, due to the necessity to change the placement of the antenna mast, several amendments were introduced in the system's construction altering its height and weight (fig. 6). Moreover, the decision was made to mount the navigational system head in the ROV garage in order not to interfere with the construction of the USV's hull. At present, installation works are being finalized and the system is being prepared to undergo functional tests in real conditions.

Theoretical calculations of stability change, for which the basis were the data concerned with the USV's state characterised as an "empty equipped vessel", performed for the boat with the ROV on board and during the vehicle's launch, showed that the installation of the system on the deck of the vessel had only a minor impact on its stability. The vessel's theoretical trim amounted to 4.5 cm and 5.3 cm respectively, i.e. ca. 1% of the length of its waterline. The height of the centre of gravity, on the other hand, changed only slightly in relation to the primary state, therefore we may estimate that the stability change will also be insignificant.

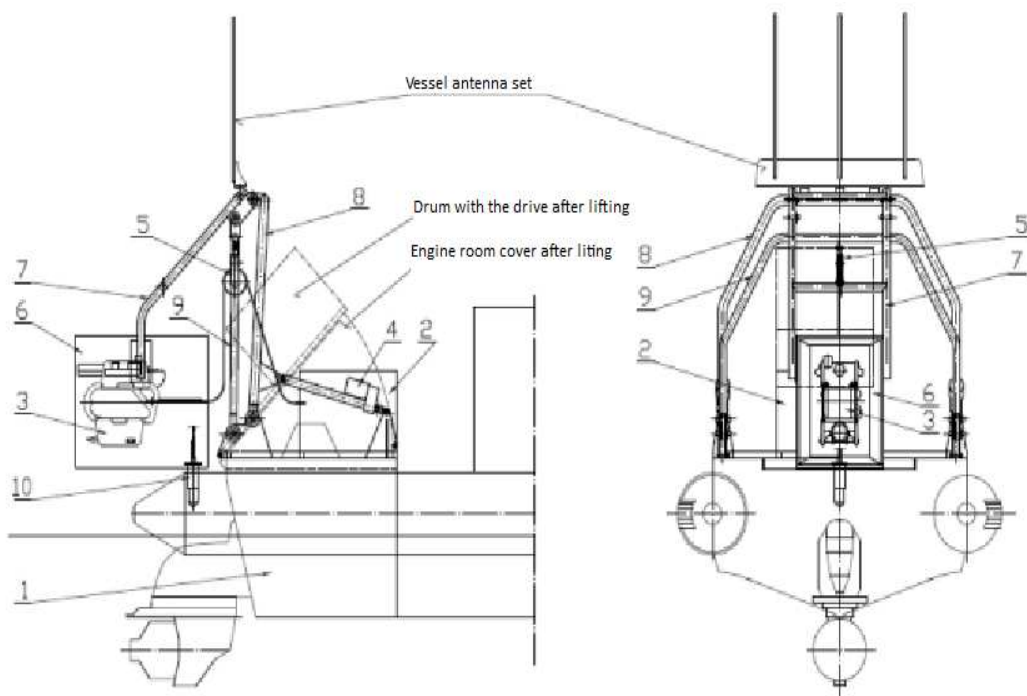


Fig. 6. Final construction of the launch system (drawing by courtesy of PBP "Forkos" Ltd.).



Rys. 7. Zespół ram systemu wodowania pojazdu ROV z garażem podwodnym przygotowany do montażu na pokładzie USV.

Próby funkcjonalne systemu będą realizowane w kierunku weryfikacji założeń konstrukcyjnych oraz ustalenia nastaw układu sterowania systemem. Układ ten posiada moduł komunikacyjny RS232 i RS485 obsługujący protokoły XGB oraz ModBUS.

Za jego pomocą będzie następowало opuszczenie zespołu ram, wydawanie odpowiedniej długości kabloliny i wodowanie lub przyjęcie garażu z pojazdem na pokład. Układ sterowania umożliwia nadzór nad systemem wodowania z miejsca (z pokładu łodzi USV) lub zdalnie z brzegowego stanowiska dowodzenia całą bezzałogowa platformą. W pierwszej fazie prób planuje się ich realizację w Zakładzie Technologii Prac Podwodnych w specjalnym basenie, a po ustaleniu czasów reakcji i nastaw układów automatyki i po finalnym montażu na pokładzie USV w warunkach rzeczywistych.



Rys. 8. Pojazd USV, kontener dowodzenia pojazdem „Ededron” i system wodowania ROV podczas ekspozycji na Międzynarodowych Targach Balt-Military-Expo 2012 w Gdańsku. (fot. A. Miłosz AMW).



Fig. 7. Frame set of the ROV launch system with an underwater garage ready to be installed on the deck of a USV.

Functional tests on the system will be realized with the aim of verifying the constructional assumptions and determining settings of the system control unit. The unit contains communication modules RS232 and RS485 operating the protocols XGB and ModBUS. It will be used in order to lower the frame set, release the required amount of umbilical, as well as deploy or receive the garage with the vehicle on the deck. The control unit enables supervision over the launch system from the deck of the USV or remotely, from a coastal command station of the entire unmanned platform. The first trial phase is to be realized at the Department of Underwater Works Technology in a specially designed swimming pool, after the determination of reaction times and automation system settings, as well as after the final installation of the system on the deck of the USV, in real conditions.



Fig. 8. USV, command container of “Ededron” vehicle and the ROV launch system during the exposition at the International Balt-Military-Expo 2012 in Gdańsk (photo by A. Miłosz, Polish Naval Academy).



Rys. 9. Wizualizacja pojazdu „Ededron” z zamontowanym systemem wodowania.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2010 – 2012 jako projekt rozwojowy Nr O R 00 0106 12.



Fig. 9. Visualization of "Ededron" vehicle with an installed launch system.

**Scientific work financed from educational funds in the years 2010 – 2012 as
a development project No. O R 00 0106 12.**

LITERATURA/ BIBLIOGRAPHY:

1. Praca Zbiorowa pod red. A. Olejnik: „Projekt systemu wodowania pojazdu podwodnego ROV z pokładu bezzałogowej łodzi powierzchniowej” Sprawozdanie z realizacji projektu rozwojowego Nr O R00 0106 12, AMW Gdynia 2012 rok;
2. Praca Zbiorowa pod red. P. Szymak: „Koncepcja systemu wodowania zdalnie sterowanego pojazdu podwodnego” Sprawozdanie z realizacji projektu rozwojowego Nr O R00 0106 12, AMW Gdynia 2011 r;
3. Praca Zbiorowa pod red. Z. Kitowski: Sprawozdanie z projektu badawczego pt.: „Bezzałogowa wielowariantowa platforma pływająca dla zabezpieczenia działań morskich służb państwowych” AMW Gdynia 2010 rok.

**СИСТЕМА ЗАПУСКА БЕСПИЛОТНОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА
ТИПА ROV С ПАЛУБЫ БЕСПИЛОТНОГО НАДВОДНОГО УСТРОЙСТВА**

В данной работе представлены конструкции системы запуска подводного аппарата ROV с палубы беспилотного надводного устройства. Строительные технологии разработаны на Заводе Технологии Подводных Работ АМВ в рамках развития проекта № O R00 0106 12, осуществляемого с финансированием науки из средств на образование в период с 2010 по 2012 год. В настоящее время описанная структура готова для функционального тестирования в реальных условиях.

Ключевые слова: беспилотные аппараты, технологии дноуглубительных работ.