

Adam Olejnik

kmdr por. dr inż. Adam Olejnik
Akademia Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte
81 – 103 Gdynia 3, ul. Śmidowicza 69
Wydział Mechaniczno – Elektryczny
Zakład Technologii Prac Podwodnych
tel. +58 626 27 46, fax. +58 626 27 61
e-mail: aolej@wp.pl

ROZWÓJ TECHNIKI ZDALNIE STEROWANYCH POJAZDÓW GŁĘBIOWYCH

Artykuł, to pierwsza część materiału o historii rozwoju i aktualnym stanie techniki zdalnie sterowanych pojazdów głębinowych. W tej części przedstawiono historię rozwoju tej techniki. Materiał powstał na skutek przeglądu dostępnej literatury oraz badań autora w archiwach brytyjskich i amerykańskich. Autor proponuje wielowarstwowe spojrzenie na rozwój zdalnie sterowanych pojazdów głębinowych, w wyniku którego początek ich rozwoju datuje na rok 1898. Ponadto wyodrębnia cztery okresy rozwojowe pojazdów: okres wynalazków, prototypów, pierwszego i drugiego podziału.

Słowa kluczowe: *technologia prac podwodnych, zdalnie sterowany pojazd głębinowy,*

THE DEVELOPMENT OF THE TECHNIQUE OF UNDERWATER REMOTELY OPERATED VEHICLES

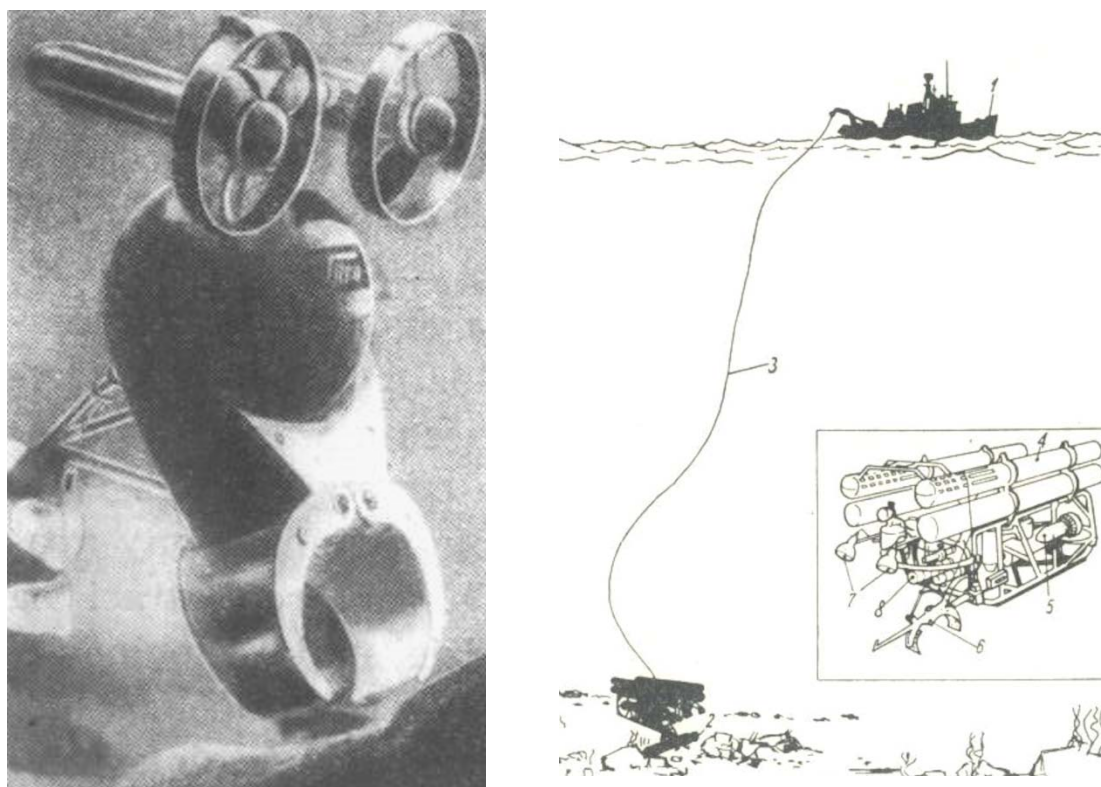
This article is the first part of the material concerning the history of the development and the current status of underwater remotely operated vehicles technique. The history of this technique development is this presented in the first part. The content is a result of a review of the accessible literature and the author's research in the British and American archives. The author proposes the multi-layered look on the development of the ROVs as a results of which the beginning of their development dates back to 1898. Moreover, he distinguishes four development periods of the vehicles: period of inventions, period of prototypes and periods of the first and second partition.

Key Words: *underwater work technology, remotely operated vehicles*

WSTĘP

Historia zdalnie sterowanych pojazdów głębinowych (ROV – z j. ang.: remotely operated vehicle) jest krótka, sięga może maksymalnie do 50 lat wstecz. Tak twierdzi zdecydowana większość [8,5,15,17,34a]. Ale czy rzeczywiście tak jest? W 1990 roku

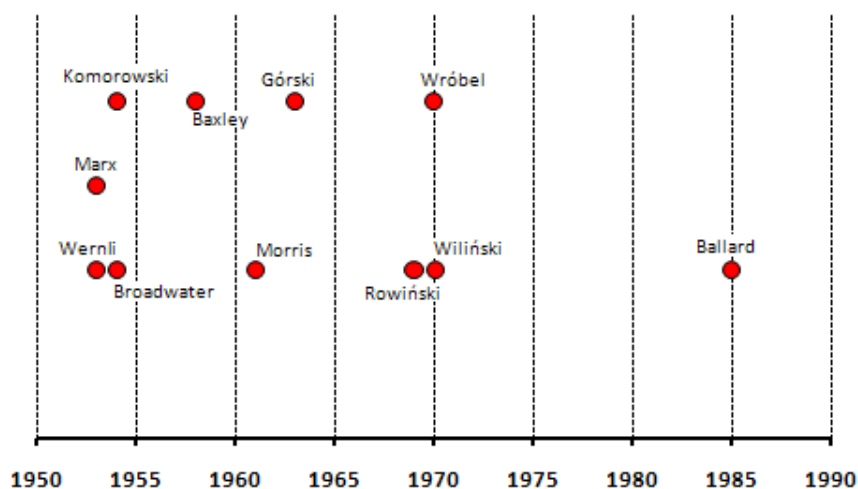
Antoni Wiliński i Ryszard Wróbel napisali, że: „*Roboty podwodne czyli uwięziowe bezzałogowe pojazdy głębinowe w swej dość efektywnej postaci mają co najmniej kilkunastoletnią historię...*” [30]. Kilkunastoletnią, czyli nie więcej jak 20 lat. Licząc wstecz od 1990 roku daje to datę wdrożenia „efektywnego” prototypu, gdzieś w okolicach roku 1970. Natomiast Lech Rowiński podaje, że: „*Roboty głębinowe, zwane zdalnie sterowanymi pojazdami głębinowymi, zaczęto opracowywać i budować pod koniec lat sześćdziesiątych dwudziestego wieku*” [27]. Medard Przyłipiak w 1971 roku przedstawia ilustrację gotowego i działającego rozwiązania amerykańskiego „*zdalnie sterowanego szperacza podwodnego*” (Rys. 1) [21]. O tym samym rozwiązaniu pisze w czasopiśmie „Przekrój” (Nr 1142 z dnia 26 lutego) F. Welczar w 1967 roku. Zaś Jerzy Górski w książce opublikowanej w 1964 roku podaje opis i rysunek zdalnie sterowanego robota nad którym właśnie pracują Amerykanie (Rys. 1) [11].



Rys. 1. Rysunki robotów podwodnych z polskich publikacji z przełomu lat 60 i 70 XX wieku – po lewej amerykański robot z publikacji J. Górskiego (1964 rok) [11], po prawej: „podwodny szperacz zdalnie sterowany” z publikacji M. Przyłipiaka (1971 rok) [21]

Jego dokładny i rzeczowy opis techniczny wraz z zasadą działania można znaleźć w publikacjach wydanych w Polsce pomiędzy rokiem 1969 a 1974 [21, 23]. William H. Hunley opisując powyższe rozwiązanie w 1968 roku pisze, że: „*(...) należy on do starszej generacji roboczych pojazdów podwodnych, nie jest bynajmniej urządzeniem przestarzałym*” (podana data odnosi się do wydania amerykańskiego, wydanie w j. polskim miało miejsce w roku 1974) [13]. Antoni Komorowski i niezależnie od niego John D. Broadwater jako datę opracowania technologii ROV podają rok 1954 [6,14]. Opisując te same wydarzenia Robert L. Wernli w książce „*ROV manual*” z 2007 roku wskazuje na rok 1953 [8]. Tę samą datę podaje Robert Marx w książce z 1990 roku [17]. W podręczniku „*Commercial Diver Training Manual*” znajduje się informacja, że ROV wykorzystuje się w pracach podwodnych od połowy XX wieku [24]. Natomiast

w pozycji „*International handbook of underwater archaeology*” można znaleźć informację, że w 1960 roku miało miejsce pierwsze komercyjne zastosowanie pojazdu ROV w przemyśle naftowym [25]. Z powyższych publikacji wynika, że technologia prawdopodobnie zrodziła się w pierwszej połowie lat pięćdziesiątych. Swego rodzaju zamieszanie w historii ROV wprowadza słynny odkrywca wraku „Titanic” Robert Ballard. W opublikowanej w USA przez National Geographic Society w 2001 roku książce „*Adventures In Ocean Exploration*” (wydanie polskie pt. „*Tajemnice podwodnego świata – od Arki Noego do Titanica*” 2002 r.) podaje, że mniej więcej na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku naszkicował projekt zdalnie sterowanego pojazdu, „*będącego póki co marzeniem ściętej głowy*” [1]. W innej publikacji z 1995 roku (wydanie anglojęzyczne pt.: „*Explorations. My Quest for Adventure and Discovery Under the Sea*”, wydanie polskie z roku 2000 pt.: „*Poszukiwania – moja historia podwodnych poszukiwań, przygód i odkryć*”) podaje, że podczas badań w Rowie Kajmańskim w roku 1977 zrozumiał potrzebę opracowania nowej technologii badawczej, co zapisał następująco: „*Musiał po prostu istnieć lepszy sposób badania głębin oceanów niż za pomocą tych nieporadnych starych dinozaurów.*” [2]. Chodziło o to, by wykorzystywane podczas badań oceanograficznych batyskafy zastąpić czymś innym, bardziej bezpiecznym, gdyż sam Bob Ballard uczestniczył podczas jednego z zanurzeń w wypadku, który mógł skończyć się tragicznie. Jednak o jaki rodzaj innowacji Ballardowi chodziło, skoro z innych źródeł wiemy, że technologia już istniała? Od 1975 roku były dostępne na przykład pojazdy RCV 225 oferowane przez firmę Hydro Products (USA), a w 1983 roku odbyła się pierwsza konferencja naukowa poświęcona całkowicie pojazdom ROV [8]. Być może Ballardowi chodziło po prostu o nowy obszar zastosowań, ale w takim wypadku dlaczego pisze o pomysłach „*będącym marzeniem ściętej głowy*”? Skoro Wernli w swojej książce podaje, że: „*Lata dziewięćdziesiąte XX wieku przyniosły pojazdom ROV wiek dojrzałości*” [8]. Nie ma możliwości aby w ciągu dziesięciu lat technologia osiągnęła taki poziom i tak mocno się rozpowszechniła. Przyjmując w odniesieniu do technologii ROV optykę Wernli’ego, który patrzy na nią tak jakby lekarz pediatra, bo jego zdaniem „*Jest jeden sposób patrzenia na rozwój ROV, trzeba to rozważyć jak cykl życia – od niemowlęctwa do dojrzałości*”, to w latach 90 ubiegłego wieku ta technologia miała na pewno więcej niż 10 lat. Jak widać istnieje pewien problem w chronologii wydarzeń związanych z rozwojem pojazdów. Z publikacji, które ukazały się na przestrzeni lat wiemy, że rozwój ROV rozpoczął się w drugiej połowie XX wieku. Jednak dane literaturowe nie są spójne. Pomiędzy poszczególnymi autorami występują różnice od kilku do kilkudziesięciu lat (Rys. 2).



Rys. 2. Początkowa data rozwoju techniki ROV w zależności od autora.

Zazwyczaj jest tak, że poszczególne wątki rozwoju danej techniki kolejno wynurzają się z mroków historii i biegną równolegle na osi czasu, w pewnym momencie zaczynają się przeplatać i przenikać, aż łączą się wszystkie w jednym punkcie tworząc nową jakość. Nowe urządzenie. I najczęściej jest tak, że tylko nieliczne wynalazki powstają dzięki oryginalnemu pomysłowi twórcy. Zwykle jest to połączenie oryginalnego spojrzenia i kojarzenia nowych koncepcji ze znanymi rozwiązaniami. Nie inaczej było w przypadku zdalnie sterowanych pojazdów głębinowych. Patrząc wprost na zasadę działania tego urządzenia, widzimy przede wszystkim urządzenie działające pod wodą, zdalnie sterowane i wyposażone w kamerę telewizyjną. Urządzenie to nazywane jest pojazdem ze względu na jego właściwości ruchowe oraz sposób posługiwania się nim. [9]. Jest to zgodne ze słownikiem języka polskiego, gdyż jest to również urządzenie służące do transportu jego wyposażenia pokładowego do miejsca pracy [22]. Taka konstrukcja mogła powstać dlatego, że ktoś wpadł na pomysł pojazdu podwodnego, potem ktoś opracował jego zdalne sterowanie, a w międzyczasie zrodziła się telewizja. W pewnym momencie jakiś wynalazca scalił te dokonania budując pierwszy pojazd typu ROV. Po jakimś czasie inni dostrzegli potencjał drzemiący w nowym rozwiązaniu technicznym i zaczęli je co raz szerzej stosować. A suma ich doświadczeń eksploatacyjnych oraz pomysłów na wykorzystanie tworzy po jakimś czasie technologię jego zastosowania. A zatem rozwój technologii w stosunku do rozwoju urządzenia jest procesem wtórnym i nie może ona powstać zanim nie zrodzi się samo urządzenie. To truizm, ale jakże często się o nim zapomina.

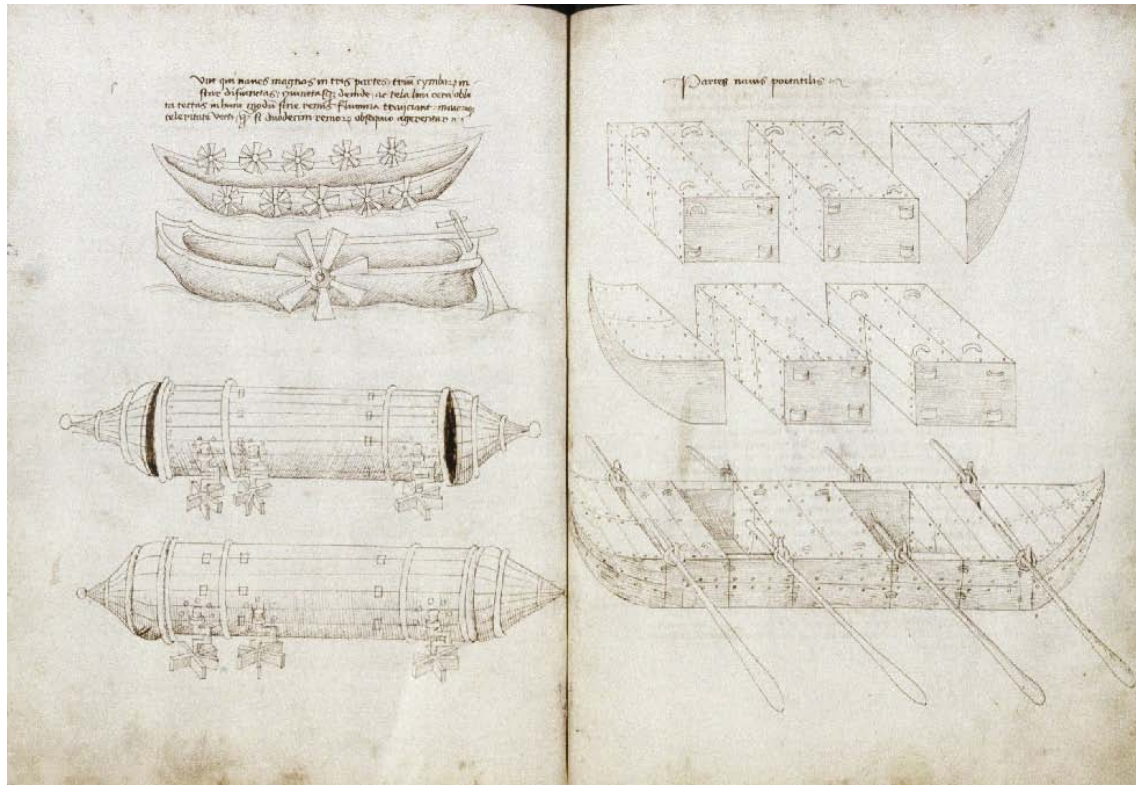
Świat dowiedział się o ROV przy okazji spektakularnych wydarzeń. Zgubienie bomby atomowej czy zatonięcie okrętu podwodnego to wydarzenia, które przedzierają się z łatwością na pierwsze szpalty gazet, portale internetowe i początek wiadomości telewizyjnych. W ten sposób, niejako przy okazji, uświadamiają one społeczeństwu aktualny potencjał technologiczny. Patrząc na rozwój ROV w sposób wielowątkowy i analizując historię jego podstawowych elementów, można jego historię cofnąć o co najmniej kolejne 50 lat, do drugiej połowy XIX wieku.

1. POCZĄTKI

Zdalnie sterowany pojazd głębinowy należy do bardzo dużej i bardzo różnorodnej rodziny pojazdów podwodnych. Ich powstanie i rozwój w dużej mierze był podyktowany potrzebami militarnymi i przemysłowymi oraz ciekawością. Zainteresowanie człowieka przestrzenią wodną pomiędzy powierzchnią a dnem mórz, oceanów i jezior sięga kilku tysięcy lat wstecz [26]. Niektórzy autorzy jako datę początkującą przemyślaną aktywność człowieka pod wodą wskazują okres około 4500 lat przed Chrystusem [4]. Jednak pojazdy podwodne zrodziły się znacznie później. Pierwszym, najstarszym znanym wizerunkiem takiego pojazdu jest konstrukcja włoskiego inżyniera **Roberto Valturio** z 1460 roku, który w zamyśle był pojazdem załogowym [20,32]. Rysunek wynalazku przetrwał do dziś, ale sam pomysł jako taki nigdy nie został zrealizowany w praktyce (Rys. 3). Następne 300 lat w historii pojazdów podwodnych to pasmo prób, niepowodzeń, porażek i niewielkich postępów. Najprawdopodobniej w okolicach roku 1620 holenderski lekarz Cornelis van Drebbel opracował i zbudował pierwszy działający załogowy podwodny obiekt oceanotechniczny, który wypróbował w nurtach Tamizy [20]. Przy czym w tym wypadku należy chyba bardziej mówić o typowym okręcie podwodnym a nie pojeździe podwodnym w dzisiejszym tego słowa znaczeniu. Trudno to rozstrzygnąć, gdyż nie zachowały się żadne opisy dotyczące rozwiązań technicznych i budowy tej konstrukcji [20].

Natomiast niewątpliwie pierwszym bezzałogowym pojazdem głębinowym była torpeda, która swą nazwę zawdzięcza rybie z rodziny drętów (fr. torpille) [14]. W 1864 roku kapitan austriackiej marynarki Giovanni Luppis złożył w zakładach

mechanicznych inż. Roberta Whiteheada projekt i zamówienie na pocisk podwodny [14,28]. W ten sposób dwa lata później została zbudowana pierwsza torpeda, której napęd stanowił silnik tłokowy zasilany sprężonym powietrzem połączony wałem z pojedynczą śrubą napędową.



Rys. 3. Strona z wydanej w 1472 roku książki R. Valturio „De re militari”¹ – na dole po lewej zaproponowany przez niego projekt załogowego pojazdu podwodnego [32]

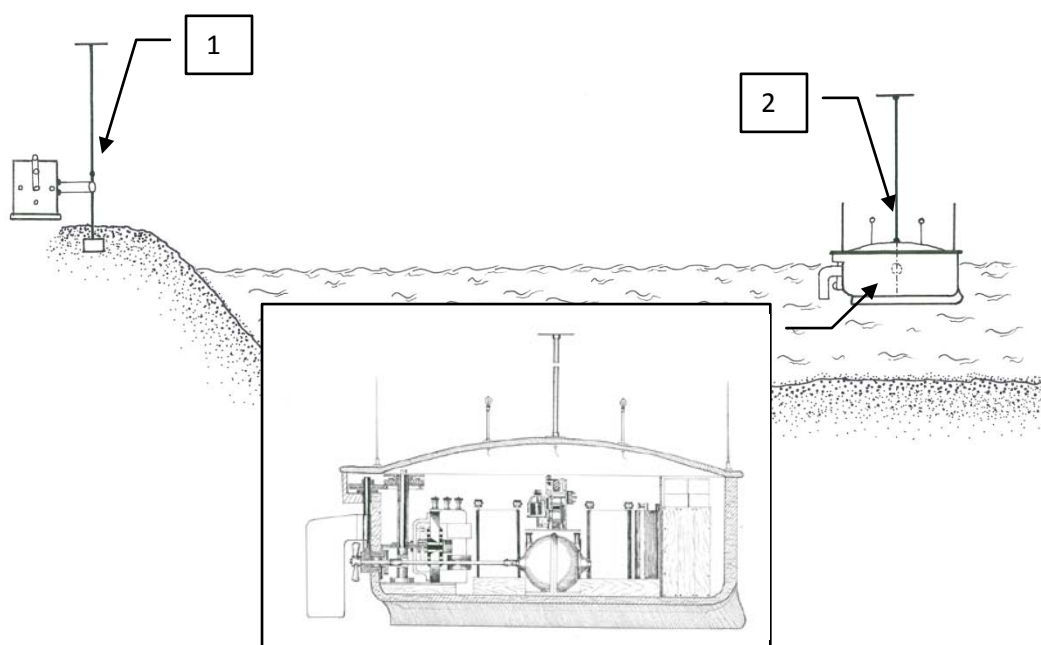
Podstawową wadą torped projektu Whitehead – Luppis był materiał, z którego były wykonane. Stalowy kadłub i inne elementy powodowały, że praktycznie po każdym ćwiczeniu torpedy te należało rozebrać i starannie wyczyścić, gdyż bardzo szybko rdzewiały i nie nadawały się do dalszego użytku [28]. Jednak nie był to tylko wynalazek, którego zastosowanie ograniczało się jedynie do ćwiczeń. Jego pojawienie diametralnie zmieniło sposób prowadzenia wojny na morzu i co by o nim nie myśleć, był to pierwszy bezzałogowy pojazd głębinowy - w jakimś sensie można nawet powiedzieć, że był programowalny.

Prawdziwy jednak początek techniki pojazdów zdalnie sterowanych to rok 1898. Wtedy to podczas dorocznej wystawy elektrotechnicznej **Nicola Tesla** zorganizował w wielkim basenie pokaz zdalnie sterowanego obiektu oceanotechnicznego. Była to praktyczna realizacja jego metody i aparatury do kontrolowania mechanizmów ruchomych wodnych lub lądowych. Metoda została opatentowana w Biurze Patentowym USA w listopadzie 1898 roku (USA Patent Office No 613 809). W swoim zgłoszeniu patentowym Tesla pisał²: „Problemat, dla którego wynalazek stanowiący przedmiot mojego obecnego opracowania zapewnia całkowite i praktyczne

¹ Pierwotna wersja książki została ukończona w 1460 roku i w 22 ręcznie przepisywanych kopiach była rozdana po Europie, zainteresowanie było tak znaczne, że w 1472 roku wydano jej wersję drukowaną.

² Tłumaczenie tekstu angielskiego z 1898 roku w wykonaniu Aleksandry Figas-Dziecielskiej

rozwiązanie, polega na kontrolowaniu z danego punktu działania silników napędowych, urządzeń sterujących oraz pozostałych mechanizmów znajdujących się na danym obiekcie ruchomym takim jak łódź lub inna jednostka pływająca, podczas gdy poruszanie się i kierunek takiego obiektu mogą być kontrolowane z pewnej odległości, a także urządzenie umieszczone na takim obiekcie może zostać uruchomione w pożądanym czasie.” [29]. To nic innego jak zasada działania ROV, trzeba tylko obiekt opisywany przez Teslę bardziej zanurzyć i odbiornik z nadajnikiem połączyć kablem. A z tego punktu widzenia dalsza lektura zgłoszenia Tesli jest jeszcze bardziej intrygująca! Otóż uzasadniając doniosłość swojego wynalazku pisał on dalej tak: „(...) z tego co wiem, do tej pory jedyne próby rozwiązania tego problemu, które, jak dotąd zakończyły się pewnym powodzeniem, zostały dokonane na pewnej grupie statków, których maszyna działa na zasadzie prądów elektrycznych, wysyłanych do sterowanego urządzenia za pomocą elastycznego przewodnika” [29].



Rys. 4. Zdalnie sterowany obiekt oceanotechniczny opatentowany przez N. Teslę w 1898 roku; 1 – pulpit sterowniczy, 2 – obiekt sterowany (rys. M. Kozak na podstawie [42]).

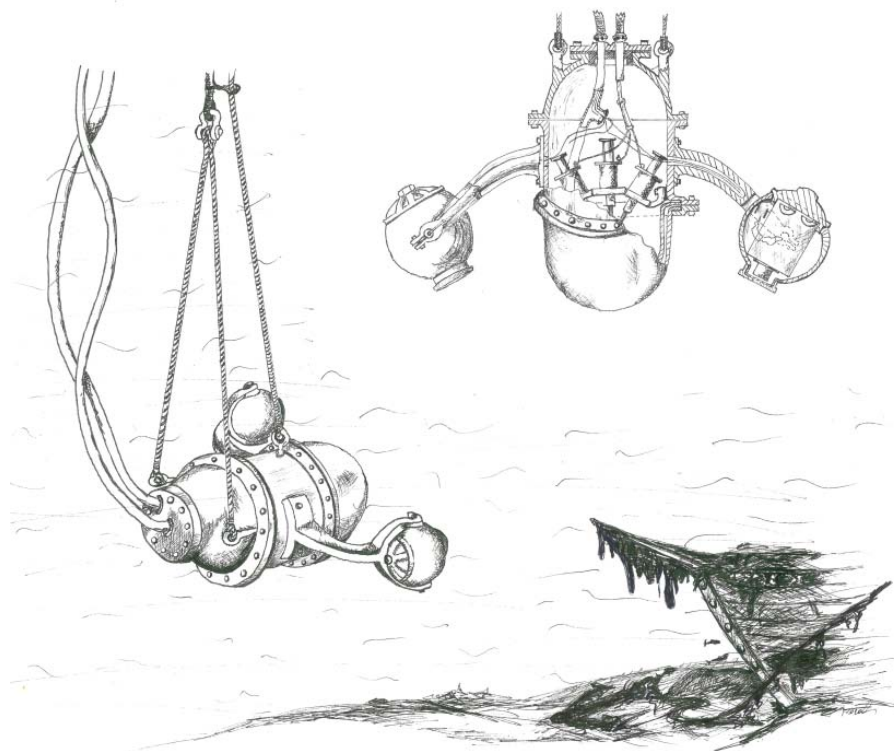
Wobec tego, opracowanie zgłoszone przez Teslę 01 lipca 1898 roku było poprzedzone wiadomymi mu próbami zdalnie sterowanych obiektów oceanotechnicznych, gdzie sygnał sterujący jest przekazywany za pomocą kablioliny!! Prawdopodobnie ktoś przed Teslą próbował zbudować urządzenie działające tak samo jak typowy ROV i miał w tym względzie pewne osiągnięcia, o których Tesla wiedział. Można jedynie przypuszczać, że te wcześniejsze próby stały się przyczynkiem do rozpoczęcia prac nad opatentowaną przez niego metodą, a wprowadzenie radiokomunikacji do sterowania miało przyczynić się zdaniem Tesli do niwelowania mankamentów wcześniejszego rozwiązania. Niestety poprzednik Tesli nie jest znany historii, może to nawet sam Tesla zaczynał próby z wykorzystaniem przewodnika elastycznego, a potem ewoluował w stronę radiokomunikacji. Analiza bazy danych Biura Patentowego USA zawierającego dokumenty patentowe od 1790 roku pokazuje, że nie ma w tym archiwum dokumentów mogących je potwierdzić. Tak więc, próby te nie są w wystarczający dla nas sposób udokumentowane na tyle, aby powołać się na

jakieś konkretne źródło oprócz informacji Tesli z jego zgłoszenia. Z powyższego wynika jednak, że technologia zdalnego sterowania urządzeń oceanotechnicznych zrodziła się już w pierwszej połowie lat dziewięćdziesiątych XIX wieku. Tesla dał światu ideę urządzeń zdalnie sterowanych. To drugi obok pomysłu pojazdu podwodnego element, który przyczynił się do powstania pojazdów typu ROV. Trzecim jest telewizja.

2. ROZWÓJ TELEWIZJI PODWODNEJ

Ruchomy obraz telewizyjny to nic innego jak złudzenie podczas szybkiej projekcji statycznych obrazów. Jako pierwszy fenomen postrzegania ruchu wynikający z bezwładności ludzkiego oka opisał Peter Mark Roget w 1824 roku [34c]. Natomiast podstawy teoretyczne telewizji i pierwszy telewizor powstały dzięki Polakom. W 1878 roku pochodzący z Radzimina psycholog Julian Ochorowicz (pierwowzór postaci Ochockiego w „Lalce” B. Prusa) opracował teoretyczne podstawy monochromatycznej telewizji, czyli teorię pikselizacji obrazu, co praktycznie prezentował za pomocą ekranu składającego się z żarówek zamieniających obraz na zbiór punktów [19]. Z kolei w 1884 roku Paweł Nipkow z Wejherowa na bazie opracowanej w 1875 roku przez Ernesta von Simensa fotokomórki, konstruuje tarczę mogącą dokonać mechaniczno – optycznej analizy i syntezy obrazu. Urządzenie to nazywano teleskopem elektrycznym Nipkowa [7]. W 1897 roku wirujące tarcze Nipkowa Karl Braun zastępuje lampą próżniową z promieniowaniem katodowym regulowanym przez elektromagnes, co pozwala na skonstruowanie kilka lat później pierwszego kineskopu. W 1911 roku Władimir Zorykin wykorzystuje wynalazek Brouna i buduje pierwszą kamerę telewizyjną, a po emigracji do USA w 1923 roku dokonuje pierwszej transmisji telewizyjnej obrazu drogą radiową [34c]. W ten sposób zrodziły się urządzenia, dzięki którym mógł powstać przekaz obrazu na odległość. Pozostał jednak problem przekazywania go spod wody.

Pierwsze zdjęcia podwodne świat zawdzięcza **Ludwikowi Boutonowi** z Laboratorium Argo w Banyuls-sur-Mer w południowo-zachodniej Francji [33]. Te pierwsze podwodne fotografie zostały wykonane w 1893 roku na szklanych płytach o wymiarach 9x12 cm. W roku 1900 Bouton opracował kamerę do zdjęć podwodnych na głębokościach do 50 metrów, która była zamknięta w hermetycznej obudowie sprzężonej z dwoma lampami łukowymi zasilanymi z baterii [10]. Natomiast w 1901 roku Amerykanin **Louis E. Walkins** zaproponował nieco inne rozwiązanie kamery do zdjęć podwodnych (Rys. 5) [31]. Jego rozwiązanie umożliwiało przede wszystkim wykonanie aż 12 zdjęć przy jednokrotnym zanurzeniu urządzenia. W tym rozwiązaniu lampa była umieszczona centralnie, a na dwóch ramionach znajdowały się hermetyczne kule zawierające kamery fotograficzne z zapadkowo zmieniającymi się kliszami, po sześć na każdy. Aparat zanurzano za pomocą lin, a całe sterowanie i zasilanie urządzenia odbywało się z powierzchni za pomocą elastycznego przewodnika. Ciekawym rozwiązaniem była ochrona iluminatora lamp przed wpływem ciśnienia hydrostatycznego. Był to podwójny kulisty iluminator o pustej przestrzeni pomiędzy szybami, gdzie za pomocą specjalnego węża tłoczono sprężone powietrze z powierzchni. Natomiast nadworny fotograf księcia Monako, Amerykanin **Henry Hartmann** opracował w 1910 roku fotograficznego robota podwodnego składającego się z cylindra z żyroskopem i pędnika umożliwiającego zdalne obracanie urządzenia wokół osi [10]. Umieszczona w cylindrze kamera fotograficzna co pewien czas wykonywała automatycznie zdjęcie. Możliwości dopiero co powstałej fotografii podwodnej zostały wykorzystane owocnie przy usuwaniu skutków I Wojny Światowej. Na przykład w 1918 roku wycofujące się wojska niemieckie zaminowały i zatopiły kopalnie w okolicach Lens we Francji.

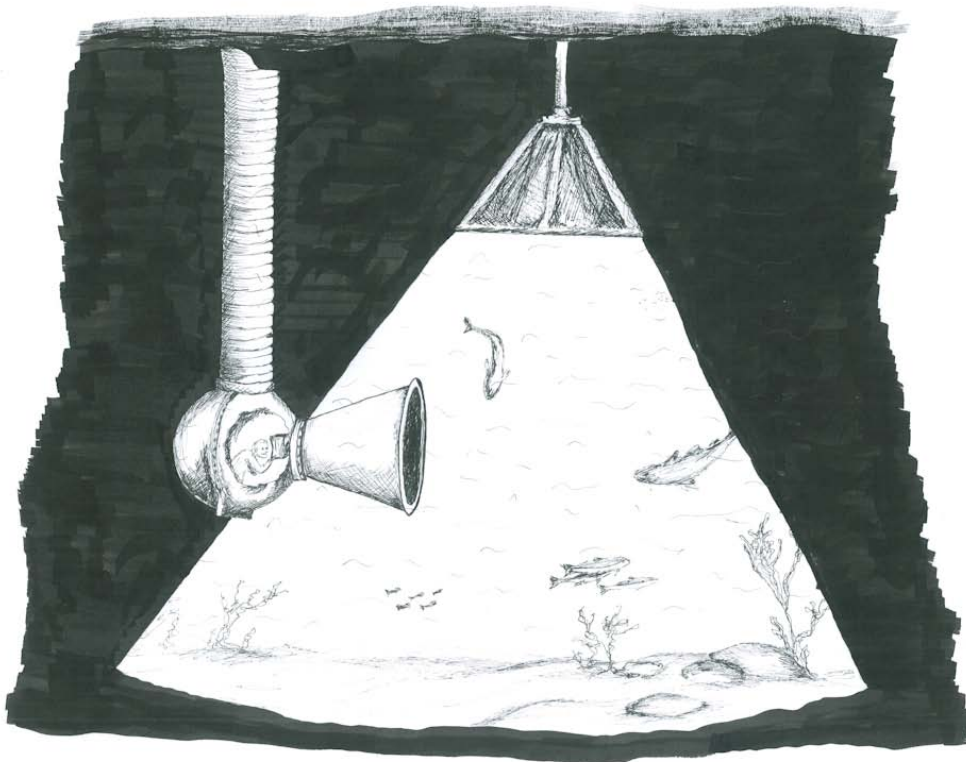


Rys. 5. Aparat fotograficzny L.E. Walkin'sa do zdjęć podwodnych z 1901 roku (rys. M. Kozak na podstawie [31]).

Za pomocą zdjęć podwodnych odnajdywano wykonane przez Niemców otwory w szybach i chodnikach kopalnianych, w ten sposób lokalizując miny. Aparatura fotograficzna, którą specjalnie dla tego celu skonstruowano w Anglii ważyła ponad 700 kg i składała się z trzech odlewów z brązu [16]. W górnym i dolnym odlewie znajdowały się po cztery kamery fotograficzne, a w odlewie środkowym umieszczone były cztery aparaty z obiektywami szerokokątnymi. Ten skomplikowany i mierzący prawie 130 centymetrów wysokości „aparat fotograficzny” był o tyle nowatorski, że umożliwiał wykonywanie zdjęć we wszystkich kierunkach jednocześnie. Jak więc widać, możliwość fotografowania pod wodą rozwijała się od 1893 roku i po 25 latach była już dziedziną mocno zaawansowaną. Tymczasem w pierwszej połowie XX wieku świat zauroczył się obrazem ruchomym.

Mniej więcej w roku 1913 redaktor działu artystycznego czasopisma „Times” **U.V. Bogarde** rozpoczął próby z kamerą filmową sprzężoną z dwoma reflektorami. Niestety ze względu na złe warunki widoczności w Kanale La Manche, mimo zachęcających efektów, zaniechał dalszych prób z opracowanym przez siebie urządzeniem [16]. Pracując w tym samym czasie, ale w zupełnie innych warunkach widoczności, bo u wybrzeży Florydy, Amerykanin **J.E. Williamson** wykonał kilkuminutowy film z życia pod wodą na głębokości 10 metrów [10]. Do wykonania filmu Williamson wykorzystał opracowaną przez jego ojca „dziurę w wodzie” (Rys. 6). Była to teleskopowo wysuwana z dna barki giętka rura o średnicy 1,2 metra, zakończona stalową kulą z oknami. Williamson filmował przez okna tej kuli oświetlając scenę rtęciowymi lampami, opuszczanymi z powierzchni na oddzielnych kablach. W lutym 1914 roku nakręcono w ten sposób film o poławiaczach gąbek z Wysp Bahama („*The Williamson Submarine Expedition*”), który okazał się niebywałym sukcesem kasowym.

Były to pierwsze podwodne obrazy ruchome na tyle udane, że powstały następne filmy (fabularne): „*The submarine eye*”, „*Girl of the sea*” oraz sfilmowana z wielkim rozmachem i efektami trickowymi ekranizacja powieści J. Verne „*20 000 tysięcy mil podmorskiej żeglugi*” [10]. I jak zazwyczaj w takiej sytuacji bywa, nową technologią zainteresowało się wojsko. Z tym, że admirałowie byli bardziej zainteresowani telewizyjnym przekazem obrazu z dna, a nie kinem. W ten sposób na zlecenie admiralicji brytyjskiej w okolicach roku 1930 wykonano pierwsze próby z przekazem telewizyjnym spod wody. Niestety czułość pierwszych kamer telewizyjnych była tak znikoma i wymagała tak dużego oświetlenia, że próby zakończyły się niepowodzeniem [16]. Wyniki były niezadowolające, więc admirałowie przestali finansować projekt, tym bardziej, że sytuacja polityczna w Europie skłaniała do zajęcia się innymi problemami. Na pierwszym planie znalazł się sonar i radar a telewizja podwodna mogła rozwinąć się dopiero po zakończeniu II Wojny Światowej.



Rys. 6. „Dziura w wodzie” wykorzystana przez J.E. Williamsona w 1913 roku do wykonania kilkuminutowego filmu podwodnego (rys. M. Kozak na podst. [10]).

W 1951 roku komandor porucznik J.N. Bathurst, dowódca okrętu ratowniczego HMS „*Reclaim*” w sprawozdaniu z poszukiwania zatopionego okrętu podwodnego „*Affray*” napisał: „*Używając telewizji mogłem siedzieć w fotelu w swojej kabinie, obserwować ekran odbiornika i jednocześnie wydawać całej załodze rozkazy dotyczące zmiany pozycji statku (...)*” [16]. Było to pierwsze praktyczne zastosowanie telewizji podwodnej. Urządzenie było efektem owocnej pracy naukowców admiralicji brytyjskiej i firmy Marconi. Kamera przekazywała obraz w standardzie 405 linii i była zamknięta w szczelnej obudowie wytrzymałej ciśnieniu równoważne głębokości 85 metrów. Wewnątrz obudowy znajdowały się jeszcze wentylator, termometr, sygnalizator zalania wodą i głębokościomierz. Oświetlenie zapewniała lampa o mocy 1,5 kW osadzona na podstawie kamery, co na głębokości 80 metrów dawało

widoczność około 5 metrów. Kamerę opuszczano do wody za pomocą okrętowego dźwigu, a jej położenie zmieniano regulując długość łańcuchów kotwicznych jednostki. Wykrycie okrętu „Affreay” za pomocą telewizji podwodnej przyczyniło się do wzrastającego zainteresowania i rozwoju tego wynalazku. W bardzo krótkim czasie pojawiły się modyfikacje i ulepszenia. W roku 1952 firmy Marconi i Pye Ltd. dysponowały już kamerą holowaną zdolną do pracy na głębokości 1500 metrów. Próby tego urządzenia zrealizowano w niezwykle sposób – rozegrano partię „kółek i krzyżyków”. Jako kółka posłużyły duże metalowe nakrętki, a krzyżyki odlano z metalu. Jeden z graczy znajdował się w Portsmouth, a drugim był oddalony od niego o 30 km nurek znajdujący się na głębokości 30 metrów. Z chwilą gdy pojawiła się pierwsza podwodna transmisja telewizyjna trzy podstawowe wątki pozwalające na zbudowanie pojazdu typu ROV biegły już na osi czasu. Teraz potrzebny był wynalazca, który dostrzeżł wynikające z tego możliwości.

3. PIERWSZE PROTOTYPY

Latem 1952 roku członkowie Submarine Alpin Club of Cannes prowadzili podwodne badania archeologiczne u wybrzeży Francji i Włoch. Pod koniec roku jeden z włoskich rybaków opowiedział im o znaleziskach w postaci amfor i innych obiektów wyciąganych za pomocą sieci z głębokości, które jednak nie były dostępne dla nurków. Odpowiedzią na ten problem była nowa konstrukcja **Dimitra Rebikoffa**, którą nazwał „Chain plongeur” lub „Poodle” jak podają inne źródła [15,17,18,34b]. Już pierwszego dnia pracy za jego pomocą Rebikoff zlokalizował dwa wraki z okresu fenickiego, jeden na głębokości 160 metrów, drugi na głębokości 210 metrów. W ten sposób zrodził się pierwszy znany ludzkości pojazd typu ROV. Jego niewątpliwą zaletą było to, że mógł penetrować głębinę i czas jego pobytu na głębokości roboczej nie miał wpływu na czas dekompresji, gdyż nie musiał przechodzić jej wcale. Rebikoff wyposażył go w trzy serwomechanizmy do kontroli położenia w trzech płaszczyznach, a sterowanie odbywało się z powierzchni za pomocą kabloliny. Pojazd był wyposażony w sonar czołowy, echosondę do pomiaru głębokości, sztuczny horyzont i żyrokompas oraz w kamerę telewizyjną patrzącą w toń poprzez iluminator szerokokątny. Dalszy rozwój techniki ROV przebiegał zgodnie z Prawem Niezamierzonych Skutków, tj. niemożliwością przewidzenia wszystkich potencjalnych zastosowań osiągnięć nauki i techniki.

Po zakończeniu II Wojny Światowej w USA pojawiła się potrzeba rozwoju technik głębokowodnych stosowanych przez US Navy. Marynarka wymagała prac nad nowymi technologiami i technikami wykorzystywanymi w wojnie minowej, a ich realizacja związana była ze zbieraniem danych na temat możliwości działania wielorakich systemów w warunkach rzeczywistych. Z tych powodów na początku września 1952 roku w forcie Lauderdale na Florydzie został utworzony ośrodek badawczy pod nazwą Naval Ordnance Laboratory Test Facility (NOLTF)³. Wybór miejsca nie był przypadkowy, gdyż pod uwagę wzięto lokalizację i warunki geograficzne. Dogodna infrastruktura: port, drogi i połączenia kolejowe pozwalały na transportowanie sprzętu, a łagodny klimat umożliwiał prowadzenie badań przez cały rok. Ponadto, bliskość środowiska otwartego oceanu z czystą i przejrzystą wodą, twardym piaszczystym dnem oraz głębokościami rzędu 550 metrów w promieniu 20 mil od brzegu oraz głębokościami rzędu 200 metrów w promieniu 3 mil z prądem dochodzącym do 5 węzłów, powodowały, że było to wprost wymarzone miejsce na zbudowanie ośrodka do rozwoju technik głębokowodnych. Prawdopodobnie to w tym

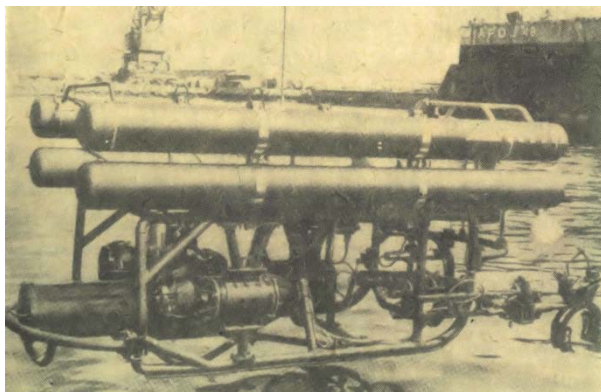
³ Obecnie NAVSEA – Naval Sea Systems Command Warfare Centers składające się z Naval Surface Warfare Center (NSWC) i Naval Undersea Warfare Center (NUWC) z licznymi oddziałami zamiejscowymi. Ośrodek badawczo-rozwojowy Marynarki Wojennej Stanów Zjednoczonych.

ośrodkiem zrodziła się myśl, aby opracować system do wydobywania zatopionych obiektów, położonych na głębokościach niedostępnych dla nurków. I zakodowano ten problem jako XN-3. W wyniku jego rozwiązywania powstały dwie konstrukcje. Mobil Underwater Vehicle System (MUVS) – zdalnie sterowany podwodny system telewizyjny zbudowany przez spółkę VARE Industries z New Jersey (późniejszy pojazd CURV-1) i Television Observed Nautical Grappling System (TONGS) zbudowany w NOLTF na Florydzie, początkowo nazywany po prostu MONSTER. Zatem w tym samym mniej więcej okresie, na przełomie lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych XX wieku w Stanach Zjednoczonych, funkcjonowały dwa różne rozwiązania urzędów do poszukiwania i wydobywania zatopionych obiektów, o tym samym kryptonimie XN-3. Co je różniło?

Pojazd **XN-3/CURV-1** (Rys. 7) był urządzeniem zdalnie sterowanym za pomocą kabla uwięzi, poruszającym się za pomocą trzech silników: dwóch poziomych i jednego pionowego [13]. Po wstępnym zlokalizowaniu zatopionego obiektu przez statek bazę, z której operował CURV-1, pojazd zanurzano w pobliżu tego miejsca. Za pomocą urządzeń hydroakustycznych operator pojazdu sterował nim płynąc w stronę obiektu do chwili, aż był on widoczny na ekranie telewizyjnym. Po pozytywnej identyfikacji obiektu pojazdem manewrowano w taki sposób, aby przyjął nad nim pozycję umożliwiającą złapanie obiektu w hydrauliczne kleszcze. Po ich zaciśnięciu pojazd był wydobywany na powierzchnię wraz z odnalezionym obiektem, o ile ten nie był za duży. Jeśli obiekt był za ciężki lub za duży, CURV-1 zwalniał pławę z liną przymocowaną do kleszczy i się wynurzał. Obiekt wyciągano osobno.

Z kolei pojazd **XN-3/„Monster”** (Rys. 8) czyli system TONGS, był urządzeniem wyposażonym w kamerę telewizyjną, pływak, dwa silniki ruchu poziomego zaadaptowane z prądnic od ciężarówki zbudowanej w okresie II Wojny Światowej oraz sonar, hydrofon, oświetlenie i kleszcze ze zwalnikami [3]. Podnoszenie zatopionych obiektów z dna za pomocą tego systemu również wymagało zastosowania statku wsparcia z żurawiem. W pierwszej kolejności statek musiał zakotwiczyć na kilku kotwicach nad prawdopodobnym miejscem zalegania obiektu. Tu zanurzano system TONGS za pomocą liny stalowej, do której były zamarkowane co 15 metrów kable przesyłające sygnały sterujące i zasilanie do części podwodnej systemu. TONGS był zanurzany, aż osiągnął odległość 9 metrów od dna, gdzie następowało przeszukanie jego powierzchni za pomocą sonaru oraz kamery telewizyjnej. Jeśli obiekt znajdował się w odległości większej niż 9 metrów od aktualnej pozycji systemu, jego przesunięcie w pobliże obiektu było realizowane za pomocą przeciągania cum kotwiczowiska, które rozstawił statek wsparcia. Kiedy cel był zlokalizowany i TONGS znajdował się dostatecznie blisko, operator uruchamiał jego silniki poziome ustawiając system odpowiednio nad obiektem, tak, aby za pomocą kleszczy ze zwalnikami chwycić cel. Po pomyślnym zaczepieniu kleszczy TONGS był odciągany z ich przestrzeni roboczej, a wydobywany obiekt od tego momentu był podwieszony do niezależnej liny stalowej. Wydobywano go osobno. W drugiej połowie 1960 roku po dołączeniu do zespołu pracującego nad pojazdem Hugh E. Bowena, system znacznie zmodyfikowano. Bowen doprowadził do wprowadzenia układu przemieszczającego kamerę telewizyjną w płaszczyźnie pionowej i poziomej, co zwiększyło zdolności obserwacyjne. Zmieniło to także obudowę, w której zastosowano płetwę ułatwiającą holowanie TONGS w silnym prądzie.

Jedynym wspólnym elementem obydwu opisanych powyżej konstrukcji były kleszcze, po za tym różniło je wszystko. CURV mógł zanurzyć się najpierw maksymalnie na głębokość 600 metrów potem - po przeróbkach - na 900 metrów. TONGS mógł zanurzyć się do głębokości 3000 metrów. Za jego pomocą można było wyciągnąć obiekt o ciężarze do 4500 kg. Dokładna wartość ładunku pojazdu CURV nie jest znana, można ją jedynie oszacować na podstawie używanych przez amerykańców w tym czasie torped.



Rys. 7. Cable-controlled underwater research vehicle (XN-3/CURV-1) 1961 rok [23].

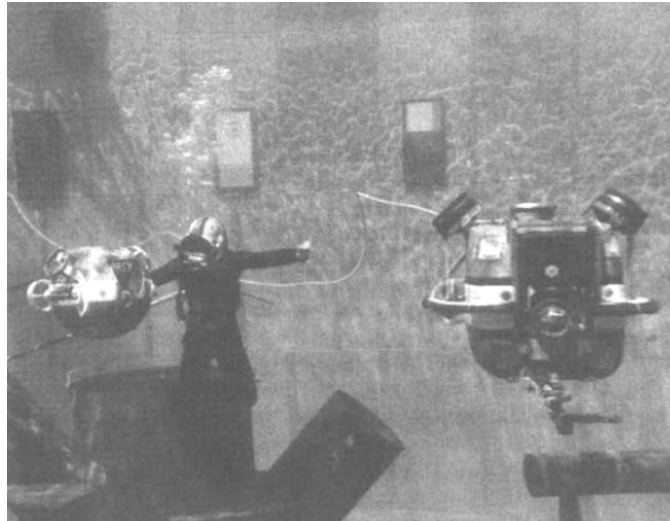


Rys. 8. Television observed nautical grapple system (XN-3/TONGS) 1960 rok [3].

Od 1957 roku używali oni torped typu Mark 37 (masa 650kg), Mark 45 Astor (masa około 1000 kg), Mark 39 (masa 578 kg), a od roku 1966 Mark 46 o masie około 235 kg i cały typoszereg torped starszych konstrukcji z rodziny Mark 10 do 14 o masie około 200 kg. Z powyższego wynika, że projektowany na początku lat sześćdziesiątych pojazd CURV przeznaczony do wydobywania głównie torped, najprawdopodobniej mógłby mieć ładunek użyteczny nie większy niż 1000 kg. Dopiero wprowadzona w 1970 roku torpeda Mark 16 miała masę 1800 kg. Wydaje się to jednak mało prawdopodobne. Raczej w tym wypadku, miała zastosowanie najczęściej technika oparta o pławę z liną i żuraw okrętowy. Tak więc TONGS był wstanie wyciągnąć ładunek o wiele cięższy i ze znacznie większej głębokości niż CURV. Nie był urządzeniem w pełni mobilnym, co prawda podobnie jak CURV pracował na kablu uwięzi, ale jego promień działania nie przekraczał 9 metrów. Ponadto system TONGS był ciężki i dzięki temu mógł z powodzeniem pracować przy silnym prądzie. Jego masywna konstrukcja bez problemu osiadała pionowo na dnie nawet przy prądzie wynoszącym 5 węzłów. Baxley i jego koledzy podają, że co prawda był to system bardzo prymitywny, ale w okresie od 1960 do 1969 roku okazał się bardzo przydatny jako jedno z podstawowych narzędzi do odzyskiwania zatopionych obiektów. Ale to pojazd XN-3/CURV-1 stał się protoplastą późniejszych konstrukcji pojazdów ROV, choć trzeba przyznać, że konstrukcja TONGS jest rozwijana po dziś dzień [3].

Przejęcie techniki ROV z etapu prototypów do etapu produkcji seryjnej, nastąpiło na skutek przekazania jej do instytucji komercyjnych. Miało to związek z panującym w USA do końca lat siedemdziesiątych XX wieku przekonaniem, że wydatki poniesione na prowadzenie prac badawczo-rozwojowych na rzecz wojska są jednym z głównych czynników stymulujących rozwój ekonomiczny państwa [12]. Obok powyższego przekonania funkcjonowała również koncepcja znana pod akronimem COTS (z j. ang.: commercial off the shelf – prosto z półki) tj. pomysł wykorzystania w zastosowaniach wojskowych niewiele zmodyfikowanych lub w ogóle nie modyfikowanych produktów cywilnych. Dla wojska było po prostu taniej wykorzystać niewiele zmodyfikowane konstrukcje niż opracowywać je od podstaw. Wyroby cywilne jak i wojskowe najczęściej biorą swój początek w badaniach podstawowych i stosowanych. Nie zależnie od źródła ich finansowania, w ich wyniku powstają różnorodne rozwiązania, które mogą mieć zastosowania zarówno wojskowe jak i cywilne. Technologie, które pierwotnie zostały opracowane dla wojska, znajdują też z powodzeniem zastosowanie w cywilu i odwrotnie. Zjawisko to nie dotyczy jednak wszystkich technologii wojskowych, a jedynie tych, które mogą mieć bezpośrednie

znaczenie użytkowe dla środowiska cywilnego. Dzieje się tak, ponieważ wojsko w niektórych przypadkach zupełnie w innym miejscu sytuuje środek ciężkości wymagań stawianych nowej technologii. Tak też było w przypadku pojazdów ROV. Na przykład kierowane przez amerykańską marynarkę wojenną fundusze do firmy Hydro Products w San Diego zaowocowały jakościowym skokiem w technologii ROV, który objawił się w połowie lat siedemdziesiątych konstrukcją pojazdów oferowanych pod wspólną nazwą „RCV” na które ze względu na ich kształt mówiono „latająca kula” (Rys. 9).



Rys. 9. „Latające kule” – rodzina pojazdów RCV oferowanych przez firmę Hydro Products od 1975 roku [8].

Z chwilą, gdy pojazdy „RCV” pojawiły się na rynku, idea pojazdu głębinowego, który poruszałby się w toni wodnej nie tylko w płaszczyźnie pionowej, miała już 510 lat. Pomysł zrodził się w 1460 roku, choć nigdy niezrealizowany, dzięki ogromnemu zainteresowaniu machinami oblężniczymi zaistniał i w wersji drukowanej z 1472 roku przetrwał do dziś. Dopiero ponad 400 lat później pojawił się kolejny wynalazek, opatentowany w 1898 roku przez Teslę - zdalnie sterowany obiekt oceanotechniczny. Musiało minąć kolejne 50 lat, aby ukształtowała się telewizja podwodna. Od tego momentu rozwój zdalnie sterowanych pojazdów głębinowych nabiera tempa, skończył się okres powstawania wynalazków umożliwiających zbudowanie pojazdu ROV. W ciągu kilkudziesięciu lat od mniej lub bardziej udanych prototypów przekształcają się w produkt komercyjny. Od tej chwili wpływ na ich rozwój ma nie tylko zapotrzebowanie i aktualny stan wiedzy, ale również i zawirowania gospodarcze. Rok 1970 otwiera zupełnie nowy okres w rozwoju pojazdów ROV.

PIŚMIENNICTWO

1. Ballard R., McConnell M.: „Tajemnice podwodnego świata” Wyd. G+J RBA Sp z o.o. Warszawa 2001 rok, ISBN 83-88132-86-5,
2. Ballard R.: „Poszukiwania” Wyd. Be Ilona Warszawa 2000 rok, ISBN 83-11-09047-5,
3. Baxley W.E., Chapman F.D., Venezia W.A.: „TONGS – an evolution a heavy – lift search and recovery remotely operated vehicle” Underwater Magazin July/August 2004 rok,
4. Beebe W.: „923 metry w głąb oceanu” Wyd. Trzaska Evert i Michalski S.A. Warszawa 1935 rok,

5. Bell Ch., Bayliss, Warburton R.: „Handbook for ROV pilot/technicians” Wyd. Oilfield Publications Limited Ledbury 2005 rok ISBN 1-870945-85-9,
6. Broadwater J.D.: „Timelines of underwater archaeology” w: Praca Zbiorowa pt.: „International handbook of underwater archaeology” Wyd. Kluwer Academic/Plenum Publishers, USA 2002 rok, ISBN 0-306-46345-8, str. 17 – 24,
7. Brudecki F.: „Życie maszyn” Biblioteka Iskier T. 46 Wyd. Książnica Atlas, Warszawa 1934 rok,
8. Christ R.D., Wernli Sr. R.L.: “The ROV manual a user guide for observation class remotely operated vehicles” Wyd. Elsevier 2007 rok ISBN 978-0-7506-8148-3, str. 308,
9. Graczyk T.: „Zagadnienia projektowania na przykładzie bezzałogowych pojazdów podwodnych” Politechnika Poznańska Rozprawy Nr 421, Poznań 2008 rok, ISSN 0551-6528,
10. Gussmann J.: „Człowiek zdobywa głębinę” Wyd. Morskie Gdańsk 1984 rok, ISBN 83 – 215 – 4047 – 3,
11. Górski J.: „Podbój głębin oceanów” Wyd. Naukowo – Techniczne Warszawa 1964 rok,
12. Harmoza R.: „Wybrane problemy zarządzania techniką wojskową” „Studia i Materiały” Nr 2 2006 rok Wydział Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego, str. 43 – 51,
13. Hunley W.H.: „Systemy głębinowych prac podwodnych” w: praca zbiorowa pod red. J.F. Brahtza „Oceanotechnika” Wyd. Morskie Gdańsk 1974 rok str. 601 – 667,
14. Komorowski A.: „Broń torpedowa” Wyd. Bellona Warszawa 1995 rok, ISBN 83 – 11 – 08375 – 4,
15. Komorowski A.: „Rozwój techniki nurkowej” Wyd. A. Marszałek Toruń 2005 rok ISBN 83-7441-105-8,
16. Larsen E.: „Głębinowe cuda” Wyd. Wiedza Powszechna Warszawa 1963 rok,
17. Marx Robert F.: „The history of underwater exploration” General Publishing Company Ltd. USA 1990 rok, ISBN 0-486-26487-4,
18. Odewald L., Thomsen H., Kuisys K.: „Historia nurkowania” Wyd. Alma – Press Warszawa 2003 rok, ISBN 83 – 7020 – 312 – 4,
19. Orłowski B.: „Historia techniki polskiej” Wyd. Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB, Radom 2008, ISBN 978 – 83 – 7204 – 704 – 5,
20. Pertek J.: „Polscy pionierzy podwodnej żeglugi” Wyd. Morskie Gdynia 1964 rok,
21. Praca zbiorowa: „Prace podwodne” Wyd. Morskie Gdańsk 1971 rok,
22. Praca Zbiorowa: „Słownik Języka Polskiego” Wyd. PWN Warszawa 1995 rok, ISBN 83-01-11835-0,
23. Praca zbiorowa: pod red. Johna F. Brahtza „Oceanotechnika” Wyd. Morskie Gdańsk 1974 rok,
24. Praca zbiorowa pod red. Joiner J.T.: „Commercial Diver Training Manual” 5th Edition, Wyd. Best Publishing Company USA 2007 rok, ISBN 978-1-930536-44-9,
25. Praca zbiorowa pod red. Carol V. Ruppè i Janet F. Barstad pt.: “International handbook of underwater archaeology” Wyd. Kluwer Academic USA 2002 rok, ISBN 0-306-46345-8,
26. Rowiński L.: „Człowiek w systemach głębinowych” VI Konferencja Morska „Aspekty bezpieczeństwa nawodnego, podwodnego i lotów nad morzem” DMW Gdynia 2003 rok, str. 52 – 61,
27. Rowiński L.: „Technika głębinowa – pojazdy głębinowe, budowa i wyposażenie” Wyd. Przedsiębiorstwo Prywatne WiB Gdańsk 2008 rok, ISBN 978-83-928007-0-5,
28. Smolis St.: „Podwodna broń dywersyjna” Wyd. MON Warszawa 1974 rok,

29. Tesla N.: "Method of and apparatus for controlling mechanism of moving vessels or vehicles" USA Patent Office 1898 rok, Patent No 613 809,
30. Wiliński A., Wróbel R.: „Miniaturowe zdalnie sterowane pojazdy głębinowe” Instytut Okrętowy Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 1990 rok, publikacja z cyklu „Technologia Prac Podwodnych” pod red. L. Bednarskiego,
31. Walkins L.E.: „Apparatus for submarine photography” USA Patent Office 1901 rok, Patent Nr 685 463,
32. Valturio R.: „De re militari” 1472 rok,
33. Zubrzycki W.: „Fotografia podwodna” Wyd. Filmowa Agencja Wydawnicza Warszawa 1959 rok,
34. Źródła internetowe:
 - a) Praca zbiorowa: „A brief history of ROVs” Remotely Operated Vehicle Committee, <http://www.rov.org/educational/pages/history> - 01.2009 rok,
 - b) Praca zbiorowa: “Dimitri Rebikoff: 40 years in development of underwater technology” Fundacja Rebikoff-Niggeler, <http://www.rebikoff.org> – 04.2008 rok
 - c) Praca Zbiorowa: „Historia radia, kina i telewizji” Katedra Systemów Multimedialnych Politechniki Gdańskiej <http://sound.eti.pg.gda.pl> – 04.2009,

Autor:

kmdr por. dr inż. Adam Olejnik

Jest adiunktem w Zakładzie Technologii Prac Podwodnych Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni. Zajmuje się diagnostyką techniczną obiektów podwodnych metodami wizyjnymi, poszukiwaniem i identyfikacją obiektów podwodnych za pomocą pojazdów zdalnie sterowanych oraz eksploatacją systemów hiperbarycznych i pojazdów podwodnych.



XI Konferencja Naukowa

Polskiego Towarzystwa Medycyny i Techniki Hiperbarycznej
w dniach

12 – 13 grudnia 2009 roku

w hotelu „Pod Kłobukiem”

Lidzbark Warmiński

Informacje i zgłoszenia

<http://www.ptmith.net.pl>

+58 626 65 23 +58 626 24 05

lub

602 657 959

lub e-mail na adres:

zmmmit@mw.mil.pl; nurdok@tlen.pl; aolej@wp.pl

lub pocztą na adres:

Polskie Towarzystwo Medycyny i Techniki Hiperbarycznej

ul. Grudzińskiego 4, 81 – 103 Gdynia, skr. pocz. 18