

kmdr ppor. mgr inż. Joanna Sowa

Starszy Oficer Flagowy, Dywizjon Okrętów Wsparcia 3 Flotylla Okrętów w Gdyni
Starszy Nurek Ratownictwa

NURKOWANIE Z WYKORZYSTANIEM SYSTEMU DZWONU TYPU MOKREGO W MARYNARCE WOJENNEJ RZECZPOSPOLITEJ POLSKIEJ

DIVING WITH THE USE OF THE WET TYPE BELL SYSTEM IN THE POLISH NAVY

Wstęp

Nurkowanie z każdym rokiem zyskuje na popularności. Nieustanny rozwój dyscypliny pozwala rosnącej rzeszy entuzjastów na zakup sprzętu oraz wybór atrakcyjnej oferty szkolenia. Co do zasady nurkowanie zostało podzielone na trzy główne nurty: rekreacyjny, zawodowy (komercyjny) i do celów militarnych. Pierwsze dwa nurty funkcjonują w obszarze cywilnym. Postęp w dziedzinie nurkowania rekreacyjnego utożsamiany jest z grupą nurków technicznych, którzy nieustannie udoskonalają swój sprzęt indywidualny, wprowadzają nowe rozwiązania techniczne dążąc do przesunięcia granicy osiągniętej głębokości i odkrycia nowych miejsc dotychczas niedostępnych dla amatorów podwodnej eksploracji. Nurkowania rekreacyjne realizowane są głównie w różnych konfiguracjach sprzętu niezależnego oraz, ze względu na brak jasnych zapisów prawa, z marginalną dbałością o poziom bezpieczeństwa. Inaczej sytuacja

przedstawia się w nurkowaniu zawodowym, gdzie wykonywane na zlecenie prace podwodne, obwarowane są szeregiem przepisów. Prowadzone w sprzęcie przewodowym wymagają rozbudowanego zaplecza logistycznego, które pozwala na działanie w sposób skuteczny oraz bezpieczny. Kluczowym kryterium podwodnej działalności komercyjnej jest jej opłacalność, dlatego głównymi jej beneficjentami są koncerny naftowe, tudzież armatorzy statków czy zarządcy infrastruktury portowej.

Koncentrując się na ostatnim z wymienionych nurtów w Siłach Zbrojnych wyodrębnione zostały cztery specjalności, do których zaliczamy nurków: inżynierii, minerów, bojowych oraz ratownictwa. Pierwsza specjalność jest domeną wojsk lądowych wykorzystywaną do działań takich, jak zabezpieczanie przepraw czy prace w akwenach charakteryzujących się niewielkimi głębokościami. Minerzy wykonują swoje zadania w specjalnych amagnetycznych aparatach wydobywając i neutralizując niebezpieczne obiekty, materiały wybuchowe zalegające na dnie akwenów morskich. Jednostki specjalne wykorzystują swoją kadrę do działań bojowych operując w sposób skryty, sprawnie przemieszczają się w toni wodnej w miejsce wykonywania zadania, a następnie niezauważenie starają się przedostać w rejon bezpieczny. Nurkowie ratownictwa szkoleni są natomiast do wykonywania prac podwodnych na dużych głębokościach. W takich bowiem warunkach udziela się pomocy załogom zatopionych okrętów podwodnych.

Nurkowanie w celach ratowniczych

Działania ostatniej z wymienionych grup cechuje ciężki sprzęt przewodowy wyposażony w hełm nurkowy. W tym przypadku wyposażenie hełmu zapewnia łączności, a kamera na nim zamocowana pozwala ekipie specjalistów znajdujących się na powierzchni śledzić prace podwodne. Wiązka nurkowa daje nieograniczony zapas czynnika oddechowego, a tzw. bailout, czyli butla ucieczkowa umieszczona na plecach nurka, stanowi „żelazną” rezerwę gazu oddechowego, z której nurek ma szansę skorzystać w przypadku utraty zasilania głównego. Nie sposób nie zauważyć,

że wszystkie powyższe elementy wyposażenia sumują się w pokaźny ciężar, który człowiek idący do pracy musi zabrać ze sobą pod wodę.

Działania ratownicze w Polsce są realizowane w szerokim zakresie głębokości operacyjnych do 120 metrów. Nurkowanie na większych głębokościach skutkuje długotrwałym powrotem nurka do warunków ciśnienia atmosferycznego, ponadto dłuższy czas zanurzania skraca efektywny czas pracy na głębokości. Takie zależności wymuszają skrupulatnie przygotowanego planu działania, gdyż kolejne minuty pobytu na dnie przekładają się na wielogodzinny powrót nurka do ciśnienia atmosferycznego [3,6,7,8].

Poniżej przedstawiony został wykres (Rys. 1), gdzie na osi pionowej zaznaczono głębokość, a na osi poziomej czas nurkowania. Dla lepszego zobrazowania czasu pobytu nurka na maksymalnej głębokości dla wszystkich trzech przykładów są jednakowe i wynoszą 25 minut. Zgodnie z krajowymi przepisami czas pobytu nurka pod maksymalnym ciśnieniem ($t_{\max}$) jest liczony jako suma czasu zanurzenia (t_z) i czasu pobytu na dnie (t_b), wówczas czas nurkowania (t_n) to suma czasu $t_{\max}$ i czasu dekompresji (t_d).

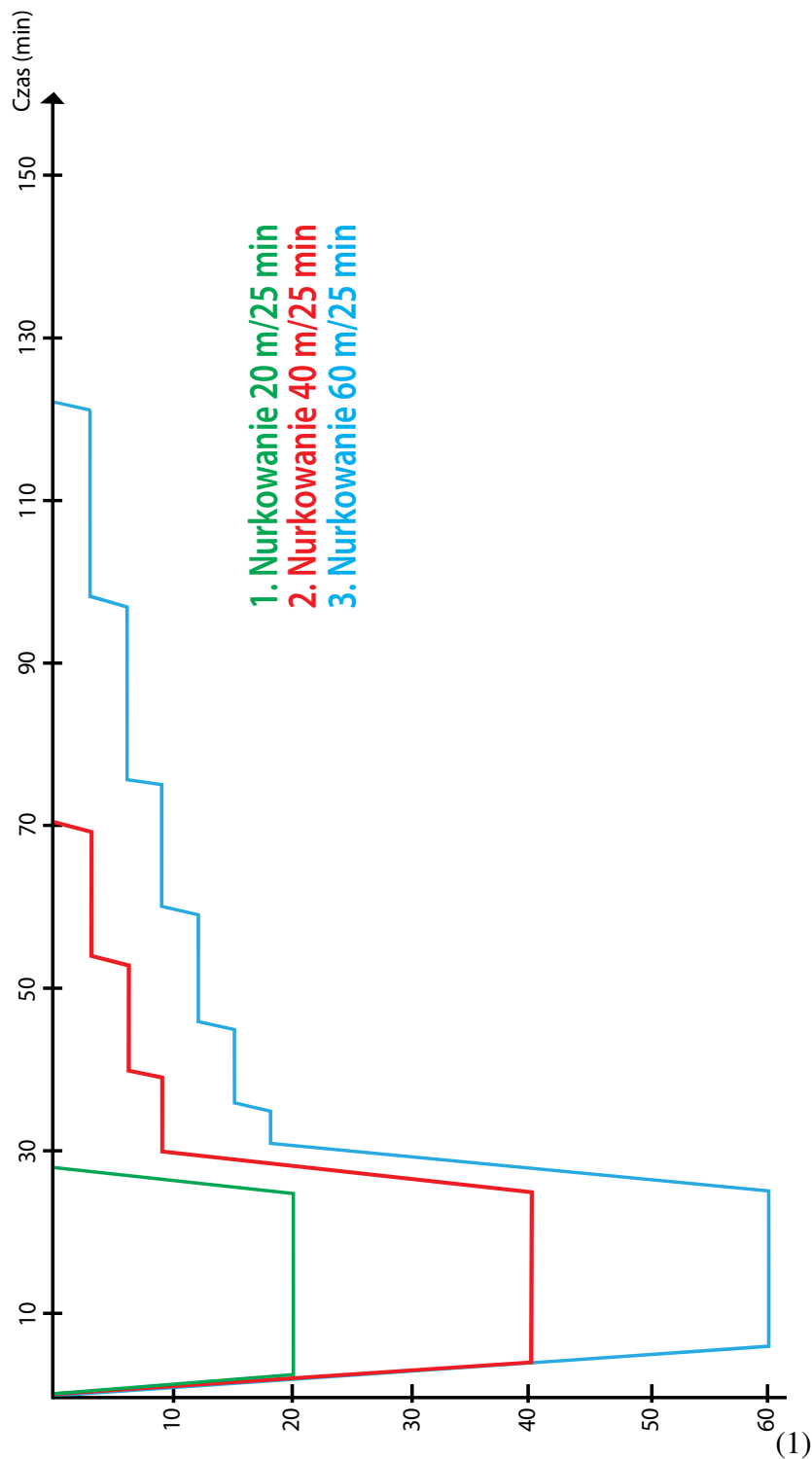
Jak wynika z Rys. 1 przy tym samym czasie $t_{\max}=25$ min, ze względu na wzrost głębokości wzrasta czas dekompresji, co skutkuje wydłużeniem czasu nurkowania od 29 min, dla głębokości 20 m, do 121 minut dla głębokości 60 m. Wzrost głębokości automatycznie przekłada się na wydłużenie procesu dekompresji od 5 minut dla głębokości 20 metrów do 96 minut dla głębokości 60 metrów (Rys. 2).

Zjawiska, które przedstawiono na Rys. 1 i Rys. 2 mają znaczący wpływ na przebieg i zabezpieczenie procesu realizacji prac podwodnych. Przykładowo przy zastosowaniu tej samej technologii nurkowania (np. nurkowanie z wykorzystaniem tylko powietrza do oddychania), powodują gwałtowny spadek efektywności prac podwodnych.

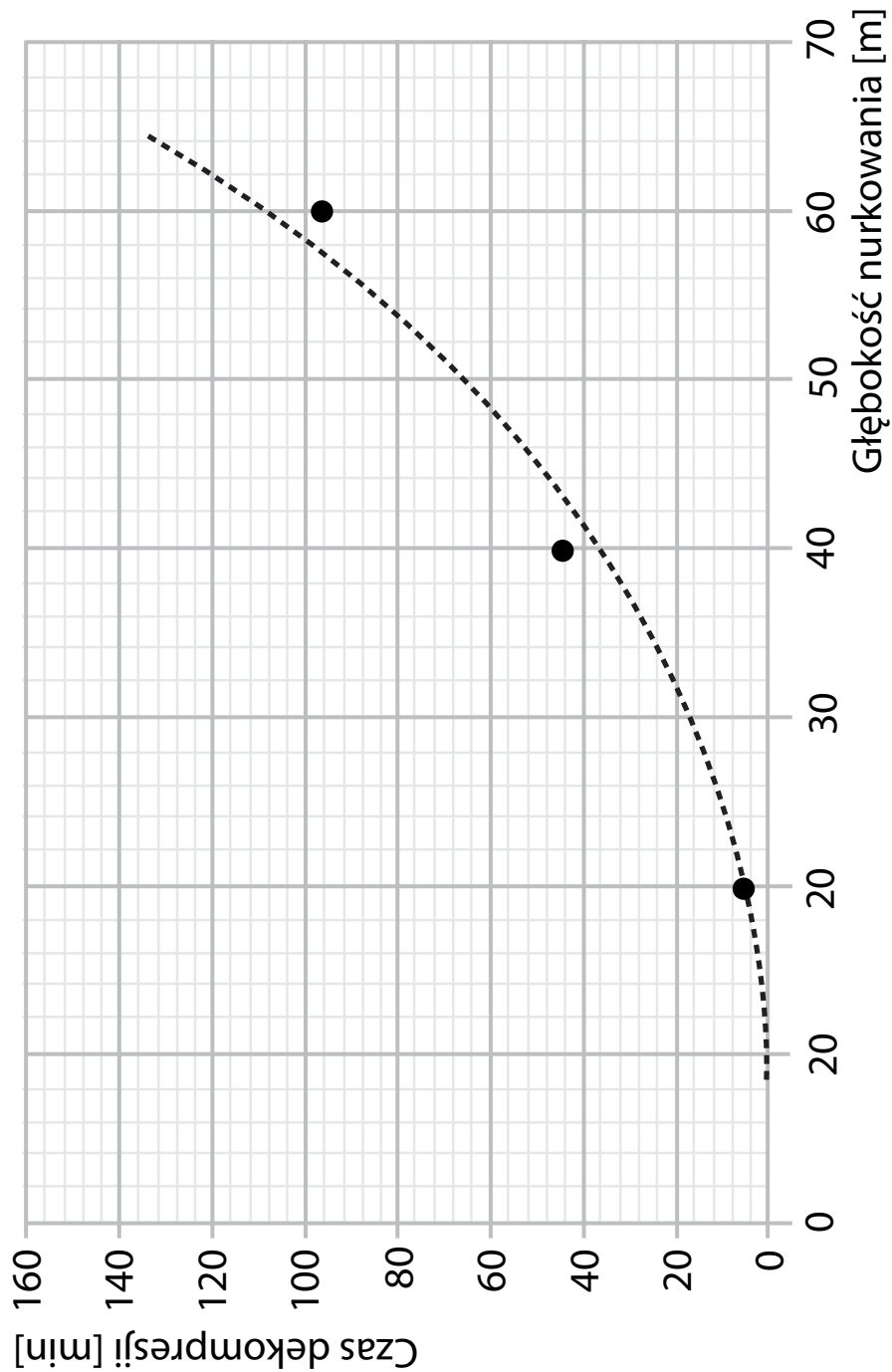
Efektywność nurkowania jest wielkością teoretyczną pozwalającą na porównanie skuteczności różnych technologii prac podwodnych. Definiowana jest jako stosunek czasu pobytu na dnie (t_b) do czasu nurkowania (t_n) i wyrażana jest w procentach:

$$e_{\%} = \frac{t_b}{t_n} \cdot 100\%$$

Rys. 1 Profil dekompresji dla różnych głębokości nurkowania przy jednakowym czasie pobytu na głębokości



Rys. 2 Zmiana czasu dekompresji przy tym samym czasie pobytu pod maksymalnym ciśnieniem (25 minut) dla różnych głębokości od 20 do 60 metrów





Rys. 3 Dzwonu typu mokrego na burcie okrętu

[fot. autor]



Rys. 4. Dzwon nurkowy typu mokrego: A – konfiguracja do pracy z uzbrojonego nabrzeża; B – wnętrze kontenera kierowania pracami podwodnymi wraz z wyposażeniem

[fot. autor]

Tak opisana wielkość umożliwia określenie ile procent czasu nurkowania, nurek spędził efektywnie wykonując zadanie na podwodnym miejscu pracy, ponieważ w równaniu (1) nie uwzględnia się czasu zanurzenia i czasu dekompresji jako czasu wykonywania pracy. Dla analizowanych przypadków (Rys. 1) obliczona za pomocą zależności (1) efektywność nurkowania spada znacząco, i wynosi odpowiednio $e_{\%20m}=76,67\%$ dla głębokości 20 metrów oraz dla $e_{\%60m}=15,70\%$ głębokości 60 metrów. Co potwierdza tezę o wpływie omawianych zjawisk na przebieg i efektywność prac podwodnych w zależności od głębokości ich realizacji.

Na przestrzeni rozwoju technologii prac podwodnych skonstruowano urządzenia, które pozwalają na szybkie i precyzyjne umieszczenie nurka w miejscu wykonywania zadania. Jednym z takich urządzeń jest dzwon nurkowy. Dzwon nurkowy znacząco ułatwia pracę nurków oraz pod wieloma względami czyni ją bezpieczniejszą. Urządzenie pozwala dostać się w miejsce prowadzenia pracy szybko i bez zbędnego wysiłku. Po zakończeniu pracy nurek wraca do dzwonu, który transportuje go na powierzchnię, a nad zachowaniem reżimów dekompresyjnych czuwa wyszkolony personel na powierzchni.

Dzwony nurkowe w marynarce wojennej RP

Obecnie na wyposażeniu Marynarki Wojennej znajdują się dwa typy dzwonów nurkowych: otwarty i mokry. Pierwszy z wymienionych stanowi integralną część systemu do wykonywania prac podwodnych na dużych okrętach ratowniczych, czyli ORP „LECH” i ORP „PIAST”. Jego konstrukcja pozwala nie tylko na transport na powierzchnię, ale również transfer pod ciśnieniem bezpośrednio do komory dekompresyjnej, gdzie nurek po wejściu do środka dzwonu zostaje odizolowany od wpływu niekorzystnych warunków środowiskowych. Ażurowa budowa drugiego typu dzwonu nie daje możliwości separacji nurka od otoczenia, który dekompresję odbywa w wodzie (Rys. 3). Dzwon mokry może zostać posadowiony na różnych jednostkach zapewniających wystarczającą przestrzeń wolnego



Rys. 5 Wiązka bellmana na zewnątrz korpusu dzwonu typu mokrego

[fot. autor]

pokładu. Ponadto, istnieje możliwość montażu urządzenia na odpowiednio zabezpieczonym brzegu, który wytrzyma obciążenie blisko 20 ton oraz pozwoli na swobodne zanurzenie i wynurzenie dzwonu z toni wodnej (Rys. 4 A). Kontener kierowania pracami podwodnymi (Rys. 4 B), który wchodzi w skład zestawu dzwonu typu mokrego, daje możliwość autonomicznej pracy bez konieczności dedykowania systemu do konkretnego nosiciela. W ścianie kontenera zainstalowano panel do podłączenia zewnętrznego źródła czynnika oddechowego i kabla zasilającego w energię elektryczną dając mu pełną niezależność od instalacji okrętowej. Kolejnym integralnym elementem zestawu jest zamontowane na ramie nośnej o wymiarach kontenera 20-stopowego urządzenie dźwigowe LARS (ang. Launch and Recovery System), które umożliwia wychyłanie i składanie dzwonu na burtę oraz transport pionowy nurka do miejsca wykonywania pracy. Kierując się zasadą dublowania kluczowych elementów wyposażenia przewidziano możliwość awaryjnego podniesienia dzwonu za pomocą



Rys. 6 Bateria butli awaryjnych na płaszczu dzwonu

[fot. autor]

wciągarki balastu, a w sytuacji zaniku zasilania w energię elektryczną kontenera kierowania pracami podwodnymi UPS potrzyma prace aparatury sterującej do czasu przywrócenia linii zasilania zasadniczego [4, 5]. Opisany zestaw komponentów pozwala na pewną dywersyfikację pracy urządzenia zarówno podczas realizacji zadań na morzu, jak i zabezpieczenia spektrum działań wykonywanych w basenach portowych.

Dzwon typu mokrego zanurzany jest za pomocą jednej liny nośnej przewleczonej przez rolkę i zalanej w stalowym korpusie, na kolejnej linie porusza się kotwica minimalizująca efekt kołysania się dzwonu. Kotwica została zaprojektowana i wykonana w taki sposób, że oprócz pierwotnego przeznaczenia może pełnić funkcję skrzyni na narzędzia transportowane w miejsce pracy. Dodatkowo, wraz z liną nośną do dzwonu nurkowego dochodzi wiązka kablowo-wężowa nazywana pępowina. To właśnie w tym elemencie konstrukcyjnym skumulowano węże gazowe, kable łączności, wizji oraz oświetlenia, które następnie

rozchodzą się na poszczególne odbiory na płaszczu i wewnątrz dzwonu, jak i do nurków. Kluczowym aspektem poprawnie skonstruowanej wiązki kablowo-wężowej jest zdublowanie zasilania czynnikiem oddechowym w ten sposób by w przypadku utraty szczelności jednego przewodu nurkowie mogli przejść na zasilanie z drugiego i bezpiecznie wrócić na powierzchnię. Sercem każdej pępowiny jest rdzeń, czyli lina stalowa, której właściwe umiejscowienie oraz napięcie przenosi obciążenia przez co nie pozwala na naruszenie delikatnej struktury węży gazowych oraz pozostałych wiązek.

Konstrukcja dzwonu daje możliwość jednoczesnego zejścia pod wodę trzem osobom pozostawiając kwestię doboru liczebności ekipy w gestii prowadzącego nurkowanie. Opcja w postaci trzeciego nurka tzw. bellmana, którego zadaniem jest czuwanie nad bezpieczeństwem partnerów, klarowanie ich wiązek oraz obsługa armatury dzwonu, odciąża nurków roboczych i pozwala im skoncentrować się na zadaniu, co zwiększa efektywność ich pracy. Takie rozwiązanie stosuje się w szczególności, gdy przewidywany jest znaczący wysiłek nurków lub gdy istnieje konieczność dodatkowej asekuracji albo w innej sytuacji, kiedy obecność kolejnego nurka zoptymalizuje pracę lub podniesie jej bezpieczeństwo. Zaznaczyć należy, że wiązki zasilające nurków roboczych mają długość 40 metrów, natomiast 5 metrów dłuższa wiązka bellmana daje możliwość dotarcia do uszkodzonego partnera nawet przy całkowicie rozwiniętej wiązce roboczej (Rys. 5).

Na płaszczu dzwonu zamontowano dwie baterie butli awaryjnych po 100 dm³ (Rys. 6). Powietrze skompresowane w tych butlach do ciśnienia roboczego 200 bar zapewnia awaryjny zapas gazu oddechowego dla nurków w ilości 40 Nm³. W przypadku, gdy zaistnieje sytuacja awaryjna w postaci zaniku czynnika oddechowego, zapas zgromadzony na dzwonie wydłuża dwóm nurkom pozostającym na maksymalnej głębokości czas na przywrócenie zasilania głównego lub wynurzenie w czasie do 10 minut.

Wnętrze dzwonu oświetla lampa ułatwiając bellmanowi sprawną obsługę wszelkich zaworów, kontrolę manometrów, klarowanie wiązek, czy otwarcie linii zasilania awaryjnego. Lampy zamontowane na zewnątrz pomagają nurkom roboczym w powrocie do dzwonu w warunkach zupełnej ciemności oraz znacznego zamulenia, a przy

zadaniach wykonywanych w pobliżu dzwonu oświetlają miejsce pracy.

Jak wspomniano wcześniej, dzwon nurkowy typu mokrego może zostać zanurzony na głębokość do 80 metrów z pełną obsadą nurków liczącą trzy osoby. Zgodnie z obowiązującym w Siłach Zbrojnych RP Rozporządzeniem Ministra Obrony Narodowej w sprawie warunków bezpieczeństwa wykonywania prac podwodnych w jednostkach organizacyjnych podległych lub nadzorowanych przez Ministra Obrony Narodowej (Dz.U. 2021 poz. 1377) [1] ciśnienie cząstkowe tlenu w mieszaninie oddechowej nie może przekroczyć 160 kPa. W przypadku technologii nurkowania powietrznego stosowanej w Marynarce Wojennej RP granica głębokości ustanowiona została na 66 metrach. Stosowanie powietrza na dużych głębokościach znacząco obniża koszt pozyskiwania gazów oddechowych, także wykorzystanie tylko jednego czynnika oddechowego w trakcie całego nurkowania czyni procedurę prostszą, jednak dla osób niewytrenowanych lub wrażliwych na działanie tlenu z dużym prawdopodobieństwem może wywołać objawy mózgowej toksyczności tlenowej (efekt Paula Berta). Zastosowanie innego hipoksycznego czynnika oddechowego pozwoliłoby na osiągnięcie optimum głębokości zbliżonego do granicznych możliwości urządzenia. Niesie to za sobą pewne zagrożenia, które nie sposób pominąć szacując ryzyko realizacji prac podwodnych. W Marynarce Wojennej RP nurkowania głębokowodne prowadzone są w oparciu o Instrukcję nurkowania i wykonywania prac podwodnych z wykorzystaniem trymiks [2], która nie przewiduje alternatywy w postaci dekompresji powierzchniowej. Głównym nosicielem systemu dzwonu mokrego są kutry ratownicze, których dzielność morską pozwala na prowadzenie nurkowania do stanu morza 2. W sytuacji nagłego pogorszenia warunków hydro-meteorologicznych, kiedy nurek zmuszony jest do odbycia całości dekompresji w wodzie, powstaje realne zagrożenie bezpieczeństwa zdrowia i życia osób przebywających pod wodą. Dodatkowo, długi czas dekompresji w warunkach Morza Bałtyckiego, gdzie temperatura wody na głębokościach poniżej 50 metrów oscyluje w okolicy 4 °C, bez możliwości zastosowania dekompresji powierzchniowej może doprowadzić do hipotermii, zaburzenia procesu dekompresji i w następstwie poważnych konsekwencji dla zdrowia nurka. Przy obecnych uwarun-

kowaniach legislacyjnych regulujących wykonywanie prac podwodnych w celach militarnych głębokości wymuszające zastosowanie innej mieszaniny oddechowej niż powietrze niosą za sobą zbyt duże ryzyko by korzystać z dzwonu nurkowego typu mokrego.

System dzwonu mokrego ma swoje wrażliwe strony, jak brak możliwości aktywnego ogrzewania skafandrów nurkowych czy brak urządzeń do pomiaru składu atmosfery w przestrzeni powietrznej tzw. „poduszcze”, która wytwarzana jest w kopule dzwonu w trakcie nurkowania. Chociaż pępowina oraz dzwon uzbrojone zostały w kompletną instalację ogrzewania ciepłą wodą, to bilans energetyczny kutrów ratowniczych jest zbyt niski by zabezpieczyć pracę pompy wodnej. Alternatywnie rozpatrywano użycie pompy spalinowej lecz koszt jej zakupu, niewielka powierzchnia wolnej burty okrętu oraz efekt uboczny w postaci produkcji szkodliwych gazów wstrzymały realizację tej koncepcji. Korzystając z skafandrów nurkowych bez systemu ogrzewania ciepłą wodą prawdopodobieństwo wystąpienia hipotermii u nurków wzrasta.

Wewnątrz czaszy dzwonu doprowadzony został zintegrowany system oddechowy BIBS (ang. Build In Breathing System), który w teorii pozwala na przeprowadzenie dekompresji tlenowej w wodzie. Korzystanie z BIBS wymaga zdjęcia hełmów nurkowych, a następnie założenia masek tlenowych na przystanku dekompresyjnym, kiedy nurek nadal przebywa w środowisku wodnym wewnątrz dzwonu. Dodatkowo, instalacja urządzeń mierzących skład atmosfery oddechowej w miejscu, gdzie istnieje ryzyko całkowitego zalania słoną wodą, nie skłania do jej montażu. Niesprzyjające warunki hydro-meteorologiczne Morza Bałtyckiego oraz brak aparatury pomiarowej w „poduszcze powietrznej” dzwonu spowodowały, że podjęto decyzję o rezygnacji z tej metody dekompresji.

Obsługa urządzenia wyciągowego dzwonu odbywa się z rufy okrętu. Kierujący pracami podwodnymi w trakcie ubierania przebywa przy nurkach, a następnie podczas pierwszych metrów zanurzania w pobliżu operatora dzwonu. Później przemieszcza się na oddalone o około 10 metrów stanowisko łączności z nurkami. Rozmieszczenie wyżej wymienionych stanowisk w znacznej odległości jest rozwiązaniem chybionym, zważywszy na fakt, że kontrolując pierwszą fazę za-

nurzania kierujący pracami nie ma możliwości obserwacji i łączności z nurkami. Natomiast, podczas obserwacji pracy nurków w kamerach w dzwonie, przy słabo rozwiązanej komunikacji na pokładzie kontakt z operatorem urządzenia wyciągowego jest jednostronny i utrudniony. Ponadto, w systemie LARS synchronizacja pracy wciągarki dzwonu i pępowiny nie została przewidziana na poziomie konstrukcyjnym, a wynika z wprawnego, jednoczesnego operowania dwiema manetkami przez obsługującego urządzenie. Takie rozwiązanie wymaga dużego doświadczenia i ciągłej kontroli wskazań wydanych lin. W konsekwencji mała pomyłka może przyczynić się do powstania sytuacji awaryjnej.

Niewątpliwym atutem systemu dzwonu typu mokrego jest jego mobilność oraz krótki czas potrzebny na przygotowanie do pracy. Każdy komponent systemu uzbrojony został w uchwyty transportowe. Kontener kierowania pracami podwodnymi, w skład którego wchodzi tablica zasilania nurków oraz rozdzielnica elektryczna podłączona do UPS, zamknięto w wymiarach standardowego kontenera 10-stopowego. Również obsługa systemu nie wymaga tak licznej obsady, jak na dużych okrętach ratowniczych. Kierujący pracami podwodnymi by bezpiecznie realizować zadanie potrzebuje minimalnego składu ekipy liczącego 6-8 osób uwzględniając nurków. Należy jednak pamiętać, że wraz z przekroczeniem głębokości 20 metrów w miejscu prowadzenia prac wymagane jest zabezpieczenie w postaci komory dekompresyjnej, która na kuterach ratowniczych jest stałym elementem systemu. Niemniej jednak, instalując kompleks nurkowy na innym nosicielu obowiązujące przepisy bezpieczeństwa wykonywania prac podwodnych w wojsku [1] nakładają obowiązek doposażenia go w RLKZH „Sercówkę” lub inną komorę dekompresyjną.

Podsumowanie

Blisko 10-letnia eksploatacja systemu dzwonu typu mokrego w Marynarce Wojennej RP pozwala na wyciągnięcie pewnych wniosków. W początkowym etapie eksploatacji system był niedoceniany,

a wykorzystanie sporadyczne, wręcz marginalne. W późniejszym okresie sytuacja operacyjna wymusiła konieczność ponownej weryfikacji dostępnego sprzętu. Prace do głębokości 60 metrów wymagające asysty dzwonu, konieczność zabrania zestawu ciężkich narzędzi czy nurkowania szkoleniowe na kursach głębokowodnych z Ośrodkiem Szkolenia Nurków i Płetwonurków Wojska Polskiego mogą być z powodzeniem realizowane z wykorzystaniem systemu dzwonu typu mokrego bez konieczności angażowania dużych okrętów ratowniczych. Również zadania organizowane wewnątrz infrastruktury portowej wymagające sprzętu przewodowego, wizji, łączności z nurkiem oraz na bieżąco uzupełnianego zapasu czynnika oddechowego wykonywane są bez udziału okrętu.

Aktualny stan zasobów do prowadzenia prac podwodnych na okrętach ratowniczych pozwala na realizację wielu prac podwodnych w oparciu o dzwon typu mokrego. Obecna sytuacja daje szansę dalszych inwestycji i modernizacji wychodząc naprzeciw potrzebom bezpiecznego nurkowania by w pełni wykorzystać potencjał tego urządzenia. Podłączenie systemu aktywnego ogrzewania skafandrów nurkowych, czy skrócenie dekompresji w wodzie poprzez zastosowanie tlenu wytliczającego kierunek realnych ulepszeń dla poprawy komfortu i bezpieczeństwa wykonywania prac podwodnych w najbliższym czasie.

Literatura

1. Rozporządzenie z dnia 12 czerwca 2012 roku Ministra Obrony Narodowej w sprawie warunków bezpieczeństwa wykonywania prac podwodnych w jednostkach organizacyjnych podległych lub nadzorowanych przez Ministra Obrony Narodowej (Dz. U. 2021 poz. 1377);
2. Praca zbiorowa: Instrukcja nurkowania i wykonywania prac podwodnych z wykorzystaniem trymiks w MW, Dowództwo Marynarki Wojennej, Syg. wewn. 109/2013, Gdynia 2013;
3. Praca zbiorowa: Tabele dekompresji i rekompresji nurków, Dowództwo Marynarki Wojennej, Sygn. Mar. Woj. 860/81, Gdynia 1982;

4. Dokumentacja techniczno-ruchowa: Instrukcja obsługi systemu dzwonu mokrego P1805, PHU Aquaticus, 2016;
5. Kłos R.: Instrukcja obsługi technicznego instalacji elektrycznej Komora Dekompresyjna R14/R15; Akademia Marynarki Wojennej, Gdynia 2016;
6. US Navy Diving Manual published by Direction of Comander of Navy, Revision 7, 2016;
7. Skrzyński S.: Rys historyczny nurkowań głębokich w Polsce; Polish Hyperbaric Research Nr 4 2006 vol. 17 pp 30-43; ISSN: 1734-7009;
8. Skrzyński S.: Nurkowania głębokie w pracach podwodnych w Polsce; Polish Hyperbaric Research Nr 2 2019 vol. 67 pp. 69-92; ISSN: 1734-7009, DOI: 10.2478/phr-2019-0007.

STRESZCZENIE

Artykuł opisuje uwarunkowania techniczne oraz technologiczne wykonywania prac podwodnych z wykorzystaniem dzwonu nurkowego typu mokrego w Marynarce Wojennej RP. Autorce artykułu przyświecał cel przedstawienia przede wszystkim strony praktycznej zagadnienia w świetle przepisów prawnych obowiązujących w nurkowaniu w celach militarnych w Polsce. Opisano komponenty wchodzące w skład kompletnego systemu, jego różne konfiguracje podkreślając prostotę obsługi oraz rozwiązania ułatwiające transport dzwonu typu mokrego. Wymienione zostały zarówno atuty, jak i wrażliwe strony takiego systemu, które odnotowano podczas kilkuletniej eksploatacji w warunkach akwenu Morza Bałtyckiego. Zdobyte doświadczenie posłużyło wypracowaniu niesformalizowanych procedur bezpiecznej eksploatacji dzwonu typu mokrego oraz stanowi podwaliny do rozszerzenia operacyjnego wykorzystania takiego urządzenia.

SŁOWA KLUCZOWE: technologia prac podwodnych, inżynieria morska, nurkowanie w celach militarnych, system nurkowy, dzwon nurkowy.

ABSTRACTS

The article describes the technical and technological conditions for performing underwater works with the use of a wet diving bell in the Polish Navy. The author was guided by the aim of presenting the practical side of the issue in the light of legal regulations applicable to diving for military purposes in Poland. The components that make up the complete system, its various configurations, emphasizing the ease of use and solutions facilitating the transport of the device are described. The article emphasizes both the strengths and the sensitive sides of the wet bell system, which were noted during several years of operation in the conditions of the Baltic Sea. The experience gained was used to develop non-formalized procedures for the safe operation of a wet bell and is the basis for expanding the operational use of such a device.

KEYWORDS: underwater technology, marine engineering, diving for military purposes, diving system, diving bell.