

POLSKIE BADAŃIA NURKOWAŃ SATUROWANYCH I ICH WDROŻENIE. CZĘŚĆ II A. OPRACOWANIE POLSKIEGO SYSTEMU NURKOWAŃ SATUROWANYCH W LATACH 80- TYCH-90-TYCH XX WIEKU

Stanisław Skrzyński, Grzegorz Grzeczka

Akademii Marynarki Wojennej, Wydział Mechaniczno – Elektryczny, Gdynia

STRESZCZENIE

Artykuł jest kolejnym z cyklu artykułów dotyczących badań i wdrożenia technologii nurkowań saturovaniych w naszym kraju. W tej części przedstawiono polską specyfikę i osiągnięcia na tle uwarunkowań gospodarczych i historycznych. Opisuje on tworzenie bazy do nurkowań saturovaniych na tle zapasów gospodarczej w naszym kraju. W tym okresie przemysł stoczniowy był napędem badań nurkowań saturovaniych jako podstawy do budowy systemów nurkowych, które miały być przedmiotem eksportu dla zabezpieczenia wydobycia bogactw szelfu morskiego. Pokazano w poniższym artykule wysiłki animatorów i bohaterów tego okresu badań podwodnych w naszym kraju, których dzieło jest kontynuowane do dnia dzisiejszego. W II części artykułu autorzy pokazują jak tworono polski system nurkowań saturovaniych. W artykule uwzględnia się również uwarunkowania techniczne i organizacyjne realizacji pierwszych nurkowań saturovaniych i historię powstawania polskiej metody dekompresji dla nurkowań saturovaniych. W tym trudnym zadaniu kluczową rolę stanowiło utworzenie bazy przemysłu i nauki pracującej na rzecz obronności wspieranej przez właściwe agendy państwa. Utworzono też wieloletni program CPBR cele 9.2.i 9.5. badań medycyny i techniki, którego wynikiem było zbudowanie systemu nurkowego z jego organizacją, zabezpieczeniem medycznym i niezwodną techniką. Owoce tego programu są wdrażane do dnia dzisiejszego. Mimo postępu w dziedzinie medycyny i techniki oraz organizacji, problemy nurkowań saturovaniych są wciąż aktualne, gdyż mimo ich skomplikowania i wysokich kosztów są to nurkowania najbardziej efektywne i pozwalające na przeprowadzanie bardzo głębokiego nurkowania operacyjnego, aktualnie aż do 400-500m.

Słowa kluczowe: medyczne i techniczne problemy dekompresji nurków, walidacja tabel dekompresyjnych, nurkowania saturowane, system nurkowy, organizacja nurkowania.

ARTICLE INFO

PolHypRes 2022 Vol. 79 Issue 2 pp. 43 – 50

ISSN: 1734-7009 eISSN: 2084-0535

DOI: 10.2478/phr-2022-0008

Strony: 8, rysunki: 5, tabele: 0

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

Typ artykułu: przeglądowy

Termin nadesłania: 09.02.2022 r.

Termin zatwierdzenia do druku: 14.03.2022 r.

Publisher

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society



WSTĘP

W 2022 roku obchodziliśmy stulecie morskiego szkolnictwa wojskowego w Polsce, które to przygotowywało i nadal przygotowuje kadry dla Marynarki Wojennej RP, a także prowadzi prace badawcze i rozwojowe na rzecz tego rodzaju Sił Zbrojnych. W głównym nurcie obchodów tej rocznicy niewielu znawców i historyków Marynarki Wojennej podejmuje tematy znaczenia tej Uczelni dla polskiej techniki i medycyny hiperbarycznej zabezpieczającej badania i rozwój w działalności podwodnej tak dla celów potencjału obronnego jak i dla gospodarki narodowej. Mało kto wie, że pierwsze zabiegi leczniczej hiperbarii tlenowej odbyły się już w 1983 roku w zespole komór ówczesnego Zakładu Sprzętu Nurkowego i Technologii Prac Podwodnych AMW. Równie niewielu zdaje sobie sprawę, iż pierwszą w naszym kraju adoptowaną dla Instytutu Medycyny Morskiej i Tropikalnej komorę do leczenia tlenem hiperbarycznym wyposażył w instalację tlenową opartą o inhalatory lotnicze KP-18 i w oryginalne urządzenie wydechu tlenu na zewnątrz założyciel tegoż Zakładu; kmdr Medard Przyłipiak.

Badania opisane w niniejszym artykule, stworzyły bazę i potencjał do blisko 30-letniej owocnej współpracy naukowo-technicznej z polskim przemysłem offshore, a także dla zabezpieczenia problemów związanych z nurkowaniem na rzecz obronności naszego kraju. Akademia Marynarki Wojennej, jako spadkobierca i kontynuatorka morskiego szkolnictwa wojskowego od blisko półwiecza prowadzi działalność szkoleniową i badawczą. Realizowała największy zakresem i funduszami oraz liczbą personelu naukowo-badawczego, technicznego oraz nurkowego program prac dla polskiego przemysłu stocznioowego produkującego technikę hiperbaryczną. Nie jest to jedyny rekord w 100-letniej historii Akademii. Od przeszło ćwierćwiecza opracowuje ona technologie prac podwodnych, modernizuje technikę nurkowania oraz szkoli specjalistów nurkowych dla polskiego przemysłu offshore. Bierze też czynny udział w podejmowaniu decyzji dotyczących rozwoju przemysłu wydobywania ropy i gazu spod dna Bałtyku.

INFORMACJE O UWARUNKOWANIACH KRAJOWYCH DOTYCZĄCYCH BUDOWY I ZASTOSOWANIA SYSTEMÓW NURKOWYCH DLA NURKOWAŃ SATUROWANYCH W LATACH 80-TYCH XX WIEKU

Końcówka lat 70-tych i lata 80-te ubiegłego wieku były w piętnastu morskich państwach świata erą badań i szerokiego wdrażenia nurkowań saturowanych dla potrzeb różnych gałęzi górnictwa podmorskiego wydobywającego głównie surowce energetyczne, a w szczególności ropę naftową i gaz w morskiej strefie offshore. Eksploatowane wówczas złoża znajdują się na różnej głębokości i w różnej odległości od brzegu. Odległość od brzegu i głębokość wydobywania są głównymi czynnikami, które stymulują rozwiązania techniczne związane z wydobyciem i transportem surowców [1]. Zasadnicze problemy badawcze i techniczne prac podwodnych, które były rozwiązywane na morskich platformach wydobywczych, dotyczyły systemów transportu, montażu głowic do kontrolowanego wydobycia ropy i gazu oraz rurociągów transportujących wydobyty surowiec do odbiorcy. Związane z tym operacje montażowe wymagały i wciąż wymagają prowadzenia szerokiego zakresu prac podwodnych, co implikuje potrzebę długotrwałych prac nurków. Z budową struktur podwodnych wiąże się konieczność serwisowania ich pod wodą. Do czasu rozpoczęcia procesu eksploatacji po zainstalowaniu głowic i rurociągów serwis taki obejmuje generalnie konserwację, naprawy i inspekcje. Głębokości eksploatacji złóż surowców w tym okresie zaczynały przekraczać głębokości przyjęte dla prac offshore tj. 200m. [2].

W związku z tym, że na bardzo dużych głębokościach ograniczenia fizjologiczne eliminują pracę nurka uruchomiono badania mające na celu określenie granicy możliwości działania nurka z użyciem mieszanin helowo-wodorowych. Równolegle rozpoczyna się bujny rozwój technologii prac podwodnych bez udziału nurka (diverless technology) oraz systemów wsparcia prac podwodnych. W Polskim obszarze offshore głębokości wydobywania ropy i gazu zawierają się w strefie 45-110m ze średnią głębokością 78m. Narzucało to zakres badań fizjologii podwodnej i techniki nurkowej oraz wymagań projektowo-konstrukcyjnych budowy systemów nurkowych zabezpieczających prace podwodne. Strefa płytkich nurkowań saturowanych (30-100 m głębokości) jest strefą gdzie wykorzystywanie w przemyśle wydobywczym robotów i pojazdów jest droższe, a tym samym mniej opłacalne niż korzystanie z pracy nurków stosujących technologie nurkowań saturowanych [3].

CZASY PIONIERSKIE EKSPERYMENTÓW Z NURKOWANIAMI SATUROWANYM PRZEDSIĘBIORSTW USŁUG PODWODNYCH I MARYNARKI WOJENNEJ

Polska już miała pewne doświadczenie w wykorzystaniu prac podwodnych z użyciem powietrza dla przemysłu usług podwodnych na małych i średnich głębokościach. W rozpatrywanym czasie przyszło zapotrzebowanie z dwóch kierunków; zamówienia eksportowego Stoczni Szczecińskiej i raczkującego polskiego przedsiębiorstwa wydobywania ropy na morzu Petrobaltic. Przedsiębiorstwo działało w ramach trójstronnego porozumienia międzynarodowego (NRD, Polska, ZSRR).

Jeszcze w latach siedemdziesiątych specjalizacją Stoczni Szczecińskiej były produkowane seryjnie statki specjalistyczne, w tym statki zabezpieczenia offshore, oraz cieszące się renomą na świecie badawcze statki oceanograficzne. Głównym odbiorcą tych statków było ZSSR zleceniodawca, który zainteresowany był również statkami wyposażonymi w systemy nurkowe z możliwością nurkowania do 200m. Jako że w tym okresie panowała napięta atmosfera między Wschodem i Zachodem, skutkowało to barierami technologicznymi i informacyjnymi. Stoczniowy ośrodek konstrukcyjny podjął się w końcówce lat 70-tych przygotowania budowy tych specjalistycznych statków dla badań morza z wykorzystaniem pracy nurka. W kwestiach techniki nurkowej i technologii nurkowania Stocznia zwróciła się do Marynarki Wojennej jako jedynej instytucji, która prowadziła badania nad problemami nurkowania, a szczególnie, co interesowało zleceniodawcę technologii długotrwałego przebywania człowieka pod wodą.

W 1964 roku powołano w Szefostwie Ratownictwa Morskiego Marynarki Wojennej wydział naukowo-badawczy celem rozwiązywania problemów nurkowych w Polskich Siłach Zbrojnych. Prace naukowo-badawcze dotyczące nowego sprzętu nurkowego i technologii prac podwodnych od końcowych lat 60-tych prowadzone były przez inżynierów oficerów

Marynarki Wojennej M. Przyłipiaka, J. Humera i L. Kramera oraz lekarza J. Torbusa. Pierwszym krokiem tego zespołu było przygotowanie bazy badawczej, co w pierwszym okresie opierało się o dwie komory o dużych gabarytach zbudowanych w Stoczni Gdańskiej. Komory „Dzwoniec” (produkcja 1968r) i „Kobuz” z basenem wodnym (produkcja 1969r) stanowiły bazę w której w latach 1971-1973 testowano pierwsze polskie aparaty o obiegu półzamkniętym APW-3 [4].

Z inicjatywy i z wielkim zaangażowaniem kmdr. Medarda Przyłipiaka rozpoczęto budowę stacjonarnego zespołu komór ciśnieniowych wraz z zapleczem technicznym do zabezpieczania przedsięwzięć:

- badań technologii nurkowania i sprzętu nurkowego dla potrzeb obronności,
- badań metod dekompresji i rekompresji leczniczych dla celów ratowania załóg okrętów podwodnych,
- zabezpieczenia prac badawczych i prac badawczo-rozwojowych z dziedziny fizjologii podwodnej,
- zwiększenia możliwości leczenia specyficznych chorób nurkowych procedurami rekompresji,
- badań i wdrożenia elementów i układów systemów podtrzymania życia kompleksów nurkowych budowanych w Stoczni Szczecińskiej,
- wykonywania ekspertyz i badań dla celów administracyjnych i sądowych.

Zbudowany zespół hiperbaryczny składał się z trzech połączonych ze sobą komór (trzech przedziałów), stanowiących funkcjonalną całość. Przedział komory „Kobuz” przeznaczony był i nadal jest do badań nurków i sprzętu. Komora „Dzwoniec” po przebudowie pełniła funkcje przedziału mieszkalnego i została też przystosowana do badań medycznych a także technicznych procesów dekompresyjnych. Komory te łączyła komora transferowa, pełniąca jednocześnie rolę przedziału sanitarnego (budowa w 1973). Uniwersalność konstrukcji komór pozwala do dnia dzisiejszego na przystosowanie i adaptację dla dowolnych badań nurków i sprzętu oraz techniki nurkowej.

Duża średnica włączów komór Kobuz i transferowej umożliwiła wstawienie aparatury badawczej i zabezpieczającej o dużych gabarytach, oraz wprowadzenie dowolnej komory transportowej dla transferu poszkodowanego nurka podczas jego ewakuacji w trakcie trwania akcji ratowniczej dla zabiegów rekompresji leczniczej. W ten sposób w 1975 r. powstał jedyny w Polsce kompleks komór ciśnieniowych przeznaczony do prac naukowo-badawczych i nurkowań eksperymentalnych, w tym do badań saturowanych do głębokości 120m. Ośrodek ten był „dzieckiem” kmdr. Medarda Przyłipiaka i miał wielu „ojców chrzestnych” z Marynarki Wojennej i przemysłu. Wybudowanie i wyposażenie zespołu komór oparto głównie o technikę krajową i import z krajów ówczesnego Układu Warszawskiego. Realizacja była bardzo trudna ze względu na upadającą gospodarkę socjalistyczną oraz embargo z krajów Zachodnich.

W końcu lat 70-tych i w latach 80-tych w gospodarce panował kierunek samowystarczalności strategicznej, co utrudniało podejmowanie decyzji, oraz skutkowało brakiem wsparcia ze strony przemysłu. Zakłady przemysłowe wzbierały się od współpracy, a szczególnie z wojskiem ze względu na wysokie wymagania i nierentowność przedsięwzięcia.

Posiadanie ośrodka hiperbarycznego dało podstawy do utworzenia w 1976 roku Zakładu Sprzętu Nurkowego i Technologii Prac Podwodnych (ZSNiTPP) w ramach organizacyjnych Wyższej Szkoły Marynarki Wojennej. Pozwoliło to na zwiększenie możliwości pozyskiwania prac badawczych, oraz na ominięcie wielu przeszkód organizacyjnych i administracyjnych. Dla wzmocnienia potencjału Ośrodka wydzielono środki i etaty ze struktur Szefostwa Ratownictwa Morskiego MW, Zakładu Sprzętu Ratowniczego Marynarki Wojennej, Ośrodka Nurków Wojska Polskiego i Wydziału Technicznego tej Uczelni. W powstaniu tego ośrodka pomocne było zaangażowanie agend rządowych Ministerstwa Obrony Narodowej i wsparcie przemysłu, a szczególnie Stoczni Szczecińskiej [5].

W 1976 roku Stocznia Szczecińska uruchomiła program przygotowania kadr do budowy systemów nurkowych (jak nazywano w tym czasie kompleksy nurkowe) w które miały być wyposażone statki offshore i oceanotechniczne. Pierwszym krokiem do podjęcia produkcji systemów nurkowych było szkolenie kadr stoczniowych w dwóch grupach: projektantów i konstruktorów oraz personelu technicznego biorącego udział w produkcji i przyszłej obsłudze podczas nurkowania w ramach prób zdawczych. Szkolenie organizował i prowadził kmdr Przyłipiak wraz z lekarzami Zakładu Medycyny Podwodnej Katedry Medycyny Morskiej Wojskowej Akademii Medycznej (ZMP KMM WAM) oraz autorem niniejszego artykułu, jedynym przedstawicielem Szefostwa Ratownictwa Morskiego MW.

Rozpoczęto w 1978 roku w Stoczni Szczecińskiej budowę serii kompleksów dla nurkowań saturowanych według wymagań armatora radzieckiego - Akademii Nauk ZSRR, dla dwóch jednostek „Witiaz” i „Sadko 2”. Do produkcji i badań stocznia uruchomiła dostępny w kraju potencjał naukowy i techniczny. Rozpoczęta współpraca kmdr. Przyłipiaka ze Stoczną uruchomiła polskie badania nad bezpieczeństwem życia i zdrowia nurków saturowanych w trzech blokach tematycznych; techniki, organizacji i medycyny. Zawarty kontrakt armatora z producentem - Stoczną Szczecińską, przewidywał w ramach prób zdawczych wykonanie symulowanego nurkowania saturowanego dla plateau saturacji 100m H₂O w kompleksach przekazywanych do eksploatacji. Produkcja własnych kompleksów nurkowych wymusiła przygotowanie bazy krajowej w jedynych ośrodkach, które mogły podjąć temat nurkowania saturowanego w podstawowych aspektach bezpieczeństwa ludzi, higieny pracy i odpoczynku nurków oraz niezawodności układów zabezpieczających.

Zamówienia ze Stoczni Szczecińskiej rozpoczęły intensywną, wieloletnią współpracę w początkowej fazie z Szefostwem Ratownictwa Morskiego Marynarki Wojennej a następnie z wiodącym Zakładem Sprzętu Nurkowego i Technologii Prac Podwodnych WSMW (AMW) oraz Zakładem Medycyny Podwodnej Katedry Medycyny Morskiej Wojskowej Akademii Medycznej (ZMP KMM WAM).

Pierwszym owocem tej współpracy było zrealizowanie wielu interesujących autorskich programów naukowych, w tym kierunków wprowadzenia przemysłu produkującego elementy i kompleksy dla nurkowań saturowanych w trzech wiodących dziedzinach medycyny, techniki i organizacji. Kierownik ZSNiTPP kmdr Przyłipiak i ówczesny kierownik ZMP KMM WAM prof. Tadeusz Doboszyński oraz główny konstruktor Stoczni Szczecińskiej M. Kukliński prowadzili i byli odpowiedzialni za prowadzenie badań i rozwoju w tej dziedzinie. Natomiast we wdrożeniu głównymi realizatorami byli Stocznia Szczecińska i Akademia Marynarki Wojennej (WSMW do 1987). W okresie tworzenia i budowania bazy naukowo badawczej w latach 1977-1981 wykonano poniższe zadania:

1. Budowa bazy badawczej, która jednocześnie pełniła rolę bazy treningowej dla nurków Marynarki Wojennej w latach 70-tych.
2. Przygotowanie specjalistów Stoczni Warszawskiej w Szczecinie do budowy systemów nurkowych na duże głębokości, (1977-1980).
3. Wyposażenie bazy Zakładu Sprzętu Nurkowego i Technologii Prac Podwodnych Marynarki Wojennej do realizacji badań nurków głębokich i saturoowanych (1983-1987).
4. Przygotowanie własnych kadr naukowych oraz zespołu specjalistów konstruktorów, a także projektantów i eksploataatorów systemów nurkowych. (1977- 1988).
5. Przygotowanie kadr medycznych do zagadnień związanych z bezpieczeństwem i higieną realizacji nurkowań saturoowanych. (1978-1988).
6. Udział w projektowaniu układów podtrzymania życia i komór hiperbarycznych systemu nurkowego GWK na statki rosyjskie typu Witiaż (dla 2 -ch kompleksów 1978 -1981) oraz GWK-200 i LSH -200 (dla 4 systemów w Stoczni im. Warszawskiej w Szczecinie).

Sytuacja międzynarodowa i w naszym kraju w 1981r spowodowała, że armator radziecki zainteresowany był tylko szybkim odbiorem jednostek z Polski. Przyspieszone próby kompleksu nurkowego trwały nieco ponad 3 doby i odbyły się na statku Witiaż z symulowanym plateau saturacji 5m i z wycieczkami do głębokość 45m. Program medyczny zabezpieczał prof. T. Doboszyński, a stronę techniczną specjaliści ze stoczni przy współudziale ekipy ZSniTPP oraz Zakładu Oceanotechniki Politechniki Gdańskiej. Nurkami testerami byli członkowie klubów płetwonurków PTTK (w ekipie nurków był między innymi późniejszy wiceminister zdrowia dr Krzysztof Kuszewski).

W Marynarce Wojennej Szefostwo Ratownictwa na początku lat 70-tych XX wieku wdrażało system nurkowy do nurkowań głębinowych na okrętach ratowniczych typu PIAST (1972-1982). Głównym konsultantem budowy i wdrożenia węzła nurkowego tych okrętów w Stoczni Północnej w Gdańsku był kmdr M. Przyłipiak. Pozwoliło to wykorzystać jego doświadczenie i doświadczenie ekip nurkowych z okrętów ratowniczych Marynarki Wojennej do konstrukcji systemów nurkowych w Stoczni Szczecińskiej. Współautor Stanisław Skrzyński był odpowiedzialny za wdrożenie technologii nurkowania z ramienia jednostki okrętów ratowniczych [4,6].

BADANIA NURKOWAŃ SATUROWANYCH Z UŻYCIEM POWIETRZA 1979–1983

W latach 1979-1983 pod kierunkiem kmdr. mgr inż. Madarda Przyłipiaka oraz kmdr. prof. Tadeusza Doboszyńskiego z Wojskowej Akademii Medycznej w ZSniTPP Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni zrealizowano na zasadach projektu naukowego powietrzne nurkowanie saturowane. Inicjatorem badań w ramach systemu badań krajowych była Stocznia Szczecińska. Zespół komór hiperbarycznych, który przystosowany był do prowadzenia nurkowań krótkotrwałych do 60 m należało zmodernizować do celów realizacji długotrwałych nurkowań saturoowanych. Dostępne w tym okresie w krajowym przemyśle urządzenia, wyposażenie i aparatura pomiarowo-sterująca nie spełniały wymagań umożliwiających prowadzenie nurkowań saturoowanych nie tylko dla mieszanin oddechowych, ale nawet dla powietrza. Instalacje komór wymagały modernizacji, a nawet zaprojektowania od podstaw co było trudne, gdyż personel inżynierski i naukowy nie posiadał doświadczenia w tej dziedzinie. Przepisy klasyfikacyjne państw Zachodnich (DNV Lloyd czy GL) wskazywały tylko wytyczne, a braki dewizowe nie pozwoliły na zakupy z importu niezbędnych urządzeń i elementów instalacji.

W tym czasie zaprojektowano i zbudowano od podstaw układ podtrzymania życia, składający się z pompy wypornościowej, chłodnicy filtrów CO₂, CO oraz filtra biologicznego. Układ posiadał automatyczną regulację temperatury atmosfery komory i nastawy regulacji wentylacji komory. W instalacji komór wykorzystano dostępne elementy i urządzenia krajowe, oraz oparte na własnych projektach i wytworzone w polskich firmach własne konstrukcje; napędu układów podtrzymania życia, pomiarowych, instalacji sanitarnej. Głównym projektantem układów podtrzymania życia i funkcjonalnej całości był kmdr M. Przyłipiak, [7] natomiast elementy i układy projektowali i wykonywali członkowie powstałego Zakładu Technologii Prac Podwodnych, Stoczni Szczecińskiej, Zakładu Elektroniki i Automatyki WSMW, RADMORU i innych przedsiębiorstw krajowych współpracujących i produkujących dla Marynarki Wojennej [7,8].

Oprócz manometrów analogowych spełniających wymagania dokładności ówczesnych przepisów dla nurkowań saturoowanych komory wyposażono również specjalnie wykonane cyfrowe manometry rezonatorowe o bardzo wysokiej dokładności. Od podstaw opracowano pomiary wilgotności atmosfery komory, regulatory temperatury oraz prototypy czujników mierzących ciśnienie parcjale tlenu. Trudnym wyzwaniem badawczym były pomiary parametrów ciśnieniowych i gazowych, które weryfikowało własne laboratorium pomiarowe. Metodyka pomiarów tlenu i dwutlenku węgla przewidywała dublowanie pomiarów pomiarami chromatograficznymi przystosowując przyrządy produkcji byłego NRD Infralit i Permolit. Opracowano czujnik ciśnienia parcjalego tlenu i dwutlenku węgla, mierniki wilgotności i temperatury, oraz bardzo dokładnego pomiaru ciśnienia, które równolegle badano podczas ekspozycji saturoowanych. Adoptowano z przemysłu chemicznego pomiary dwutlenku węgla i domieszek szkodliwych, weryfikując bardzo dokładnym przyrządem obsługiwany przez lekarzy. Przed nurkowaniami sprawdzano pomiary domieszek szkodliwych w komorach, będące wynikiem zastosowanych farb i materiałów zaś atest z tych pomiarów od Stacji Sanitarnej-Epidemiologicznej był przepustką do pracy nurków w komorze [6].

Wykonano instalacje elektryczną i oświetleniową wnętrza komory zgodnie z elektrycznymi wymaganiami przeciwporażeniowymi dla warunków hiperbarii. Opracowano i wykonano stacje łączności nurków z korektorem mowy, uwzględniającą wpływ helu na zniekształcenie mowy. W komorze transferowej zainstalowano instalacje węzła sanitarnego, toaletę oraz umywalkę i prysznic z wodą zimną i gorącą. Zaprojektowano i wykonano układ ogrzewania komór. Dla komory „Kobuz” zainstalowano systemy chłodzenia basenu wodnego dla symulacji temperatury wody na głębokościach. Liczne elementy instalacji komór, takie jak; zawory, reduktory, złączki rurociągów, penetratory elektryczne i gazowe (przejścia w płaszczu komory), uszczelnienia włączów i śluz, napęd wentylatorów pochłaniaczy dwutlenku węgla sprawiały trudności badawcze i techniczne, jako że w dużej części były wykonane we własnym zakresie. Każdy wykonany element podlegał

badaniom przydatności w warunkach ciśnienia. Elementy te decydowały o szczelności i niezawodnej pracy całej instalacji oraz wyposażenia komór. Niezwykle ważnym był problem szczelności, czyli niezawodnego utrzymania zadanego ciśnienia i jego sterowania, który jest podstawą pracy każdej komory hiperbarycznej. Wymagało to badań uszczelnień włączów, iluminatorów, złączek i w szczególności penetratorów. Przykładowo dla wykrywania nieszczelności w przypadku helu lub jego mieszanin opracowano i wykonano detektor tego gazu. Cała instalacja gazowa była oparta o dostępne zawory dla przemysłu chemicznego stosowane do amoniaku, które uszczelniane były metodą metal na metal, a ich trzony były uszczelniano tradycyjnie sznurem.

Tak wykonane instalacje urządzenie podlegały procedurom badawczym przydatności do realizacji nurkowań saturowanych podczas ekspozycji saturowanych zarówno symulowanych jak i z udziałem ludzi.



Rys. 1 Basen komory „Kobuz” (koniec lat 70-tych).

Pierwsze nurkowania z użyciem powietrza zweryfikowały jakość rozwiązań konstrukcyjnych w stosunku do wymagań zespołu medycznego w kwestii prowadzenia dekompresji i higieny pracy nurka. Ponadto przygotowywały personel naukowy i techniczny obsługi oraz nurków testerów do postawionych zadań. Nurkowie testerzy wywodzący się z amatorskich klubów płetwonurków podlegali badaniom medycznym i psychologicznym przed i po ekspozycji saturowanej w/g programu badań medycznych opracowanego przez ZMP KMM WAM.

W komorach ZSNiTPP zrealizowano serię pięciu czterodniowych saturowanych ekspozycji powietrznych na głębokościach 9m, 12m, 14m, 16m i 18m. W tych badaniach nie wykorzystano doświadczeń czasów pionierskich z dwóch względów. Po pierwsze uważano, że badania medyczne rozpoczęto od podstaw dla określenia podstawowych założeń dekompresji i dla innych uwarunkowań technicznych. Drugim względem było to, że nurkowania saturowane dotyczyły innej metody (tj. habitatu powierzchniowego -komory i dzwonu nurkowego) pracy w toni wodnej. Te ekspozycje saturowane dotyczyły głównie oceny dekompresji bez elementów pracy w wodzie, a jedynie zadawania nurkom obciążeń wysiłkowych [9].

W tabelach powietrznych zastosowano rozszerzone okienko tlenowe. Przykładowo, w tabeli nr 1 dekompresji dla plateau saturacji 18m zastosowano powrót w ciągu 15minut z 18m do 12m, a następnie na przystankach od 12m co 1,5m dekompresja odbywała się z ekspozycjami tlenowymi. Zastosowano dekompresję frakcjonowaną z użyciem tlenu. Dla zabezpieczenia dekompresji tlenowej z wydechem tlenu na zewnątrz komory zastosowano inhalatory lotnicze KP 18 z samolotów MiG 21.

Tabela dekompresji nurkowników saturowanych z użyciem powietrza z plateau saturacji 18m [9].

Głębokość stacji [m]	Czas przejścia [min]	Czas pobytu na stacji i rodzaj mieszaniny [min]	Łączny czas dekompresji [min]
18,0	15	Powietrze	15
12,0		Powietrze 90 tlen 10	115
	5		120
10,5		Powietrze 165 tlen 20	305
	5		310
9,0		Powietrze 355	665
	5		670
7,5		Powietrze 75 tlen 30	775
	5		780
6,0		Powietrze 115	945
	5		950
4,5		Powietrze 115 tlen 50	1115
	5		1120
3,0		Powietrze 165	1285
	5		1290
1,5		Powietrze 105 tlen 60	1455
	5		1460

Nie bez znaczenia było to, że nie uwzględniono danych z eksperymentów A. Dębskiego, gdyż, jak określano w tych czasach, „przeskoczyły” one etapy metodyki badań, co uważano za partyzantkę i dyletanctwo. Jedyne, co wiązało ekspozycje powietrzne z czasami pionierskimi nurkowań saturowanych, to podobne tabele dekompresji saturowanych nurkowników z użyciem powietrza, które stosowano w w/w ekspozycjach powietrznych z tymi stosowanymi w dokumentacji batyskafu Geonur II. Mogło to wynikać z korzystania z tej samej literatury lub współpracy pomiędzy CIOP i ZMP KMM WAM.

ROZWÓJ NURKOWANIA SATUROWANEGO W RAMACH CENTRALNEGO PLANU BADAWCZO ROZWOJOWEGO (CPBR) 1985-1990

Dla rozwoju technik i badań podwodnych wykorzystano ustawę z 23 grudnia 1985 r. o centralnych funduszach rozwoju nauki i techniki. Powstał jeden, zintegrowany na szczeblu centralnym fundusz, którego źródłami były zarówno dotacje budżetowe, jak i (w przeważającej mierze) dotacje przedsiębiorstw. Fundusz ten dzielony był na część dotyczącą stadium badań i rozwoju, oraz część odnoszącą się do stadium wdrożeń (tzw. przeznaczony na dofinansowywanie inwestycji związanych z realizacją zamówień rządowych). W trudnej sytuacji gospodarczej przewidziano także wydzielenie na szczeblu centralnym pewnej rezerwy dewiz na import z II-go obszaru płatniczego (tzw. dewizy - pieniądze z krajów Zachodnich), związany z realizacją niektórych zadań centralnych programów rozwoju nauki i techniki. Ustawa określiła także zmodyfikowaną strukturę grup pracowników ośrodków badawczych, wprowadzając nową ich kategorię, tzw. pracowników badawczo-technicznych, których głównym zadaniem było współdziałanie z kadrą naukową w przystosowywaniu wyników badań do potrzeb społeczno -gospodarczych. Ustawa ta dała możliwość stworzenia długotrwałego projektu w cyklu badania rozwój i wdrożenie.

O uruchomienie programów w 1985r walczyły jako główny wykonawca Stocznia Szczecińska przy wsparciu ZSN i TPP AMW tym czasie w WSMW) i z udziałem IMMiT oraz ZMP KMM WAM. W wyniku konkursu oraz uzgodnień programów koordynatorem i realizatorem wdrożenia programu CPBR-9.5 została Stocznia Szczecińska.

Akademii Marynarki Wojennej powierzono prace badawcze związane z nurkowaniem saturowaniem w ramach problemów: CPBR-9.5 – cel 31 p.t.: „Techniczne, medyczne i prawne problemy długotrwałego przebywania człowieka pod wodą do głębokości 120 m, „ Drugim programem realizowanym przez Akademię był CPBR 9.2 cel 17.07 p.t.: „Przygotowanie do nurkowań saturowanych operacyjnych”. Projekty te realizowane były we współpracy z ZMP KMM WAM. Tytuły projektów zawierały najbardziej uogólnioną treść problematyki, którą należało rozwiązać celem wdrożenia w kraju. Własny polski system nurkowań saturowanych był ukierunkowany na działalność Stoczni Szczecińskiej produkującej kompleksy nurkowe GWK-200 (Głębokowodny Wodołaznyj Kompleks - 200m) na statki serwisowe *offshore* [6].

Cel CPBR 9.2 cel 31 pt. „Techniczne, medyczne i prawne problemy długotrwałego przebywania człowieka pod wodą do głębokości 120 m” uzyskał Instytut Medycyny Morskiej i Tropikalnej w Redłowie. Realizację części badawczej dotyczącej dekompresji nurkowników saturowanych z użyciem powietrza i nitroksu powierzono ZSNiTPP AMW i ZMP KMM WAM ze względu na brak bazy naukowo-badawczej i kadry merytorycznej w Instytucie Medycyny Morskiej i Tropikalnej.

Odbiorcą wyników w/w badań była Stocznia Szczecińska, która w swoim programie badawczo wdrożeniowym miała za zadanie;

- przygotowanie produkcji zabezpieczającej budowę i wyposażenie kompleksów hiperbarycznych,
- przygotowanie narzędzi do prac podwodnych oraz przeprowadzenie prób zdawczych u zleceniodawcy.

Zadania te realizowano we współpracy z Politechniką Szczecińską i przemysłem krajowym pracującym na rzecz przemysłu okrętowego. Stronę medyczną przygotowania i nadzoru medycznego nurków testerów zlecono Katedrze Fizjologii Pomorskiej Akademii Szczecińskiej, którą kierował prof. J Paradowski [4].

Bardzo ważnym elementem było techniczne zabezpieczenie procedur awaryjnych stosowanych w technologii nurkowania i wykorzystanie krajowego potencjału naukowego, które w tym czasie posiadała Marynarka Wojenna. Wymaganym elementem każdej technologii nurkowej są procedury awaryjne dotyczące przewidywanych stanów zagrożeń, które muszą być uwzględnione w zabezpieczeniu organizacyjnym, technicznym i medycznym. Te zabezpieczenia dla nurków saturowanych trzeba było budować od podstaw. System zabezpieczenia musiał uwzględniać wszystkie instytucje morskie i państwowe posiadające technikę do prac podwodnych.

Równoległe z rozwiązywaniem problematyki dotyczącej uruchomienia bazy technicznej i kadrowej należało wykonać dokumenty formalne dotyczące problematyki technicznej związanej z zaprojektowaniem dla nich obowiązków, procedur i przepisów, które powinny zostać określone na etapie badań, lub być modyfikowane na etapie rozwoju i sprawdzone podczas wdrożenia. Najtrudniejszy był etap wdrożenia, który realizowano tylko na etapie prób zdawczych u producenta, którym w tym czasie była Stocznia Szczecińska. Stocznia w tym czasie również budowała swoje zaplecze techniczne, bazę zdawczą opierając się na dokumentach formalnych wskazanych przez zamawiającego. (głównymi dokumentami były przepisy klasyfikacyjne DNV i MRS Morskiej Rejstr Sudów). W celu realizacji badań, prób odbiorczych oraz prób zdawczych przeznaczono i wyposażono halę, w której zainstalowano wszystkie urządzenia i magazyny gazów do wykonania w/w zadań (halę tę potocznie zwano „Doliną” z racji swojego położenia).

Za realizację programów CPBR byli odpowiedzialni inż. Marian Kukliński, oraz główny projektant Stoczni Szczecińskiej i założyciel ZSN i TPP AMW kmdr Medard Przyłipiak, którzy od lat tworzyli zespoły badawcze i inżynierskie oraz przygotowywali bazę badawczą w Gdyni i Szczecinie. W Akademii Marynarki Wojennej problematyka badań w ramach CPBR podjęta była dzięki działaniu i wsparciu z-cy Komendanta ds. Naukowych kmdr. dr. inż. Stefana Czarneckiego i dziekana wydziału Mechaniczno-Elektrycznego prof. Władysława Wojnowskiego.

Po przedwczesnej śmierci inż. M. Przyłipiaka w 1986 r., tematy i zadania CPBR w Akademii Marynarki Wojennej realizowano pod organizacyjnym kierownictwem kmdr. por. mgr. inż. Mariana Pleszewskiego, a od 1990 mgr inż. Stanisława Skrzyńskiego. W ramach programów CPBR odpowiedzialnym za całość był kmdr Pleszewski, który to bezpośrednio prowadził techniczne i wytwórcze tematy organizacyjne. Program „Wodniczka”, polegający na modernizacji bazy do nurków saturowanych i projekt „Alga” dotyczący produkcji dla Stoczni Szczecińskiej systemów podtrzymania życia i sterowania procesem nurkowania saturowanego. Jednocześnie od 1985 r. medyczną stroną projektu realizowano pod kierownictwem prof. Doboszyńskiego i dr. Łokucyjewskiego z ZMP KMM WAM. Natomiast kmdr Stanisław Skrzyński odpowiedzialny był za realizację CPBR 9.2 cel 17.07 p.t.: „Przygotowanie do nurkowań saturowanych operacyjnych”. Ponadto w/w realizował wybrane problemy techniczne dotyczące indywidualnego wyposażenia nurków w komorze i dzwonie, oraz był odpowiedzialny za wykonywanie przepisów prawnych, technicznych i procedur obsługowych w ramach celu 31 CPBR-9.5. W wykonaniu CPBR 9.2 cel 17.07 opracowano kompleksowy program i prowadzono jego realizację w ZSN i TPP AMW z udziałem stoczniowych ekip technicznych i konstruktorskich, nurków testerów, lekarzy z ZMP KMM WAM, i Akademii Medycznej w Szczecinie, inspektorami towarzystw klasyfikacyjnych DNV i MRS, oraz przedstawicielami zamawiającego rosyjskiego armatora.

Specjalistycznym szkoleniem i przygotowaniem objęto wykonawców badań medycznych, badań i prób technicznych, prób z udziałem nurków oraz oddelegowanych specjalistów z przedsiębiorstw i instytucji zabezpieczających szkolenie nurków testerów oraz program prób zdawczych. Był to jeden z najtrudniejszych elementów realizacji tego działania, w którym trzeba było pogodzić wiele różnych, czasami sprzecznych wymagań, a niekiedy przełamywać animozje biorących udział w tym przedsięwzięciu. Wiązało się to z wyprodukowaniem i zdaniem 4 kompleksów nurkowych GWK-200 i LSH-200 (Lądowy System Hiperbaryczny dla IMMT) zaprojektowanych w 1985 jeszcze przy współpracy z kmdr. Przyłipiakiem i budowanych przez Stocznnię Szczecińską pod klucz dla armatora radzieckiego. Próby zdawcze na terenie stoczni i u armatora oparto o własną polską technologię nurkowania saturowanego i polskie zespoły nurkowe i techniczne. Podczas prób zdawczych w stoczni wykonano zdawcze nurkowanie saturowane na głębokości 100m na kompleksie GWK-200-I i na głębokości 40m w kompleksie GWK-200-II.

Pozytywny przebieg prób zawdzięczamy badaniom nad opracowaniem bezpiecznej metody saturacji nurków w strefie głębokości 30-120 m. W tych latach sytuacja gospodarcza kraju i zmienność wymagań zamawiającego spowodowała perturbacje i wręcz zawieszenie na rok programów, co miało ujemny wpływ na wykonawstwo oraz stabilność kadrową. Powyższe wymagało ciągłych korekt wysiłku badawczego, technicznego i finansowego tak stoczni jak i Akademii Marynarki Wojennej. Wbrew sytuacji nie wpłynęło to w zasadniczy sposób na uzyskanie pozytywnych wyników prac w CPBR-9,5 cel 31, CPBR-9,2 cel 17.07 i CPBR-9,7 zarówno w zakresie problematyki technicznej, jak i medycznej. Powstała w kraju własna technika i technologia umożliwiająca długotrwałe przebywanie ludzi na głębokościach do 120 m, a co najważniejsze, nasz kraj posiadał wyspecjalizowaną w tym kierunku kadrę badawczą i inżyniersko-techniczną. Na wyraźne podkreślenie zasługuje fakt, że spójność celu 31 CPBR-9,5 i CPBR-9,2 17.07, umożliwiła i doprowadziła do zweryfikowania osiągniętych w kompleksie doświadczalnym Akademii Marynarki Wojennej DGKN-120 wyników badawczych i w kompleksie operacyjnym GKW-200 na jego stacjonarnym, przemysłowym stanowisku prób w Stoczni Szczecińskiej. Dalszym etapem miały być próby zdawcze u armatora radzieckiego. Na skutek zawirowań politycznych i gospodarczych nie dane było polskim ekipom wykonać w warunkach morskich, na produkowanych przez Stocznnię Szczecińską kompleksach przemysłowych GWK-200 zainstalowanych już na jednostkach armatora, nurkowań operacyjnych.

Jedną z części programowych CPBR-9.5 - 31 była problematyka prawna dotycząca prowadzenia w kraju nurkowań saturowanych. Obowiązujące ówczesnie przepisy nurkowe nie uwzględniały stosowania tej nowoczesnej technologii nurkowania, dlatego też wszystkie dotychczas przeprowadzone nurkowe doświadczalne ekspozycje saturowane zrealizowane zostały na zasadzie eksperymentu naukowego z ludźmi. Wymagało to uzyskania zgody odpowiednich komisji, zezwalających na prowadzenie eksperymentalnych badań z udziałem ludzi. Ze względu na fakt, iż kompleks DGKN-120 został wykonany i był eksploatowany w Akademii Marynarki Wojennej, powyższą zgodę uzyskano w komisji resortowej Ministerstwa Obrony Narodowej przy Szefie Departamentu Służby Zdrowia. Przy współudziale komisji cywilnej zgodnie z postanowieniami Deklaracji Helsińskiej rozpoczęcie prób z ludźmi wymagało zgody wskazanej specjalnej komisji – „Komisji

do Przeprowadzania Badań z Udziałem Ludzi”. Komisje, na mocy rozporządzenia Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z 1986r. zostały powołane w Akademia Medycznej we Wrocławiu.

W ramach CPBR-9.5 - 31 opracowano projekt przepisów, o które po weryfikacji w warunkach rzeczywistych nurkowania (z kompleksów GKW-200) planowano uzupełnić krajowe przepisy nurkowe. Niestety, do dnia dzisiejszego nurkowania saturowane prawnie nie są do końca sformalizowane. W 2021 roku ukazały się tymczasowe przepisy klasyfikacyjne PRS, poruszające problemy projektowania i nadzoru nad systemami nurkowymi, w tym do nurkowań saturowanych. Natomiast w dokumencie normatywnym dotyczącym dekompresji nurka do dziś brakuje tabel nurkowań saturowanych i tabel leczniczych, mimo że operacyjne nurkowania saturowane od 1995 roku są codziennością na polskim szelfie. Obowiązujące Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 17 września 2007 r. z późniejszymi zmianami, w sprawie warunków zdrowotnych wykonywania prac podwodnych, wynikające z art. 11 ust. 6 pp. 4 ustawy z dnia 17 października 2003 r. z późniejszymi zmianami, o wykonywaniu prac podwodnych mówi jedynie o prowadzeniu dekompresji i kompresji dotyczącej nurków wykonujących podwodne prace długotrwałe.

WYBRANE PROBLEMY BADAWCZE I ORGANIZACYJNO-TECHNICZNE PROWADZONYCH BADAŃ

Do charakterystycznych wyróżników medycznych, technicznych i organizacyjnych, charakteryzujących stronę badań nurkowań saturowanych należały:

- rodzaj stosowanych mieszanin oddechowych i ich wymagania jakości;
- parametry mikroklimatu atmosfery komór dla zapewniania komfortu przebywania nurków;
- opracowanie całokształtu pomiarów z uwzględnieniem ich dokładności, wiarygodności i niezawodności dla wybranych urządzeń i torów pomiarowych, uwzględniające kompresję, pobyt na plateau i dekompresję,
- sposób wykonywania poszczególnych faz nurkowania tj. kompresji, utrzymania ciśnienia na plateau i dekompresji,
- zabezpieczenie techniczne i organizacyjne działań w sytuacjach awaryjnych,
- metodykę przygotowania i szkolenie nurków testerów,
- przeszkolenie nurków i personelu technicznego ekipy badawczej,
- przygotowanie zespołu medycznego zabezpieczającego badania,

Podstawowym warunkiem uzyskania założonego celu, oprócz zagadnień medycznych, było opracowanie wymagań i utworzenie doświadczalnej bazy technicznej, której jakość pozwalałaby na bezpieczne dla nurków prowadzenie eksperymentalnych ekspozycji saturowanych.

Dostępne w tym okresie w krajowym przemyśle urządzenia, wyposażenie i aparatura pomiarowo-sterująca nie spełniały wymagań umożliwiających prowadzenie nurkowań saturowanych. Trudności w pozyskaniu odpowiednich urządzeń, wyposażenia i aparatury potęgowane były wysokimi wymaganiami dokładności, „czystości tlenowej” oraz kryteriami „czystości higienicznej i biologicznej”. Te wymagania w zasadniczy sposób zaostrzyły kryteria projektowe, wykonawcze i badawcze poszczególnych układów technicznych.

Habitabilność – przystosowanie do życia nurków zespołu komór hiperbarycznych dla nurkowań saturowanych określana jest jakością systemów regeneracji i utrzymania założonych parametrów atmosfery [10]. W ich skład wchodzi układy, których działanie musi gwarantować utrzymywanie wielu parametrów stanu atmosfery hiperbarycznej, przy ściśle określonym poziomie błędów pomiarowych. Dotyczy to przede wszystkim takich parametrów jak: ciśnienie ogólne (p_k), ciśnienie cząstkowe tlenu (pO_2), ciśnienie dwutlenku węgla (pCO_2), temperatura (T_k), wilgotność względna (ϕ_k), jednorodności mieszaniny oddechowej w całej objętości życiowej komór, oraz ilość zanieczyszczeń wynikających z przemian metabolicznych i zastosowanych materiałów.

W czasie pobytu w komorze i dzwonie nurkowym wyróżnić należy cztery grupy zakłóceń i zagrożeń, które muszą być eliminowane:

1. zakłócenia i zagrożenia wynikające z zabezpieczenia życia, zdrowia, zabezpieczania potrzeb fizjologicznych i pobytu nurków w komorze lub dzwonie,
2. zakłócenia i zagrożenia wynikające z pory dnia i zadań nurków,
3. zakłócenia i zagrożenia wynikające z nieprawidłowej eksploatacji i obsługi przez nurków oraz personel techniczny,
4. zakłócenia i zagrożenia wynikające z awarii technicznych, braku zasilania podstawowego oraz zakłócenia dostaw logistycznych wynikające z czynników zewnętrznych.

W pierwszej grupie elementami zakłócającymi są głównie czynności zabezpieczające procesy życiowe, takie jak operacje służowania i wyśłużowania żywności czy odpadów, materiałów utrzymania higieny i dezynfekcji, materiałów i lekarstw oraz sprzętu do badań medycznych i technicznych, wymiany ubrań i bielizny a także elementów sprzętu nurkowego. Operacje służowania wprowadzają zmianę ciśnienia, dodatkowe zabrudzenia atmosfery np. azotem, zanieczyszczenia biologiczne, zanieczyszczania wynikające ze specyfiki materiału itp. Ważne jak domieszki szkodliwe wydzielane przez człowieka i obecne w wielu materiałach będą wpływały na czujniki pomiarowe, złoża filtrów, a co najważniejsze na samopoczucie nurków. Grupa lekarstw w płynie i kosmetyków osobistych też może zakłócić lub zagrozić pożarem, gdy jest nieumiejętnie dobrana i podawana.

Do drugiej grupy zaliczamy zmiany powodowane aktywnością fizyczną nurków, zależne od pory dnia i programu dziennego zadań (np. pora snu to mniejsze wydzielanie dwutlenku węgla i zużycie tlenu, wykonywanie pracy fizycznej to sytuacja odwrotna, kąpiel to wzrost wilgotności itp.). Dla każdej pory dnia muszą być utrzymane nakazane parametry atmosfery oraz, co ważne, jej jednorodność (homogeniczność tak by nie tworzyły się tzw. kieszenie tlenowe lub nie doszło do nagromadzenia się ciężkiego dwutlenku węgla w dolnych strefach podczas snu). Przy pracy w wodzie zabrudzenia mogą być spowodowane zabrudzeniem wody, czy zabrudzeniem wynikającym z rodzaju pracy podwodnej [11].

W trzeciej grupie zakłóceń i zagrożeń znajdują się te wynikające z nieprawidłowej eksploatacji i obsługi nurków i personelu technicznego. Mimo, że wszyscy podlegali szkoleniu oraz całodobowemu nadzorowi medycznemu i obsługowemu

przez kierujących badaniami, zdarzały się przypadki braku dyscypliny, irytacji oraz błędnych decyzji, pomimo iż obowiązywała zasada podwójnego sprawdzenia prawidłowej czynności. Długotrwałe przebywanie w komorze i w skoszarowanym trybie pracy personelu technicznego powodowało zmęczenie, chęć poprawiania sytuacji i obsługi, nieuwagę oraz błędną interpretację pomiarów. Stres przed nieznanym, pogłębiany przez otoczenie i nerwowość kierujących, zanikał wraz z doświadczeniem. Stres ten wzmacniali przełożeni i osoby z zespołu. Generalnie, ci co nie mieli praktyki nurkowej oraz Ci najlepiej „poinformowani” ostrzegali przed niebezpieczeństwem [5].

Stres ten udzielał się także kierownictwu eksperymentu, szczególnie przy zagrożeniu niepowodzeniem, którego stawką było zdrowie lub życie nurków. Przebywanie nurków w komorze wiązało się z ujawnianiem się cech ich charakterów oraz umiejętności współpracy z kolegami. Dlatego tak ważny był dobór nurków testerów, których badał psycholog na wszystkich etapach eksperymentu.

„W całym cyklu eksperymentów mieliśmy dwie bardzo stresogenne sytuacje. Pierwsza – podczas wychodzenia nurków z komory po zakończeniu dekompresji z saturacji o plateau 80 m, trzech nurków straciło przytomność i przewróciło się. Na szczęście szybko przytomność odzyskali. Przyczyna była trudna do ustalenia, ale po długiej i szczegółowej analizie przebiegu ostatnich godzin dekompresji zagadka się wyjaśniła. medycznej i obsługowej wyjaśniono. Duży wąż do komory transferowej przy ciśnieniu 1,2.m H₂O stawał się nieszczelny, co powodowało utratę mieszaniny oddechowej. W związku z tym koniecznym było uzupełnianie mieszaniny oddechowej celem utrzymania wymaganego ciśnienia w komorze. Kierownik zmiany - wachty dla oszczędności drogich mieszanin w końcowe fazy dekompresji dodawał do atmosfery komory resztki mieszanin dennych helioksowych 7% tlenu, zamiast użyć helioks o zawartości 20% tlenu. Spowodowało to chwilową hipoksję. Szczęściem w tej sytuacji był fakt, iż hipoksyczna mieszanina była dodawana do atmosfery komory przejściowej, nie zaś pobytowej. Drugim bardzo stresogennym przypadkiem była ostatnia w programie ekspozycja saturowana z wykorzystaniem nitroksu z plateau saturacji 45m. Wpływ relatywnie wysokiego ciśnienia parcjalnego azotu sprawił w dobry humor nurków testerów. Wpływ narkozy azotowej u każdego nurka był na innym poziomie, i narastał wraz z czasem ekspozycji. To zjawisko nie ułatwiało komunikacji z nurkami przebywającymi w komorze, i powodowało ich niesubordynację. To tylko dwa przypadki z kilkunastu pokazujące, że takich sytuacji trudno było uniknąć.” – wspomina swoje doświadczenia autor.

Trudności wynikające z czynników zewnętrznych to awarie techniczne, i zakłócenia dostaw logistycznych. Przerwy w zasilaniu energii elektrycznej także występowały, mimo że informowano stosowne służby. W sytuacji wystąpienia takowych trudności sprawdzaliśmy działanie w realnych sytuacjach awaryjnych i odporność systemu na zagrożenia zewnętrzne oraz działanie naszej bazy, by zapewnić utrzymanie stosownych parametrów podtrzymania życia i komfortu przebywania pod ciśnieniem nurków. W tych przypadkach sprawdzały się układy i urządzenia zasilania komory, oraz ich wyposażenia tworzące wewnętrzne i zewnętrzne awaryjne układy podtrzymania życia ludzi i utrzymania parametrów atmosfery.

Najmniej zakłócający dla utrzymania parametrów atmosfery komory jest pobyt na plateau, gdyż utrzymywanie parametrów odbywa się przy stałym ciśnieniu, a głównymi zakłóceniami są pory dnia i utrzymanie kondycji psychofizycznej nurków oraz wykonywanie zadań. Podczas faz dynamicznych tj kompresji i dekompresji parametry muszą być utrzymywane przy zmianach ciśnienia, co wymaga ścisłego nadzoru obsługi tak by nie przekroczyć założonych parametrów, a w szczególności ciśnień parcjalnych tlenu w dolnej i górnej granicy oraz górnej granicy dwutlenku węgla.

Dlatego też podczas badań i eksperymentalnych nurkowań saturowanych ważnym czynnikiem jest wiarygodny pomiar, co realizowano stosując trzy różne metody pomiarów tych gazów, opartych o pomiar chromatograficzny, elektrochemiczny i paramagnetyczny. Dzięki współpracy z specjalistami Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego w Bytomiu podczas badań wykorzystano najnowsze ówczesne metody pomiarowe dla ekspozycji, w których wymagana była wysoka dokładność pomiaru rosnąca wraz z głębokością. Specjaliści Centralnej Stacji wykonywali pomiary weryfikujące wyniki pomiarów laboratorium ZSNiTPP przy badaniach dekompresji z użyciem trimiksu. Posiadana w kraju baza pomiarowa nie była przygotowana do pomiarów w środowisku helowym i problem ten był jednym z zadań badawczych.

BIBLIOGRAFIA

1. Miller J.W., Koblick I.G Living and Working in the sea VanNostrand Reinhold Company ISBN 0-442-26084-9 1984;
2. Kenny J.E.: Business of diving. Gulf Publishing: Houston 1972;
3. W.A. Wiszniałow, D.W. Merenów „Głębokowodnoje wodolaznoje techniki`` Technika Oswojenia Okeana. Sudostrojenie Leningrad 1982;
4. Informacje autora z oparte na doświadczeniu zawodowym;
5. Informacje autora z udziału prac relizowanych przez Zakład Sprzetu Nurkowego I Technologii Prac Podwodnych Akademii Marynarki Wojennej w latach 1976 -2000;
6. Dokumentacja techniczne i organizacyjna CPBR - 9.5 "Techniczne, medyczne i prawne problemy długotrwałego przebywania człowieka pod wodą," Systemy podtrzymania życia kompleksu nurkowego GWK - 200". Akademia Marynarki Wojennej. Stocznia Szczecińska im. A.Warskiego 1990 r.;
7. M.Przylipiak. "Wentylacja komór hiperbarycznych przy stosowaniu zewnętrznych systemów regulacji " Referat na Sympozjum "Nurkowanie saturowane - Problematyka techniczna". Wyższa Szkoła Marynarki Wojennej. Gdynia 1985;
8. Pleszewski M.,Skrzyński S., Baza techniczna nurkowań saturowanych w Akademii Marynarki Wojennej III Sympozjum „Nurkowanie Saturowane - Problematyka Techniczna" A M W 1991;
9. Doboszyński T, Łokuciejewski B. „Badania nad przebiegiem dekompresji nurkowań saturowanych przy użyciu powietrza” .KMM WAM Gdynia w 1983-1985;
10. Doboszyński T, Łokuciejewski B., Wybór optymalnego w warunkach krajowych systemu nurkowania saturowanego do głębokości 120m Zakład Medycyny Podwodnej Katedry Medycyny Morskiej WAM Gdynia 1986;
11. Doboszyński T., Łokuciejewski B. System Nurkowania Saturowanego na 100m oraz Zasady Zabezpieczenia Medycznego Nurków w GWK-200 i LSH-200 Zakład Medycyny Podwodnej Katedry Medycyny Morskiej WAM Gdynia 1990.

Stanisław Skrzyński
Akademia Marynarki Wojennej
im. Bohaterów Westerplatte 81 – 103 Gdynia 3
ul. Śmidowicza 69
tel.: +58 626 27 46,
e-mail: skrzynski@interecho.com