

WSPÓŁCZESNE METODY PROWADZENIA PRAC HYDROGRAFICZNYCH

Pojęcie „hydrografia” (opis wód) ma wiele różnych znaczeń, które umownie można podzielić na trzy grupy: po pierwsze – jest to nauka opisująca wody na Ziemi, po drugie – jest to kompleks przedsięwzięć ukierunkowanych na zabezpieczenie żeglugi i wreszcie po trzecie – zbiór wodnych obiektów na lądzie i ich zobrazowanie na mapie [4].

Prace hydrograficzne zaś, to szereg przedsięwzięć będących odpowiednikiem lądowych pomiarów geodezyjnych i topograficznych na obszarach wodnych. Charakterystycznym elementem tych prac, odróżniających je od prac geodezyjnych na lądzie, jest fakt, że wykonywane są one z ruchomych stanowisk pomiarowych (okręt, statek, łódź) [4].

Współcześnie prowadzone prace hydrograficzne możemy podzielić ze względu na główne cele, jakie im przyświecają:

- a) badanie rzeźby dna morskiego;
- b) trałowanie hydroakustyczne;
- c) badanie osadów dna morskiego.

Powyższe oczywiście nie wyczerpują zakresu prowadzonych współcześnie prac hydrograficznych, są jednak ich zasadniczymi elementami.

Badanie rzeźby dna morskiego sprowadza się w praktyce przede wszystkim do pomiarów batymetrycznych na zadanym akwencie. Historycznie wypracowany „klasyczny” model zbierania danych batymetrycznych stosowany jest po dzień dzisiejszy. Polega on na tym, że okręt przemieszczając się wzdłuż pewnej linii (profilu) ciągle określa swoją pozycję, rejestrując jednocześnie przy użyciu echosondy wartości głębokości. Profile najczęściej projektuje się jeden obok drugiego równolegle. Szczegółowość uzyskanych danych batymetrycznych zależy przede wszystkim od odległości między profilami oraz od odległości między punktami pomiaru głębokości na profilu.

Przedstawiona powyżej „klasyczna” metoda prowadzenia pomiarów batymetrycznych doprowadzona jest obecnie do wysokiego stopnia doskonałości. Osiągnięte zostało to dzięki rozwojowi ogólnodostępnych precyzyjnych systemów nawigacyjnych, nowoczesnych sposobów rejestracji danych oraz wydajnej techniki obliczeniowej zdolnej przetworzyć znaczne ilości danych już na etapie prowadzonego sondażu. Metoda ta posiada również pewne wady, do których przede wszystkim należy:

- a) istnienie między profilami przestrzeni całkowicie niezbadanej,
- b) wysoki wzrost kosztów i czasu przy próbach zwiększenia szczegółowości sondażu.

W celu usunięcia tych wad stosuje się dwie drogi. Pierwsza to dodatkowe badanie przestrzeni między profilami poprzez trałowanie hydroakustyczne, druga zaś to przejście do powierzchniowego pomiaru głębokości. O ile jeszcze w latach 80 – tych drogi te pozostawały wciąż w sferze badań i rozwoju, o tyle dzisiejsza technika zapewnia ich efektywną realizację.

Pierwszą z dróg osiąga się poprzez uzupełnianie pomiarów batymetrycznych realizowanych z wykorzystaniem echosond jednowiązkowych skanowaniem sonarowym z użyciem zarówno sonarów burtowych, jak i sonarów holowanych za rufą jednostki sondującej. Drugą z dróg realizuje się poprzez zastępowanie, na pokładach jednostek nawodnych, echosond jednowiązkowych – wielowiązkowymi, bądź laserowymi systemami pomiarowymi operującymi z pokładu nosicieli latających (samolotu, śmigłowca). Poważnym jednak ograniczeniem systemów laserowych jest ich brak zdolności do wykonywania pomiarów batymetrycznych na większych głębokościach. Maksymalny zakres pomiaru głębokości zależy tutaj przede wszystkim od przejrzystości wody na danym akwenu. Należy spodziewać się, że przez pewien czas echosondy wielowiązkowe pozostaną główną alternatywą w zakresie pomiarów batymetrycznych dla klasycznych echosond jednowiązkowych.

Przykładem systemu echosondy wielowiązkowej o uniwersalnym zakresie pomiarowym (0,5 – 200 metrów) jest model Simrad EM3000. Występuje on w konfiguracji jedno (EM3000), bądź dwugłowicowej (EM3000D). Daje on szerokie możliwości zastosowania, od sondaży akwenów portowych, poprzez akwenu przybrzeżne, do sondaży morskich na głębokościach do około 200 m. Warto zwrócić uwagę na fakt, że szeroki sektor pokrycia wiązkami daje możliwość obrazowania nie tylko dna morskiego, lecz również, w akwenach portowych, konstrukcji takich jak falochrony, nabrzeża itp.

Parametr	Wartość
Częstotliwość	293 kHz i 307 kHz
Ilość wiązek	254
Szerokość pojedynczej wiązki	1,5 ° x 1,5 °
Rozkład kątowy wiązek	0,9 ° (średni)
Sektor pokrycia wiązkami	210 °
Długość impulsu	150 μs
Dokładność pomiaru głębokości	10 cm RMS
Zakres pomiaru głębokości	0,5 m – 200 m
Rejestracja danych	40 – 300 MB / h

Tabela 1: Podstawowe dane techniczne echosondy EM3000D.

Trałowanie hydroakustyczne realizowane nie jako element uzupełniający pomiarów batymetrycznych, lecz jako podstawowy cel pomiarów hydrograficznych cechują odmienne cele i oczekiwania użytkownika. Nastawione jest ono na sprawdzenie czystości trałowanego rejonu pod względem występowania obiektów podwodnych zalegających na dnie. Elementami takimi będą np.: wraki, głazy, elementy konstrukcji hydrotechnicznych, kable podwodne, denne obiekty minopodobne, itp.. Użytkownik oczekuje wówczas określonej z założonym prawdopodobieństwem informacji o występowaniu (bądź braku) w danym rejonie obiektów podwodnych. Dodatkowo użytkownik oczekuje, że wykryte obiekty zostaną dokładnie opisane parametrami takimi jak położenie (pozycja), wielkość, charakter itp.. Wszelkie opisujące obiekt parametry ułatwiają jego późniejszą identyfikację.

Zawężeniem zagadnienia przeszukania rejonu w celu określenia jego „czystości” jest przeszukanie rejonu w poszukiwaniu obiektu, którego charakter jest znany, zależy nam natomiast na dokładnym określeniu jego położenia (np. określenie pozycji nowo zatopionego wraku).

W realizacji każdego z powyższych zadań wykorzystywane są zarówno sonary burtowe operujące z powierzchni wody, jak i sonary holowane za rufą jednostki. Te ostatnie mają tę przewagę, że operując bliżej dna morskiego, w połączeniu z zastosowaniem wyższych częstotliwości roboczych oraz cyfrowej obróbki sygnału dostarczają wysokiej jakości sonogramów dających większe możliwości identyfikacji obiektów podwodnych niż w wypadku sonarów burtowych.

Przykładem cyfrowego sonaru holowanego jest DF-1000 EdgeTech. To dwuczęstotliwościowy, sonar dostarczający obrazy wysokiej rozdzielczości przy głębokościach pracy przekraczających możliwości systemów analogowych. Sonar ten może skutecznie zobrazowywać obiekty leżące na głębszych akwenach morskich, a dzięki swoim parametrom technicznym jest efektywnym narzędziem wspomagania współczesnych prac hydrograficznych [2].



**Rysunek 1: Holowany sonar boczny DF-1000 EdgeTech.
(foto A. Grządziel)**

Parametr	Wartość
Częstotliwości pracy	100 kHz \pm 10 kHz – standardowa 400 kHz \pm 20 kHz – wysokiej rozdzielczości, nazywana częstotliwością 500 kHz
Długość impulsu	0.1 ms dla 100 kHz 0.01 ms dla 500 kHz
Szerokość wiązki	1.2° dla 100 kHz (w płaszczyźnie poziomej) 0.5° dla 500 kHz (w płaszczyźnie poziomej) 50° przesunięta w dół 20° (w płaszczyźnie pionowej)
Częstotliwość próbkowania	24 kHz na każdy kanał
Zakres głębokości	1000 m
Maksymalna prędkość holowania	12.7 węzła

Tabela 2: Podstawowe dane techniczne sonaru DF-1000 EdgeTech.

Sonary jednak nie są jedynym źródłem informacji o obiektach podwodnych. Innym źródłem takiej informacji, szczególnie w aspekcie poszukiwania wraków są urządzenia rejestrujące zmiany bądź zaburzenia ziemskiego pola magnetycznego wywołane obecnością obiektu to pole zaburzającego. Przykładem kompaktowego magnetometru morskiego jest model Explorer firmy Marine Magnetics. Jego niewielkie gabaryty, małe zużycie energii, możliwość współpracy z dowolnym komputerem klasy PC oraz niemal całkowita bezobsługowość czynią go idealnym urządzeniem do zastosowania na dowolnej jednostce – od małej łodzi, poprzez kuter, do statku pełnomorskiego włącznie.



Rysunek 2: Holowany magnetometr Marine Magnetics Explorer [5].

Parametr	Wartość
Dokładność bezwzględna	0.2 nT
Czułość	0.02 nT
Rozdzielczość	0.001 nT
Strefa martwa	brak
Pobór prądu	2 W
Zakres pomiaru	18.000 – 120.000 nT
Częstotliwość pomiaru	4 Hz – 0,1 Hz

Tabela 3: Podstawowe dane techniczne magnetometru Marine Magnetics Explorer [5].

Kluczowym zagadnieniem podczas pracy z holowanymi urządzeniami zaburtowymi (sonarem holowanym, magnetometrem) jest ich dokładne pozycjonowanie w toni wodnej. O ile określenie pozycji jednostki na powierzchni wody oraz sprzętu pomiarowego sztywno z nią powiązanego (sonar burtowy) możliwe jest przy użyciu wielu systemów nawigacyjnych, o tyle określenie dokładnego położenia w toni wodnej sprzętu pomiarowego, niepowiązanego sztywno z jednostką sondującą, jest już trudniejsze.

Podstawowa metoda to określenie położenia sprzętu względem jednostki holującej na podstawie takich parametrów jak: pozycja jednostki holującej, jej kurs i prędkość, długość wydanej kabloliny, parametry dryfu i prądu morskiego. Metoda ta, zależna od szeregu zmiennych w czasie parametrów, nie zapewnia jednak wystarczających dokładności pomiaru.

Współcześnie pozycjonowanie dowolnego przyrządu pomiarowego w toni wodnej realizuje się za pomocą systemów nawigacji podwodnej. U podstaw działania systemu nawigacji podwodnej (systemu pozycjonowania podwodnego) leżą zależności znane z nawigacyjnych systemów pozycjonowania opartych na pomiarze różnicy odległości między stacjami bazowymi.

Zasadniczym elementem systemu jest szereg transduktorów akustycznych ustawianych w trójkąt lub kwadrat w dolnej części statku. Odległości między poszczególnymi transduktorami decydują o zaklasyfikowaniu systemu do jednej z poniższych kategorii: systemów o krótkiej linii bazowej (SBL – Short Base Line), bardzo krótkiej linii bazowej (SSBL – Super Short Base Line) i ultra krótkiej linii bazowej (USBL – Ultra Short Base Line).

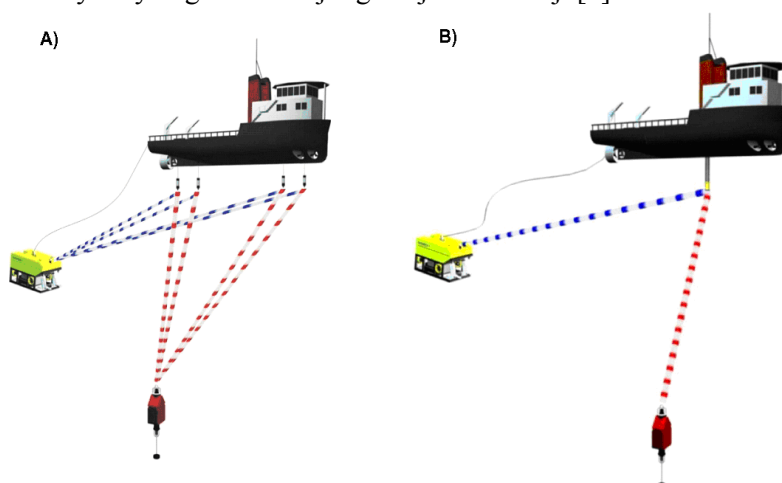
Kolejnymi elementami systemu są transpondery odzewowe montowane na pokładach podwodnych urządzeń pomiarowych, takich jak chociażby zdalnie sterowane pojazdy podwodne czy sonary holowane.

W systemach SBL mierzony jest czas transmisji akustycznej między transduktorami a transponderem, kiedy wszystkie umieszczone na kadłubie transduktory otrzymują odpowiedź od transpondera. Porównując różnice czasów między odebraniem sygnałów akustycznych można obliczyć różnice odległości transpondera od poszczególnych transduktorów, a stąd jego pozycję [3].

W systemach USBL przestajemy wręcz mówić o oddzielnych transduktorach, gdyż transduktory kadłubowe występujące w systemach SBL zastąpiono jednym transeiverem, który zawiera jeden dedykowany transduktor nadawczy i kilka transduktorów odbiorczych.

Komunikując się akustycznie z transponderem, transceiver przekształca opóźnienie, aż do uzyskania odpowiedzi w odpowiednim zakresie. Ponadto, niewielkie różnice w czasie przybycia odpowiedzi przy poszczególnych transdaktorach w macierzy transceivera można wykorzystać do określenia kierunku źródła. Takie małe opóźnienia (mikrosekundowe) są analizowane jako różnice fazowo-czasowe. Dane te są następnie analizowane tak, by znaleźć najlepsze dopasowanie. Jako że stosuje się więcej niż trzy transduktory odbiorcze, nadmiarowe informacje można wykorzystać do pomiaru spójności danych, a więc jakości pozycji [3].

System USBL, choć wygodniejszy w instalacji od SBL, jest bardziej skomplikowany i wymaga starannej regulacji i kalibracji [3].



Metoda określania pozycji SBL (A) i USBL (B) [3].

Miniaturyzacja elektroniki stała się częścią współczesnych systemów hydrograficznych. Gdy pominiemy takie elementy urządzeń, jak hydroakustyczne przetworniki nadawcze i odbiorcze, których rozmiary zależą od długości emitowanej fali dźwiękowej, to okaże się, że pozostałe elementy to niewielkich rozmiarów bloki elektroniki nadawczo – odbiorczej, sterującej pracą poszczególnych systemów. Bloki te zazwyczaj współpracują ze standardowymi komputerami klasy PC, działającymi pod kontrolą jednego ze znanych systemów operacyjnych (Windows, Linux, Unix).

Współcześnie prowadzone prace hydrograficzne to przedsięwzięcia angażujące znaczne ilości nowoczesnego sprzętu elektronicznego. Wszelkie wymienione wcześniej systemy są jak klocki układanki. Ich dobór zależy przede wszystkim od rodzaju realizowanego zadania oraz celu, jaki chcemy osiągnąć.

Od współczesnego hydrografa wymaga się dziś, by był sprawnym elektronikiem, informatykiem i menadżerem. Pamiętać jednak należy, że od momentu planowania pracy hydrograficznej, poprzez jej realizację, aż do uzyskania finalnego efektu pracy, to on odgrywa kluczową rolę budowniczego, który z danych mu do dyspozycji „klocków” buduje sprawnie działający system zdolny stworzyć pełny, rzeczywisty obraz obszarów wodnych.

BIBLIOGRAFIA

1. „Przepisy służby nawigacyjnej. Prace hydrograficzne”. DMW, Gdynia 1974.
2. Beczek D., Grządziel A., Pączek B.: „Zastosowanie wybranych systemów hydroakustycznych do wizualizacji wraków na polskich obszarach morskich”, Materiały XIV Międzynarodowej Konferencji Naukowo – Technicznej „Rola nawigacji w zabezpieczeniu działalności ludzkiej na morzu”, Gdynia 2004.
3. Gajewski L., Łukowski R., Plichta M., Budźko M.: „System pozycjonowania podwodnego Fusion. Dokumentacja techniczna”. Seabed Polska. Gdańsk 2003.
4. Kierzkowski W.: „Pomiary morskie. Cz. I. Pomiary hydrograficzne. T. 1”. WSMW, Gdynia 1984.
5. www.marinemagnetics.com

