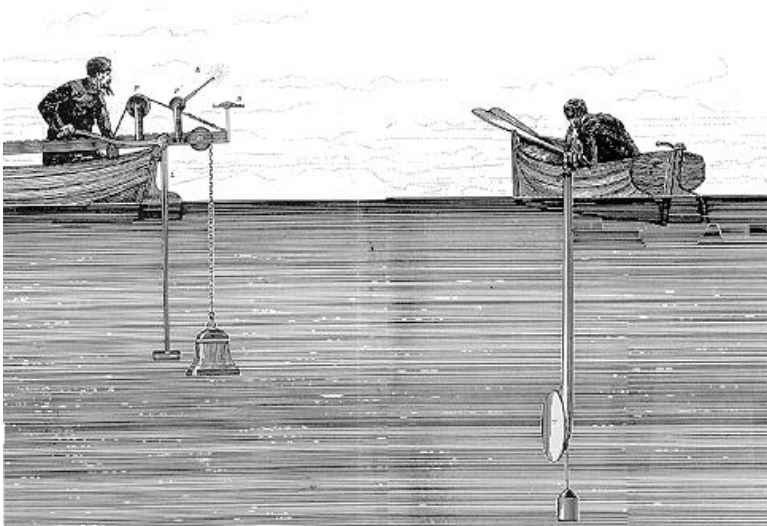


Echosondy



Literatura:

Maciej Gucma, Jakub Montewka, Antoni Zieziula – Urządzenia nawigacji technicznej

Krajczyński Edward – Urządzenia elektronawigacyjne

Krajczyński Edward – Urządzenia nawigacji technicznej

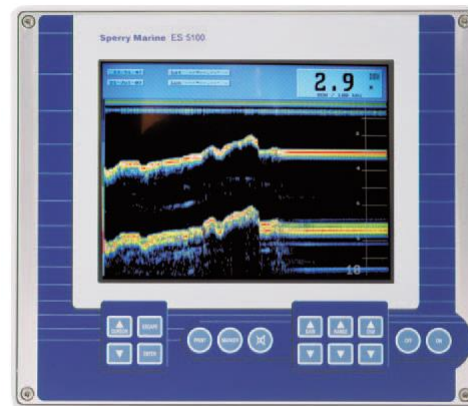
Franciszek Wróbel – Vademecum nawigatora

...

Wprowadzenie

Urządzenia i systemy hydroakustyczne wykorzystują propagację fal dźwiękowych w środowisku wodnym, mają szerokie zastosowanie w działalności ludzkiej na morzu.

W praktyce morskiej, przez sondowanie rozumie się mierzenie głębokości. Natomiast słowo echosonda wskazuje na użycie fal dźwiękowych w celu określenia aktualnej głębokości.



Wprowadzenie

W urządzeniach hydroakustycznych mierzonymi parametrami są takie wielkości jak:

- czas pokonania pewnej odległości przez sygnał akustyczny – zapas wody pod stępką (**echosondy**),
- wielkość amplitudy odebranego sygnału akustycznego w porównaniu z nadanym sygnałem – pomiar kierunku (hydrolokatory),
- różnica częstotliwości pomiędzy sygnałem nadanym a odebrany – pomiar prędkości (logi hydroakustyczne),
- różnica faz sygnału odebranego w stosunku do nadanego – pomiar odległości (urządzenia specjalnego przeznaczenia).

Wprowadzenie

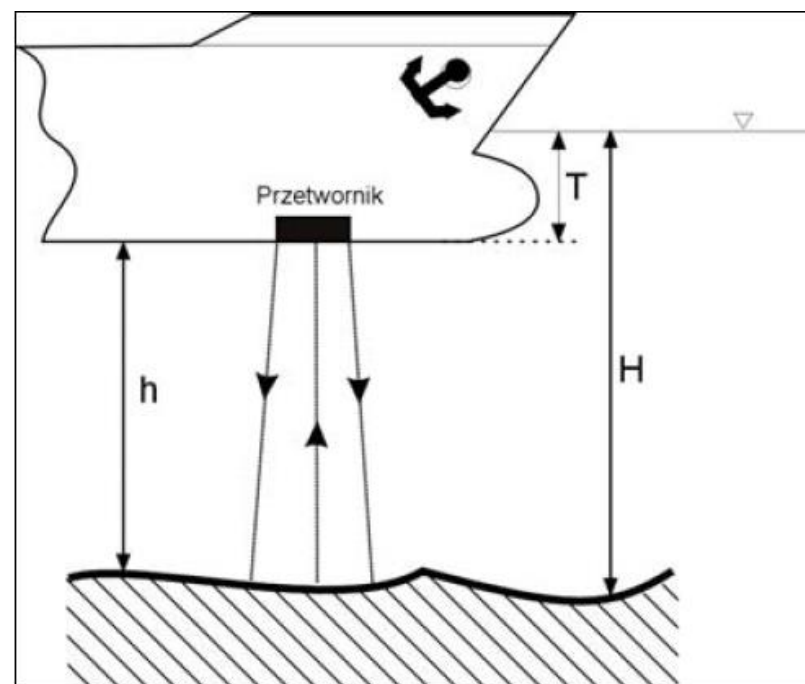
Echosondy możemy podzielić na:

- nawigacyjne
- oceanograficzne
- hydrograficzne
- geodezyjne
- rybackie
- specjalnego przeznaczenia

Wprowadzenie

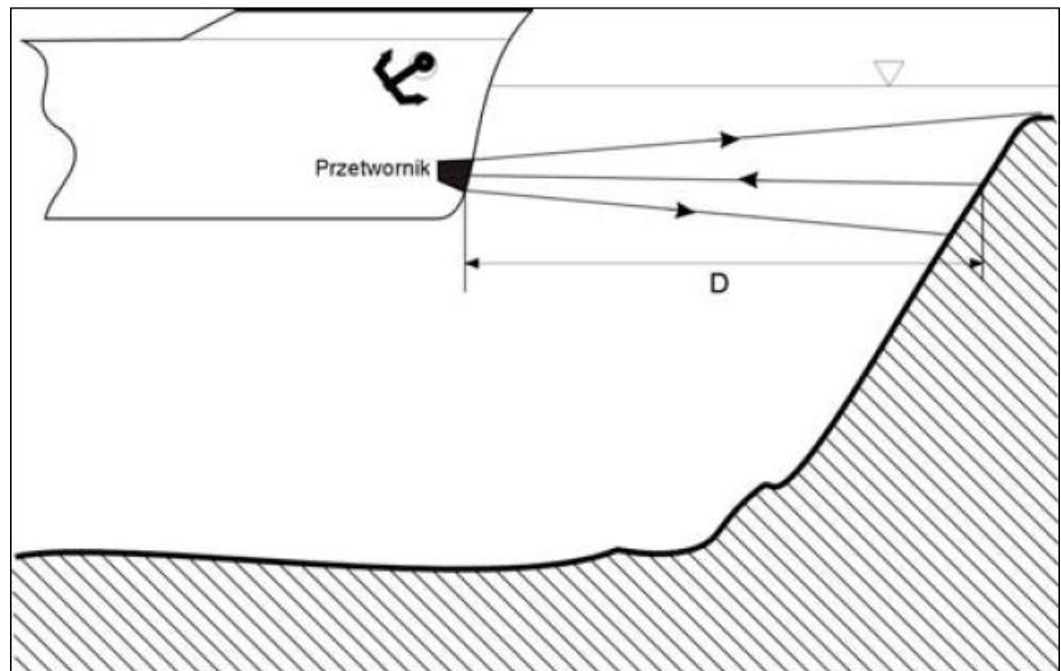
W zależności od płaszczyzny pracy echosondy dzielą się na:

- głębinowe – pomiar w płaszczyźnie pionowej, mierzona wartość to zapas wody pod stępką (h), a po uwzględnieniu zanurzenia statku (T) uzyskuje się głębokość akwenu (H)



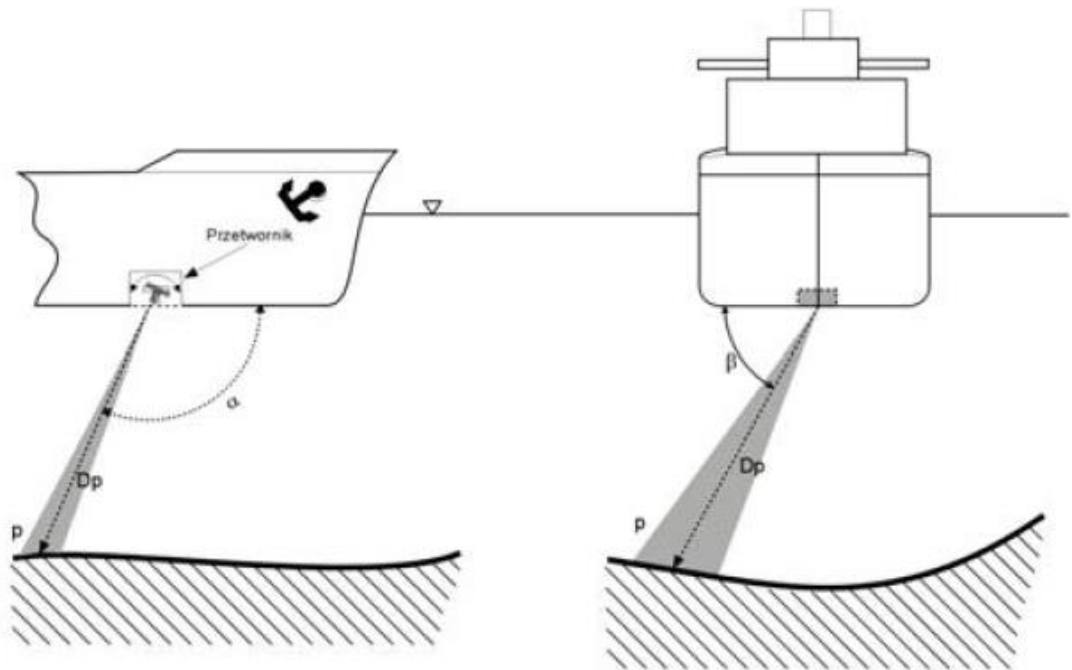
Wprowadzenie

- horyzontalne – pomiar w płaszczyźnie poziomej, mierzona wartość (D) to odległość od przeszkody



Wprowadzenie

- dokonujące pomiaru pod dowolnym kątem – mierzona wielkość to odległość (D_p) i dodatkowo kąty α i β



Wprowadzenie

Fala hydroakustyczna definiowana jest przez częstotliwość, amplitudę i kształt. W akustyce przyjęto, że sygnału o częstotliwości do 20 Hz nazywa się infradźwiękami, od 20 Hz do 20 kHz dźwiękami słyszalnymi, powyżej 20 kHz ultradźwiękami. W echosondach nawigacyjnych wykorzystuje się fale z zakresu od ok. 20 kHz do ok. 200 kHz.

Wprowadzenie

Zastosowanie fal akustycznych typu ciśnieniowego wynika z wielu dodatnich cech ich propagacji w ośrodku wodnym, takich jak:

- rozprzestrzenianie się w wodzie morskiej ze stosunkowo dużą prędkością (ok. 1500 m/s)
- w przybliżeniu prostoliniowa propagacja
- przenoszenie energii na stosunkowo znaczną odległość
- łatwość kierunkowego kształtowania wiązki fali
- zdolność odbijania się części emitowanej energii od spotykanych na drodze przeszkód
- zachowanie podstawowej zasady mówiącej, że: „kąt odbicia jest równy kątowi padania”
- Stosunkowo łatwy sposób uzyskiwania fali hydroakustycznej z innych form energii

Wprowadzenie

Dla pełnego obrazu cech fali hydroakustycznej należy wymienić ich cechy negatywne, do których należą:

- stosunkowo duże tłumienie ośrodka
- rozbieżność wiązki fali
- ograniczony zakres stosowanych częstotliwości

Parametry charakterystyczne

Moc akustyczna promieniowania – ilość energii wysłanej przez źródło w jednostce czasu. Określa się ją w watach [W]. Moc akustyczną określa się często w jednostkach logarytmicznych wyrażonych w decybelach w odniesieniu do mocy 10^{-12} wata, czyli moc 1 wata przyjmuje się jako poziom równy 120 dB.

Rezystancja ośrodka – określana poprzez impedancję akustyczną. Do określania impedancji często wykorzystuje się rezystancję właściwą ośrodka, której wartość zależy od gęstości środowiska i prędkości fali w ośrodku wodnym.

Parametry charakterystyczne

Moc akustyczna promieniowania – ilość energii wysłanej przez źródło w jednostce czasu. Określa się ją w watach [W]. Moc akustyczną określa się często w jednostkach logarytmicznych wyrażonych w decybelach w odniesieniu do mocy 10^{-12} wata, czyli moc 1 wata przyjmuje się jako poziom równy 120 dB.

Rezystancja ośrodka – określana poprzez impedancję akustyczną. Do określania impedancji często wykorzystuje się rezystancję właściwą ośrodka, której wartość zależy od gęstości środowiska i prędkości fali w ośrodku wodnym.

Parametry charakterystyczne

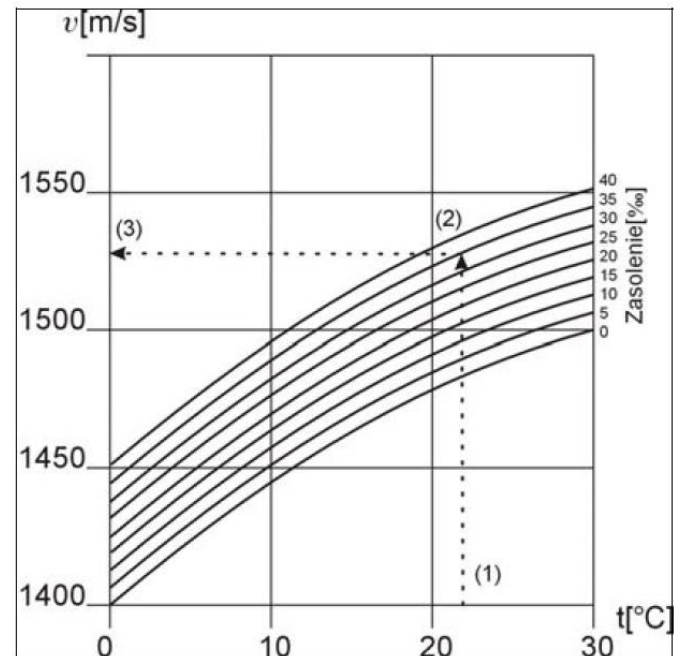
Natężenie akustyczne – określane często jako natężenie dźwięku, jest to moc akustyczna przypadająca na jednostkę powierzchni prostopadłej do kierunku rozchodzenia się fali hydroakustycznej.

Intensywność fali dźwiękowej – nazywana również poziomem natężenia dźwięku, jest wielkością określaną w decybelach w odniesieniu do poziomu natężenia akustycznego równego 10^{-12} W/m^2 , przyjętego umownie za poziom zerowy. Za granicę słyszalności przyjęto natężenie fali, której intensywność wynosi 0dB, co odpowiada wartości natężenia równej $10^{-12} \text{ [W/m}^2]$

Rozprzestrzenianie się fali - prędkość

Prędkość fali hydroakustycznej zależy od sprężystości i gęstości ośrodka, zaś te wielkości zależą od temperatury, zasolenia i panującego w ośrodku ciśnienia.

$$v = 1445,5 + 4,62T - 0,0452T^2 + (1,32 - 0,007T)(S - 35)$$



Rozprzestrzenianie się fali - częstotliwość

Dobór częstotliwości pracy echosondy, w zależności od rodzaju i głębokości akwenu, jest zadaniem dość trudnym. Oprócz pożądanej szerokości wiązki (a tym samym rozróżnialności obiektów) koniecznym jest uwzględnienie głębokości akwenu. Doświadczalnie uzyskano następującą zależność:

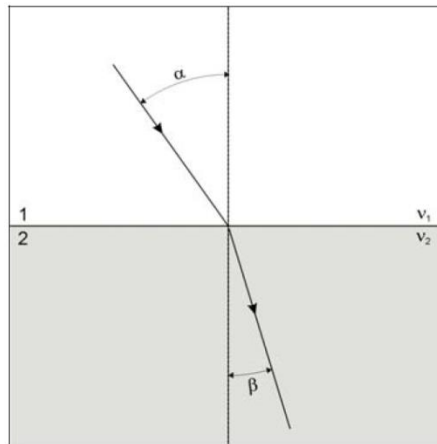
$$f_{opt} = \frac{40}{h_{\max}^{2/3}}$$

Rozprzestrzenianie się fali – załamywanie się fali

Załamywaniem się fali hydroakustycznej nazywamy zmianę kierunku jej rozchodzenia w warstwach danego ośrodka. Wartość zmiany kierunku jest funkcją zmian prędkości rozchodzenia się fali w danej warstwie.

Na załamywanie się fali wpływ mają:

- Różnice prędkości dźwięku w różnych warstwach wody
- Zmiany temperatury, zasolenia i ciśnienia na drodze przejścia fali



$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{v_1}{v_2}$$

Rozprzestrzenianie się fali – straty energii

Straty energii fali hydroakustycznej na pewnym odcinku drogi spowodowane są dwiema głównymi przyczynami:

- rozbieżnością wiązki (natężenie wyrażone jest jako ilość energii przechodzącej przez jednostkę powierzchni)
- tłumieniem ośrodka – uwarunkowane jest działaniem rozproszenia i pochłaniania. Przy obliczeniach strat energii, tłumienie uwzględniane jest przez wprowadzenie współczynnika tłumienia, jednak rzeczywiste wartości tłumienia ośrodka mogą się znacznie różnić z powodu obecności w ośrodku organizmów żywych, pęcherzyków powietrza, planktonu lub innych zanieczyszczeń.

Rozprzestrzenianie się fali – własności odbijające powierzchni

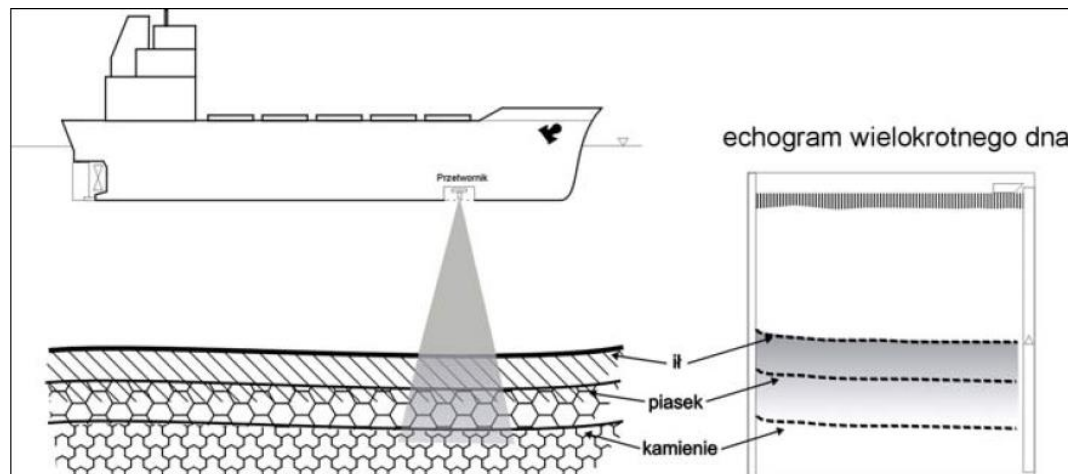
Własności odbijające powierzchni określa się przez współczynnik odbicia, który jest różny dla różnych rodzajów ośrodka odbijającego.

Procent energii odbitej od różnych przeszkód znajdujących się w wodzie

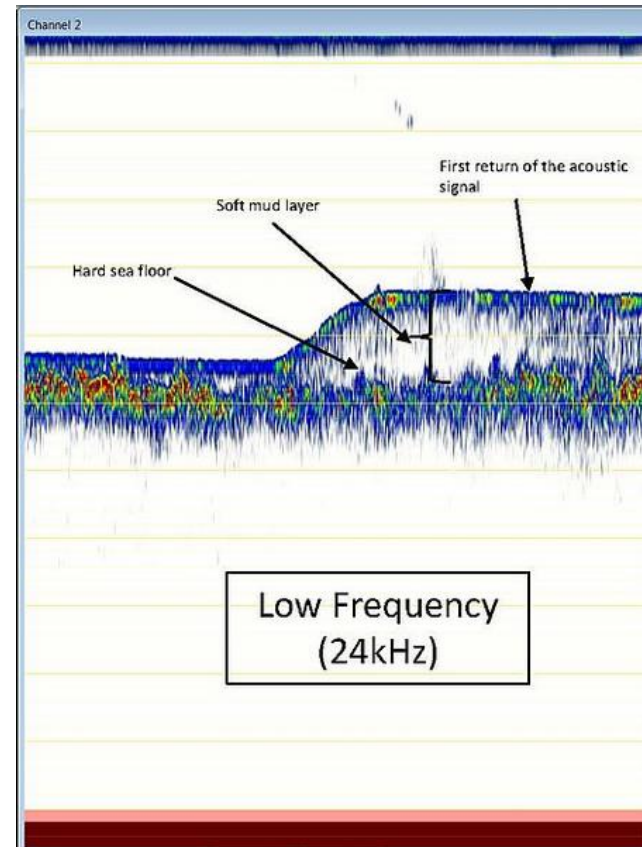
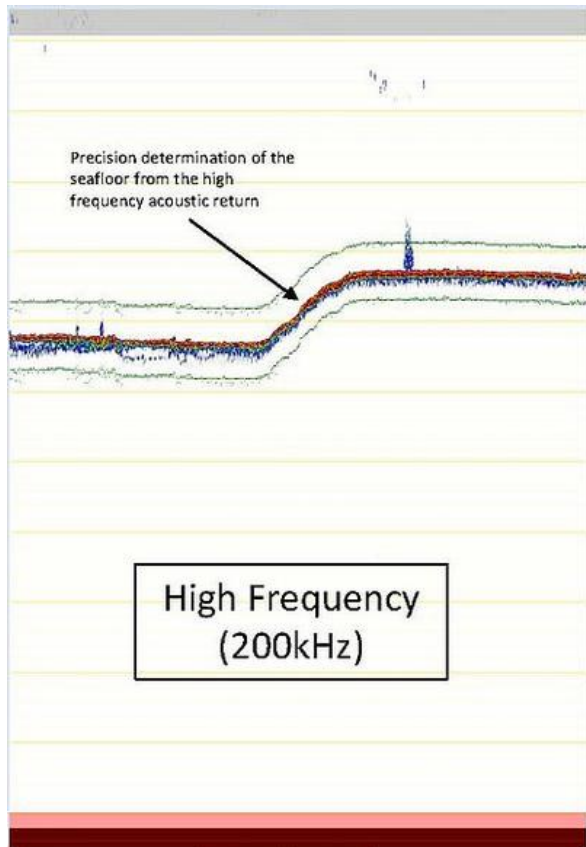
przeszkoda	ilość odbitej energii
powietrze	99,9%
stal	85,0%
granit	65,0%
drewno	21,0%
piasek i lód	13,0%
it	10,0%

Rozprzestrzenianie się fali – własności odbijające powierzchni

Powyższe zestawienie pozwala zrozumieć, dlaczego czasami spotyka się echogramy dna morskiego ukazujące dwa, a nawet trzy zapisy. Ponadto wyjaśnia, dlaczego w przetwornikach toroidalnych reflektorem jest powietrze uformowane przez cienkie ścianki z blachy, a nie sama blacha oraz dlaczego echa ryb posiadających pęcherz pławny są silniejsze, niż ryb nie posiadających pęcherza.



Rozprzestrzenianie się fali – własności odbijające powierzchni



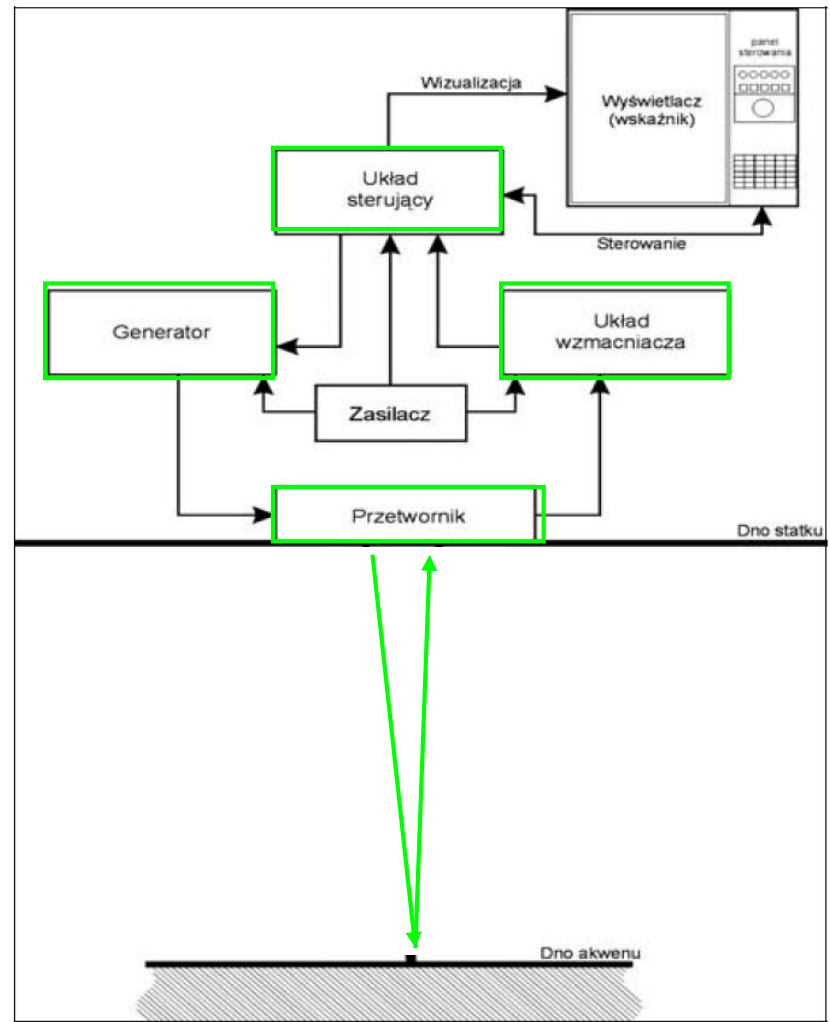
Echosonda – zasada pomiaru

- Układ sterujący generuje impuls rozpoczynający cykl pracy;
- Generator generuje impuls elektromagnetyczny;
- Przetwornik zamienia impuls elektromagnetyczny na hydroakustyczny i emituje go do wody;
- Impuls po dotarciu do dna lub przeszkody odbija się i powraca do przetwornika;
- Przetwornik zamienia impuls hydroakustyczny na elektromagnetyczny;
- Wzmacniacz wzmacnia sygnał;
- Układ sterujący wyznacza czas od chwili nadania do chwili powrotu impulsu.

Echosonda – zasada pomiaru

- Układ sterujący generuje impuls rozpoczynający cykl pracy;
- Generator generuje impuls elektromagnetyczny;
- Przetwornik zamienia impuls elektromagnetyczny na hydroakustyczny i emituje go do wody;
- Impuls po dotarciu do dna lub przeszkody odbija się i powraca do przetwornika;
- Przetwornik zamienia impuls hydroakustyczny na elektromagnetyczny;
- Wzmacniacz wzmacnia sygnał;
- Układ sterujący wyznacza czas od chwili nadania do chwili powrotu impulsu.

$$h = \frac{v \cdot \tau}{2}$$



Echosonda – zasada pomiaru

Przetwornik:

Przetwornik ma za zadanie konwersję sygnału z pasma elektromagnetycznego na pasmo hydroakustyczne (przy nadawaniu) oraz odwrotnie (przy odbiorze)

Najczęściej stosowane:

- Przetworniki piezoceramiczne
- Przetworniki magnetostrykcyjne

Echosonda – zasada pomiaru

Generator:

Układ generatora przetwarza energię zasilania na energię elektryczną o określonym przebiegu czasowym. W echosondach wykorzystuje się generatory impulsowe. Generator jest sterowany przez układ sterujący, a do parametrów sterowania zaliczyć można:

- Moc impulsu
- Czas trwania impulsu
- Sposób generowania impulsów

Wzmacniacz:

W echosondzie stosowany jest w celu wzmocnienia odebranego sygnału do takiej wartości, aby mógł być on zarejestrowany przez układ sterujący i podany na wyświetlacz

Echosonda – zasada pomiaru

Układ sterujący:

Układ sterujący spełnia następujące role:

- Wyznacza częstotliwość impulsowania;
- Wyznacza zakres sondowania;
- Przełącza z nadawania na odbiór;
- Wyznacza czas od chwili pobudzenia przetwornika nadawczego do chwili odebrania echa;
- Podaje sygnał na wskaźnik;
- Przetwarza ustawienia wprowadzone przez operatora na polecenia dla pozostałych bloków.

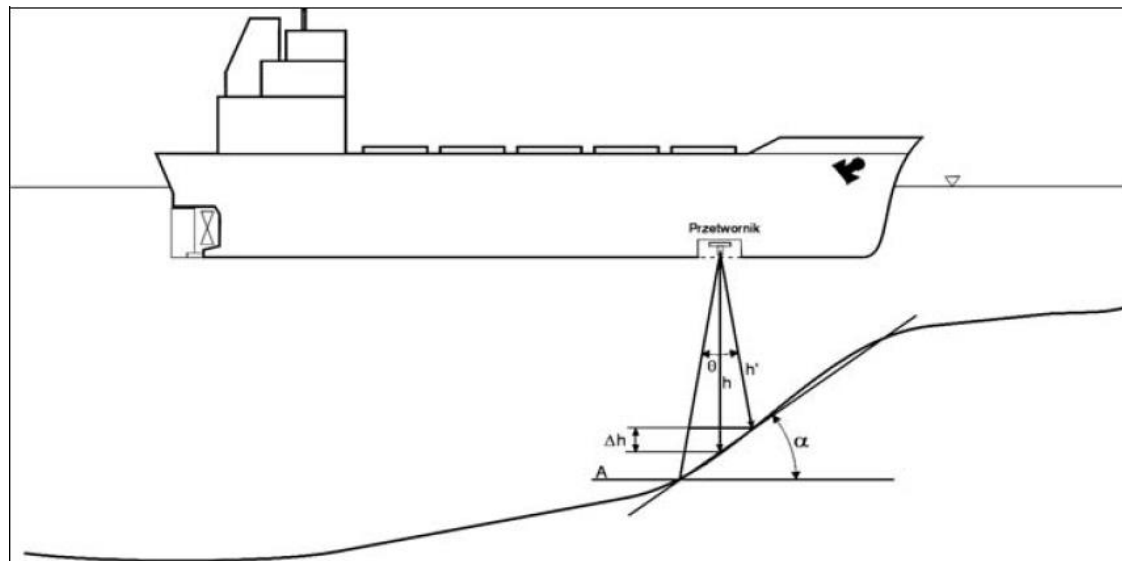
Echosonda – błędy pomiarowe

Źródła błędów:

- Nachylenie dna
- Kołysanie statku
- Kształt impulsu
- Różnica prędkości dźwięku użytej do obliczeń a prędkości rzeczywistej

Echosonda – błędy pomiarowe

Nachylenie dna – w przypadku, gdy dno nachylone jest pod pewnym kątem α w stosunku do płaszczyzny A, rejestrowana jest wielkość h' zamiast rzeczywistej głębokości h



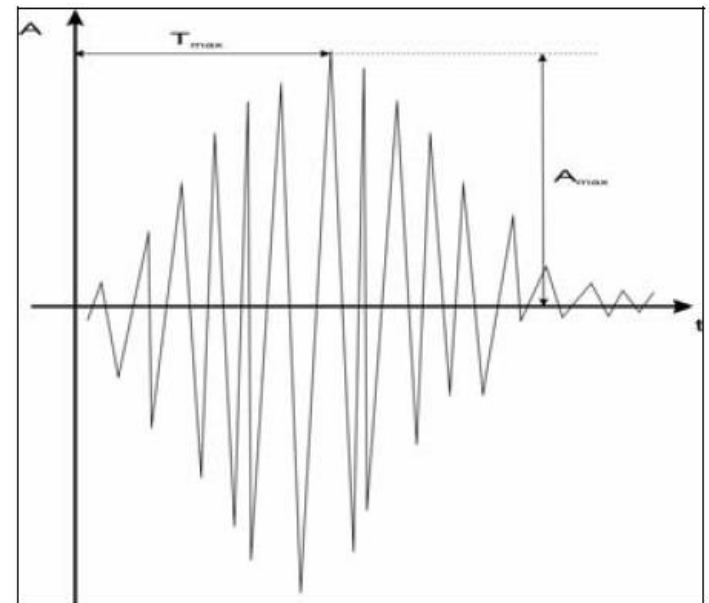
Można stwierdzić, że dla $\alpha \leq 8^\circ$ i $\theta \leq 30^\circ$ błąd nachylenia dla nie wpływa znacząco na odczyt głębokości

Echosonda – błędy pomiarowe

Kołysanie statku – w przypadku kołysań statku echosonda wysyła sygnały nie prostopadle do dna, co powoduje wahania we wskazaniach odczytu głębokości. Redukcję tych błędów realizuje się na etapie konstrukcyjnym umieszczając przetwornik w osi symetrii statku, oraz podczas eksploatacji wybierając niższe częstotliwości pracy przetwornika

Echosonda – błędy pomiarowe

Kształt impulsu – impuls odbierany przez przetwornik osiąga maksymalną amplitudę po czasie T_{max} . Przeciętna wartość tego czasu wynosi ok. 5ms, co przekłada się na błąd pomiaru rzędu 40 cm. Błąd ten minimalizowany jest w nowoczesnych echosondach przez mikroprocesor oraz przez operatora (wybór wyższej nastawy wzmocnienia).



Echosonda – błędy pomiarowe

Różnica prędkości dźwięku użytej do obliczeń a prędkości rzeczywistej – rzeczywistą prędkość rozchodzenia się fali hydroakustycznej w wodzie można obliczyć na podstawie wzorów lub tablic. Obecnie urządzenia mikroprocesorowe posiadają dodatkowe wejścia na czujniki temperatury bądź mają możliwość ręcznego prowadzenia temperatury. Nowoczesne, bardziej zaawansowane urządzenia uwzględniają także wpływ głębokości na pomiar.

Echosonda – parametry regulacyjne

Do głównych parametrów zaliczyć można:

- Gain – Wzmocnienie

Odpowiednio wyregulowane wzmocnienie pozwala rejestrować mniejsze i znajdujące się głębiej obiekty, a także wyeliminować niepożądane szумы. Wzmocnienie należy ustawić trochę poniżej punktu, w którym zaczynają się zakłócenia na ekranie. Nowoczesne echosondy mają możliwość automatycznego ustawienia wzmocnienia.

- TVG – Wzmocnienie zależne od czasu

Regulacja ta ma na celu silniejsze wzmacnianie ech od obiektów położonych na większej głębokości, przy jednoczesnym wyeliminowaniu ech nieużytecznych.

Echosonda – parametry regulacyjne

- Picture speed, Image speed – Prędkość przesuwu obrazu
Opcja ta służy do regulacji prędkości, z jaką obraz przesuwa się po ekranie. Zmiana prędkości przesuwu powoduje zmianę skali poziomej echogramu. Mała prędkość przesuwu obrazu spowoduje zagęszczenie zapisu, co ogranicza możliwość interpretacji, ale zwiększa ilość zapisanych danych.
- Transmit Power – Moc w impulsie
Opcja umożliwiająca wybór mocy wysyłanego impulsu. Zmiana mocy impulsu sondującego powoduje efekty zbliżone do tych, jakie otrzymujemy przy zmianie wzmocnienia ogólnego.

Echosonda – parametry regulacyjne

- **STC – Dostosowanie czasowe czułości**
Parametr ten służy do wytłumienia niepotrzebnych ech pochodzących od małych obiektów położonych blisko powierzchni wody.
- **Pulse Length – Długość impulsu**
Zmiana długości impulsu sondującego wpływa na długość zapisów ech rejestrowanych na ekranie. Dobór długości impulsu powinien uwzględniać zakres pomiarowy (mały zakres – krótki impuls). Często istnieje możliwość automatycznego doboru długości impulsu.

Echosonda – parametry regulacyjne

- Sound velocity – Prędkość dźwięku

Jest to parametr umożliwiający dopasowanie prędkości dźwięku używanego w obliczeniach do aktualnych warunków. Aby uwzględnić wpływ zasolenia i temperatury w nowych echosondach operator może wybrać rodzaj wody (np. morska), podać jej temperaturę czy zasolenie. Istnieją też rozwiązania umożliwiające wykorzystanie czujników temperatury.

- Range

Parametr umożliwiający ustawienie zakresu pomiarowego. W nowych echosondach istnieje możliwość automatycznego doboru zakresu. Funkcja ta utrzymuje obraz dna w dolnej części ekranu.

Echosonda – parametry regulacyjne

- Depth Adjustment, Draft, Draught
Funkcja ta pozwala na odczyt rzeczywistej głębokości mierzonej od powierzchni wody
- Heave Sensor Dialog – Okno dialogowe przechyłu statku
Okno służy do korygowania echogramów o błąd przechyłu pionowego wiązki (wywołanego przechyłami statku). Musi być podłączony czujnik przechyłów.
- Filter – Filtracja obrazu
Funkcja służąca do eliminacji zakłóceń.