

**FUNDACJA ROZWOJU
AKADEMII MORSKIEJ
W SZCZECINIE**

***FRAGMENTY KSIĄŻKI PT.:*
URZĄDZENIA NAWIGACJI
TECHNICZNEJ**

autorstwa:

Maciej Gucma

Jakub Montewka

Antoni Zieziula

Szczecin 2005

Rozdział 4, *Echosondy*

autor: Maciej Gucma <email: macgucma@am.szczecin.pl>

Jak cytować?

M. Gucma, J. Montewka, A. Zieziula, *Urządzenia Nawigacji Technicznej.*
Fundacja Rozwoju Akademii Morskiej w Szczecinie, Szczecin 2005.

4. Echosondy

Wprowadzenie

Urządzenia i systemy hydroakustyczne wykorzystują propagację fal dźwiękowych w środowisku wodnym mają szerokie zastosowanie w działalności ludzkiej na morzu, a podstawowe obszary ich zastosowań to:

- nawigacja morską,
- hydrografia,
- hydrolokacja,
- geotechnika,
- rybołówstwo.

Klasyfikację urządzeń hydroakustycznych można przedstawić następująco:

- echosondy,
- hydrolokatory,
- logi hydroakustyczne,
- urządzenia hydroakustyczne specjalnego przeznaczenia.

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

W urządzeniach hydroakustycznych mierzonymi parametrami są takie wielkości, jak [4]:

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

W systemach specjalnego przeznaczenia wykorzystuje się także pomiar [6]:

- sumy lub różnicy amplitud dwóch fal akustycznych (pomiar kierunku liniowej),
- różnicy faz dwóch sygnałów i czasu (pomiar pozycji),
- zmiany odległości impulsu odebranego w stosunku do emitowanego (badanie charakteru ośrodka lub przeszkody).

Echosondy można funkcjonalnie podzielić na:

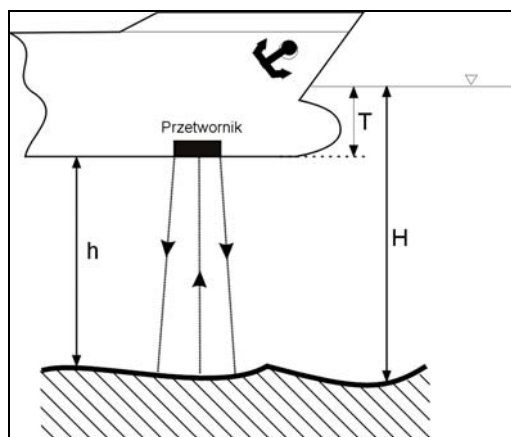
- nawigacyjne,

- oceanograficzne,
- hydrograficzne,
- geodezyjne,
- rybackie,
- specjalnego przeznaczenia.

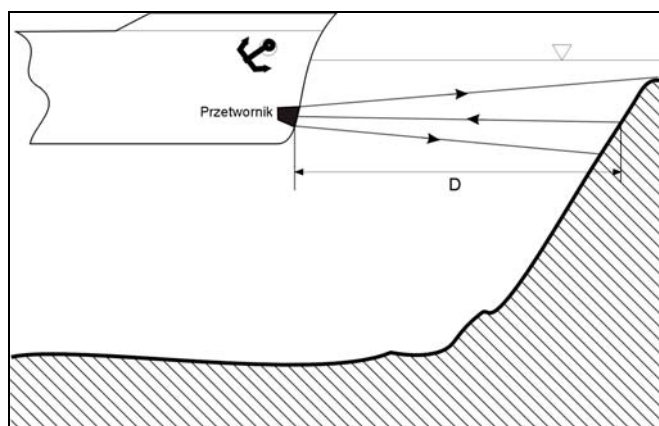
Taki podział jest jedynie orientacyjny. Stosuje się go do określenia klasy urządzenia a nie jego przeznaczenia – można bowiem wykorzystać echosondę hydrograficzną jako nawigacyjną, a oceanograficzną jako rybacką. Urządzenia nie spełnią wtedy optymalnie swojej roli, ani pod względem dokładności czy użyteczności, ani przede wszystkim pod względem ekonomicznym. Dla porównania, dobrej klasy hydrograficzna echosonda wielowiązkowa jest kilkadziesiąt razy droższa niż echosonda nawigacyjna.

Echosondy w zależności od płaszczyzny pracy dzielą się na:

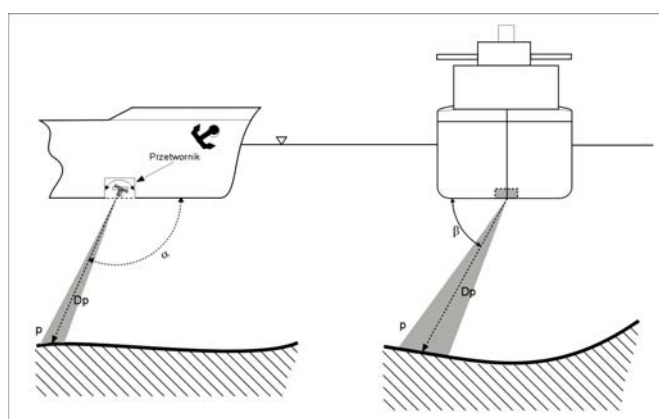
- pomiar w płaszczyźnie pionowej (echosondy głębinowe): mierzona wartość to zapas wody pod stępką (h), a po uwzględnieniu wartości zanurzenia (T) uzyskuje się głębokość akwenu (H) (rys. 4.1);
- pomiar w płaszczyźnie poziomej (echosonda horyzontalna): mierzona wartość (D) to odległość od przeszkody, mogą mieć dodatkowo ruchomy przetwornik (rys. 4.2);
- pomiar pod dowolnym kątem: mierzona wartość odległość D_p i dodatkowo kąt α oraz kąt poprzeczny β (rys. 4.3).



Rys. 4.1. Zasada pomiaru w płaszczyźnie pionowej [4]



Rys. 4.2. Zasada pomiaru w płaszczyźnie poziomej [4]



Rys. 4.3. Pomiar pod dowolnym kątem [4]

W dalszej części rozdziału opisane zostały: teoria pomiarów hydroakustycznych, budowa echosond nawigacyjnych, błędy pomiaru głębokości oraz wybrane typy urządzeń echosond nawigacyjnych.

4.1. Teoria pomiarów hydroakustycznych

4.1.1. Parametry fal hydroakustycznych

Fala hydroakustyczna definiowana jest przez częstotliwość, amplitudę i kształt. W akustyce przyjęto, że sygnały o częstotliwości do 20 Hz nazywa się infradźwiękami, od 20 Hz do 20 kHz dźwiękami słyszalnymi, zaś ponad 20 kHz

ultradźwiękami. W echosondach nawigacyjnych wykorzystuje się fale z zakresu od ok. 20 kHz do ok. 200 kHz.

Fale dźwiękowe powstają i rozchodzą się w ośrodkach gazowych, stałych i płynnych. Warunkiem generowania fal dźwiękowych jest bezwładność oraz sprężystość ośrodka, dlatego fale te nie rozchodzą się w próżni. Fale dźwiękową można zobrazować jako rozprzestrzenianie się zakłócenia równowagi ośrodka. Źródłem powstawania fal hydroakustycznych w ośrodku wodnym jest rdzeń przetwornika echosondy, natomiast ośrodkiem przenoszącym jest woda.

Fale hydroakustyczne posiadają następujące, pozytywne właściwości propagacyjne w ośrodku wodnym:

- rozprzestrzenianie się fali w wodzie z dużą prędkością (ok. 1500 m/s),
- w przybliżeniu prostoliniowa propagacja fal,
- możliwość przenoszenia energii na stosunkowo znaczną odległość,
- łatwość kierunkowego kształtowania wiązki fali,
- zdolność odbijania się części emitowanej energii od spotykanych na drodze przeszkód,
- kąt odbicia jest równy kątowi padania fali,
- stosunkowo łatwy sposób uzyskiwania fali ciśnieniowej z energii elektrycznej.

Do wad można natomiast zaliczyć:

- stosunkowo duże tłumienie ośrodka,
- rozbieżność wiązki fali hydroakustycznej,
- ograniczony zakres stosowanej częstotliwości.

4.1.2. Rozchodzenie się fal hydroakustycznych

W środowisku wodnym występują trzy rodzaje fal akustycznych:

- płaskie,
- kuliste,
- złożone.

Fala hydroakustyczna powstaje w taki sam sposób jak fala akustyczna w powietrzu, czy dowolna fala harmoniczna opisana zależnością [1]:

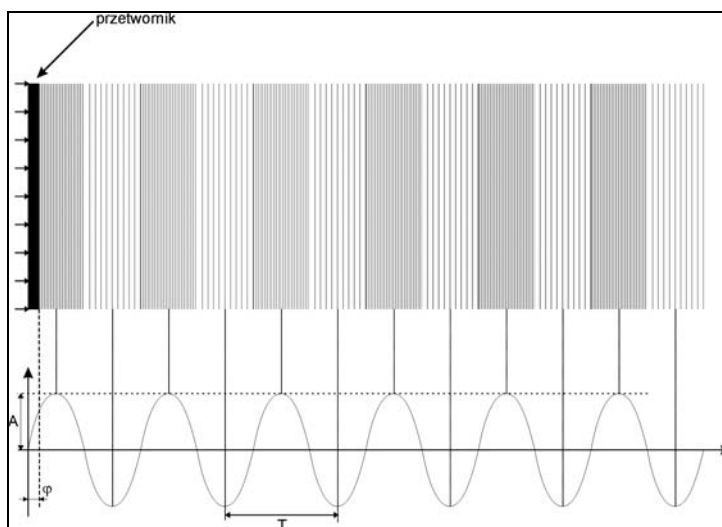
$$A(t) = A \sin(\omega t + \varphi) \quad (4.1)$$

gdzie:

- $A(t)$ – chwilowe wychylenie cząsteczki położenia,
- A – maksymalne wychylenie cząstki (amplituda drgań),
- ω – pulsacja,

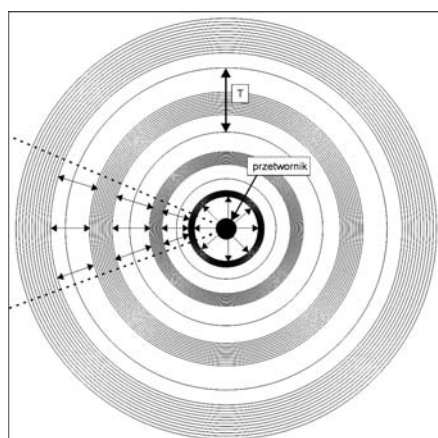
t – czas,
 φ – faza początkowa drgań.

Na rysunku 4.4 pokazano powstawanie fali płaskiej. Pracujący przetwornik generuje falę harmoniczną o amplitudzie A i czasie trwania t . Fala ta jest przesunięta w fazie o wartość φ .



Rys. 4.4. Powstawanie fali płaskiej [1]

Fala kulista wytwarzana jest przez pulsującą kulę, którą pokazano na rysunku 4.5. Przetwornik kulisty generuje fale o czasie trwania t .



Rys. 4.5. Powstawanie fali kulistej [1]

Fala złożona powstaje z kilku przetworników podając napięcia przesunięte w fazie. Fale złożone nie są wykorzystywane w nawigacji morskiej.

4.1.2.1. Prędkość fali

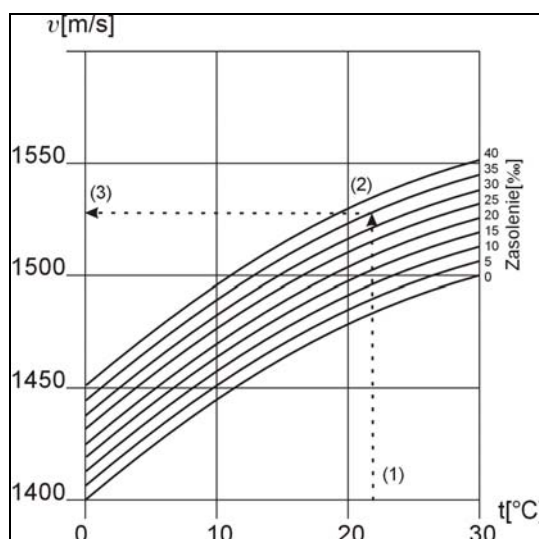
Prędkość fali hydroakustycznej zależy bezpośrednio od sprężystości i gęstości ośrodka, a zatem pośrednio od temperatury, zasolenia oraz ciśnienia.

W nawigacji prędkość wyznacza się na podstawie diagramu (rys. 4.6) lub równania empirycznego Wooda [3]:

$$v = 1445,5 + 4,62T - 0,0452T^2 + (1,32 - 0,007T)(S - 35) \quad (4.2)$$

gdzie:

- v – prędkość dźwięku w wodzie [m/s],
- T – temperatura wody [°C],
- S – zasolenie [‰].



Rys. 4.6. Diagram wpływu temperatury i zasolenia na prędkość rozchodzenia się dźwięku w wodzie

Korzystanie z diagramu sprowadza się do wybrania aktualnej temperatury (wartość 22°C, punkt 1). Następnie linia poprowadzona do aktualnego zasolenia (wartość 35‰, punkt 2). W kolejnym kroku (3) odczytujemy aktualną prędkość dźwięku, ok. 1530 m/s.

4.1.2.2. Załamanie się fali

Na załamanie się fali hydroakustycznej wpływ mają następujące czynniki:

- różnice prędkości dźwięku w warstwach wody,
- zmiany temperatury na drodze przejścia fali,
- zmiany zasolenia wody w zależności od głębokości,
- zmiany ciśnienia statycznego.

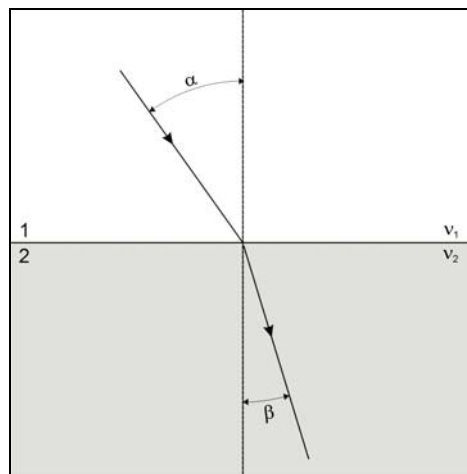
Załamywanie się fali akustycznej sprowadza się do zmiany kierunku rozchodzenia się fali przy jednoczesnych zmianach jej prędkości w warstwach danego ośrodka. Kierunek fal określają linie prostopadłe do czoła fali. Czoło fali tworzy powierzchnię jednakowej fazy, zatem wielkość załamania można zapisać w postaci zależności:

$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{v_1}{v_2} \quad (4.3)$$

gdzie:

- v_1 – prędkość dźwięku w ośrodku 1 [m/s],
- v_2 – prędkość dźwięku w ośrodku 2 [m/s],
- α – kąt załamania w ośrodku 1,
- β – kąt załamania w ośrodku 2.

Załamanie fali akustycznej przy przejściu z ośrodka 1 do 2, przedstawiono na rys. 4.7.



Rys. 4.7. Załamanie fali akustycznej przy przejściu z ośrodka 1 do 2

4.1.2.3. Częstotliwość fali

Częstotliwość fali f [Hz] dana jest zależnością [1]:

$$f = \frac{\nu}{\lambda} \quad (4.4)$$

gdzie:

- ν – prędkość rozchodzenia się fali [m/s],
- λ – długość fali [m].

Fala o częstotliwości 1 kHz ma w wodzie długość 1,5 m, podczas gdy fala o częstotliwości 30 kHz – 5 cm (zakładając, że prędkość rozchodzenia się fali to 1500 m/s).

Dobór częstotliwości pracy echosondy, w zależności od rodzaju i głębokości akwenu, jest zadaniem dosyć trudnym. Oprócz pożądanej szerokości wiązki (a tym samym rozróżnialności obiektów) koniecznym jest uwzględnienie głębokości akwenu. Doświadczalnie uzyskano zależność optymalnej częstotliwości sondowania od głębokości [4]:

$$f_{opt} = \frac{40}{h_{max}^{2/3}} \quad (4.5)$$

Wartość f_{opt} zapewnia uzyskanie optymalnych pomiarów przy maksymalnej głębokości h_{max} .

4.1.3. Wpływ ośrodka na rozchodzenie się fal hydroakustycznych

Wpływ ośrodka na rozchodzenie się fal hydroakustycznych można scharakteryzować przez dwa główne czynniki: tłumienie fal akustycznych i odbicie fal w ośrodku. Taki opis nie wyczerpuje w pełni zagadnienia, jest jednak wystarczający do celów praktycznych.

4.1.3.1 Tłumienie fal hydroakustycznych

Straty energii fali akustycznej spowodowane są:

- rozbieżnością wiązki,
- tłumieniem ośrodka.

Wypromieniowana energia E rozkłada się na powierzchni kuli $4\pi r^2$. Prawdziwe jest równanie [6]:

$$I = \frac{E}{4\pi r^2} \quad (4.6)$$

gdzie:

- I – natężenie akustyczne,
- E – gęstość energii,
- r – odległość między nadajnikiem a odbiornikiem.

Przy obliczeniach tłumienie uwzględnia się przez wprowadzenie współczynnika tłumienia w funkcji wykładniczej. Spadek natężenia akustycznego w funkcji odległości pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem wynosi[6]:

$$I = \frac{a}{r^2} \cdot e^{-\beta r} \quad (4.7)$$

gdzie:

- I – natężenie akustyczne,
- a – częstotliwość drgań,
- r – odległość między nadajnikiem a odbiornikiem,
- β – współczynniki tłumienia.

Zatem, natężenie fali akustycznej można określić jako[6]:

$$I = \frac{I_1}{r^2} \cdot e^{-\beta r} \quad (4.8)$$

gdzie:

- I_1 – natężenie danej fali akustycznej,
- r – promień kuli,
- β – współczynnik tłumienia.

W celu wyliczenia strat energii wygodniej jest posługiwać się wielkościami poziomu natężenia. Poziom natężenia akustycznego (I) jest wielkością związaną natężeniem akustycznym. Wyrażony jest jako logarytm stosunku natężenia danej fali akustycznej (I_1) do natężenia zerowego (I_0) i pomnożony przez współczynnik liczbowy równy 10 [6].

$$I = 10 \lg \frac{I_1}{I_0} [dB] \quad (4.9)$$

gdzie:

- I – poziom natężenia akustycznego,
- I_1 – natężenie danej fali akustycznej,

I_0 – natężenie zerowe.

Współczynnik β wynosi[6]:

$$\beta = \frac{0,23}{r} \left(10 \lg \frac{I}{I_0} + 20 \lg r \right) \quad (4.10)$$

gdzie:

- I – poziom natężenia akustycznego,
- I_1 – natężenie danej fali akustycznej,
- I_0 – natężenie zerowe,
- r – odległość między nadajnikiem a odbiornikiem.

Natomiast współczynnik pochłaniania możemy wyznaczyć korzystając ze wzoru Naviera-Stokesa[3]:

$$\alpha = \frac{2 \cdot \mu \cdot \omega^2}{3 \cdot \delta_0 \cdot \nu^3} \quad (4.11)$$

gdzie:

- α – współczynnik pochłaniania,
- μ – współczynnik lepkości ośrodka,
- ω – pulsacja,
- ν – prędkość rozchodzenia się fali,
- δ – gęstość ośrodka.

Zależność pomiędzy współczynnikami pochłaniania i tłumienia wynosi[3]:

$$\beta = 2\alpha \quad (4.12)$$

Wyniki badań współczynnika tłumienia doprowadziły do wyprowadzenia następującego równania określającego wielkość tłumienia w funkcji częstotliwości[3]:

$$\beta = \frac{43 f^2}{4450 + f^2} + 296 \cdot 10^{-6} f^2 \quad (4.13)$$

gdzie:

- β – współczynnik tłumienia [dB/km],
- f – częstotliwość drgań fali akustycznej [Hz].

Do celów praktycznych, można wyprowadzić następujące równanie opisujące maksymalny zasięg echosondy[3]:

$$h_{\max} = \sqrt{\frac{k \cdot P \cdot S}{4\Omega \cdot J}} \quad (4.14)$$

gdzie:

- k – współczynnik odbicia,
- S – powierzchnia rdzenia przetwornika odbiorczego [m²],
- Ω – kąt bryłowy, w którym została wypromieniowana moc [rad],
- J – minimalna moc sygnału przychodzącego do odbiornika [W],
- P – moc wypromieniowana z przetwornika nadawczego [W].

4.1.3.2. Odbicie fal hydroakustycznych

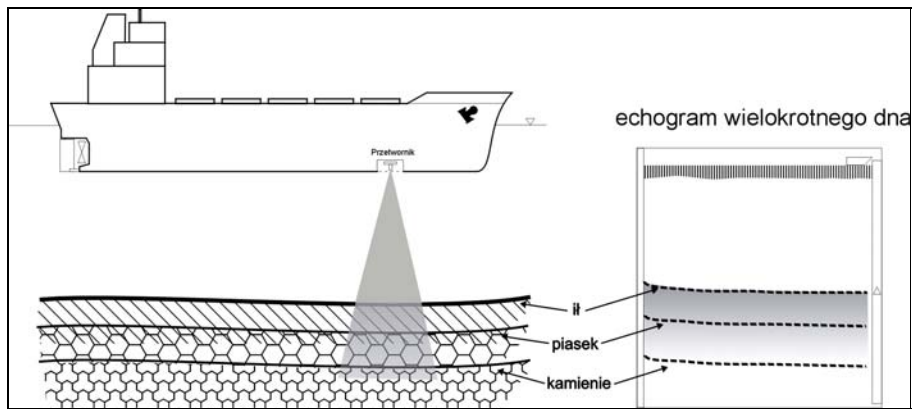
Własności odbijające powierzchni opisuje się przy użyciu współczynnika odbicia bądź stosunku energii odbitej do energii padającej. Orientacyjne wartości energii odbitej i współczynnika odbicia przedstawiono w tabeli 4.1.

Tabela 4.1

Zestawienie przykładowych wartości energii odbitej i współczynnika odbicia, w zależności od materiału [1,3, 6]

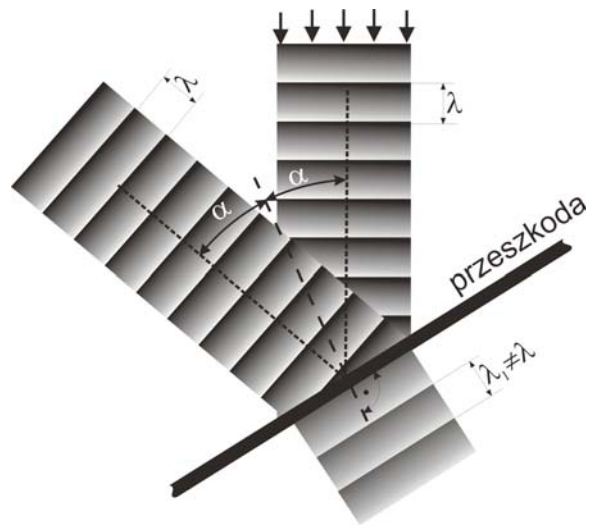
materiał	energia odbita [%]	współczynnik odbicia
powietrze (styk powietrza z wodą)	99,9	0,99997
nikiel	89,0	0,9
stal	85,0	0,8-0,9
granit	65,0	0,6-0,8
guma	55,0	0,5-0,8
kamień	55,0	0,5-0,7
drewno	21,0	0,20-0,5
piasek	13,0	0,005-0,5
lód	13,0	0,1-0,2
ił	10,0	0,0017

Różnice współczynnika odbicia dla dna złożonego z różnych materiałów można zaobserwować na echogramie w postaci wielokrotnego echa. Sytuację taką przedstawiono na rys. 4.8.



Rys. 4.8. Echogram pokazujący powstawanie wielokrotnych ech

Podczas odbicia może dojść do interferencji fali odbitej i fali nadanej, co z kolei spowoduje zjawisko wzmocnienia fali bądź jej osłabienia. Przedstawiono to na rys. 4.9. Długość fali przed i po odbiciu wynosi λ , natomiast fala, która uległa interferencji λ_1 . Kąt padania równa się kątowi odbicia.



Rys. 4.9. Odbicie fali połączone z interferencją [6]

Przy interferencji amplituda sygnału akustycznego jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości. Natomiast, gdy interferencja nie występuje, amplituda sygnału jest odwrotnie proporcjonalna do odległości w pierwszej potęgze.

4.2. Budowa echosond nawigacyjnych

Analizując szczegóły budowy echosond można, jak w każdej dziedzinie techniki, zaobserwować postępującą miniaturyzację związaną z rozwojem elektroniki. Echosondy oparte na układach lampowych obecnie nie są już produkowane, a konstrukcje tego typu występujące na statkach zastępuje się nowocześniejszymi rozwiązaniami. Zasada działania pozostaje jednak niezmienna, zmieniają się natomiast takie parametry jak dokładność, liczba dostępnych opcji, funkcjonalność.

4.2.1. Schemat blokowy echosondy

Układ echosondy przedstawiono na rysunku 4.10. Składa się on z dwóch kanałów: nadawczego i odbiorczego, przy czym w przypadku pracy impulsowej zastosowany jest jeden przetwornik nadawczo-odbiorczy. Praca obu kanałów kierowana jest przez układ sterujący (zwanym także indykatozem), w którym jednocześnie odbywa się pomiar czasu [2,3]. Elementy składowe echosondy impulsowej to [3]:

- zasilacz,
- układ sterujący (indikator),
- generator,
- przetwornik nadawczo-odbiorczy,
- wzmacniacz,
- wyświetlacz (wskaźnik).

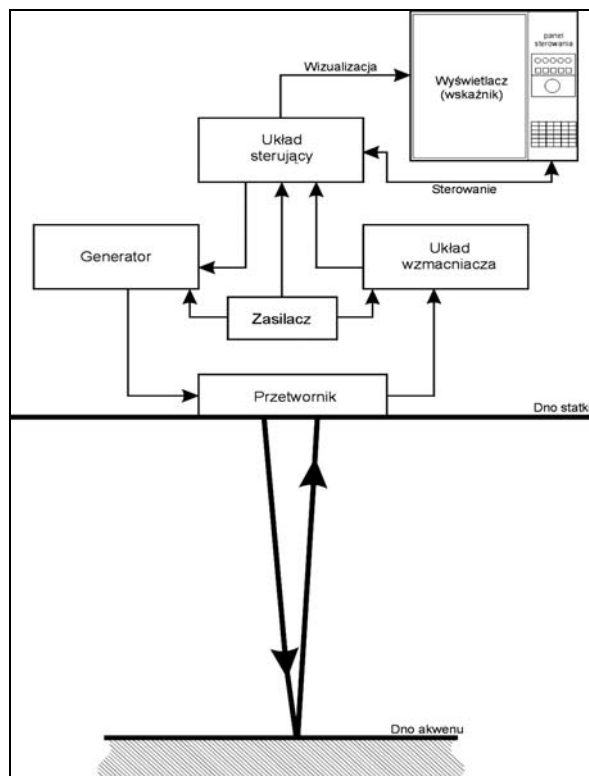
Schemat blokowy echosondy przedstawiono na rys. 4.10.

Pomiar głębokości odbywa się na zasadzie wyznaczenia czasu wygenerowania impulsu elektromagnetycznego w generatorze, który następnie jest przekazywany na przetwornik i wyemitowany do wody w postaci impulsu hydroakustycznego. Impuls ten, po odbiciu się od dna lub napotkanej przeszkody, powraca do przetwornika uruchamiając kanał odbiorczy. W przetworniku sygnał fali akustycznej zostaje zamieniony w uzwojeniu przetwornika na impuls elektryczny, następnie jest wzmocniony we wzmacniaczu, po czym wraca do układu sterującego. Tu następuje pomiar czasu od chwili nadania do chwili powrotu impulsu elektrycznego, który po odpowiedniej obróbce zostaje uwidoczniiony na wyświetlaczu (wskaźniku) [2]. Operator ma możliwość dostosowania parametrów pracy do swoich wymagań. Impuls pokonuje drogę do dna:

$$h = \frac{v \cdot \tau}{2} \quad (4.15)$$

gdzie:

- h – zapas wody pod stępką,
- v – prędkość dźwięku w wodzie,
- τ – czas przebiegu impulsu.



Rys. 4.10. Schemat blokowy echosondy

Głębokość akwenu wyznaczamy z zależności:

$$H = h + T \quad (4.16)$$

gdzie:

- h – zapas wody pod stępką,
- H – głębokość akwenu,
- T – zanurzenie statku.

4.2.2. Podzespoły echosondy

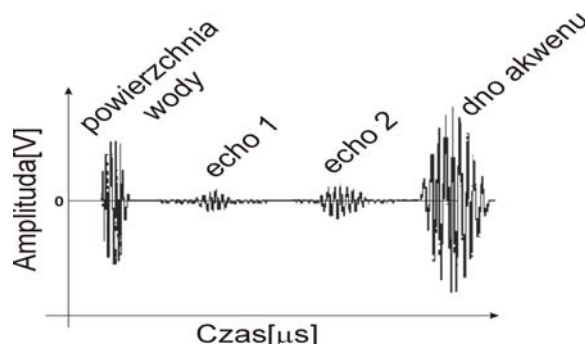
Wszystkie układy echosondy znajdują się na mostku z wyjątkiem przetwornika umieszczonego w dnie statku. Współczesne echosondy mogą mieć dodatkowo układy pomocnicze, takie jak: wskaźniki wartości głębokości, drukarki, zewnętrzne rejestratory, itp.

4.2.2.1. Przetwornik

W echosondach nawigacyjnych najczęściej stosuje się przetworniki piezoceramiczne oraz przetworniki magnetostrykcyjne.

Sama zasada działania przetwornika wykorzystuje różne zjawiska fizyczne (m.in: magnetostrykcję, drgania kwarcu w zmiennym polu magnetycznym oraz inne), których szczegółowe omówienie wychodzi poza zakres materiału tego skryptu.

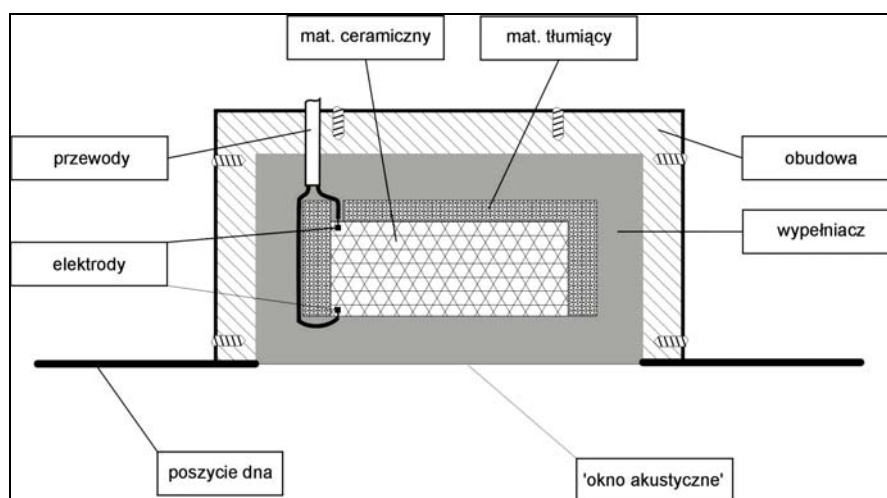
Przetwornik ma za zadanie konwersję sygnału z pasma elektromagnetycznego na pasmo hydroakustyczne (przy nadawaniu) oraz z hydroakustycznego na elektromagnetyczny (przy odbiorze)[5]. Przykładową charakterystykę czasowo-amplitudową sygnału odebranego przedstawia rys. 4.11.



Rys. 4.11. Charakterystyka czasowo-amplitudowa odebranego sygnału

Zjawisko piezoelektryczne odkryte zostało około 1880 r. przez Jacquesa i Pierra Curie. W uproszczeniu, polega ono na odkształceniu mechanicznym pewnych materiałów poddanych działaniu pola elektrostatycznego. Typowym przykładem takiego materiału jest kwarc[1]. Syntetyczne piezoelektryki to ceramiczne masy polikrystaliczne i niektóre polimery[5]. Przetworniki produkują się z polikrystalicznego proszku ceramicznego formowanego pod wysokim ciśnieniem i w wysokiej temperaturze. Następnie poddaje się o obróbce mechanicznej zapewniającej właściwe parametry pracy (częstotliwość itp.). W następnym kroku montuje się elektrody (zwykle srebrne). Materiał ceramiczny na tym etapie wykazuje właściwości izotropowe (każda komórka struktury krystalicznej

jest osobnym dipolem o losowej orientacji). Eliminuje się to zjawisko poprzez przyłożenie silnego zewnętrznego pola elektromagnetycznego, oraz wystawienie materiału na działanie wysokiej temperatury, dzięki czemu materiał zaczyna wykazywać właściwości anizotropowe[5]. Materiał ceramiczny jest odbudowany przez materiał tłumiący, co pozwala ukierunkować powstające oscylacje jedynie w pożądanym kierunku. Wypełniacz zwykle jest masą poliuretanową lub polimerową. Przykładowy przekrój przez przetwornik ceramiczny zaprezentowano na rysunku 4.12.



Rys. 4.12. Przekrój przez przetwornik piezoceramiczny [5]

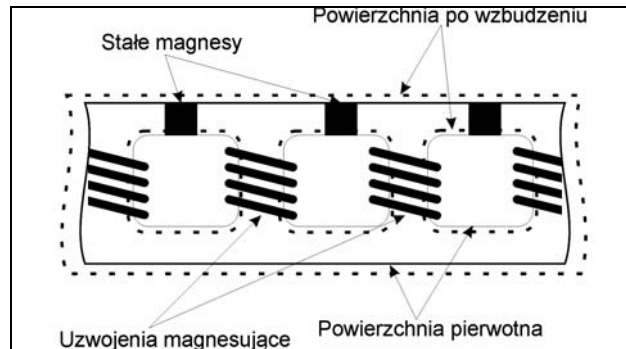
Zjawisko magnetostrykcji polega na zmianie wymiarów geometrycznych niektórych metali, stopów i spieków na skutek działania zmiennego pola elektromagnetycznego.

Zjawisko magnetostrykcji jest zależne od temperatury, tzn. maleje ze wzrostem temperatury, a w punkcie Curie zanika całkowicie.

Przy budowie przetworników magnetostrykcyjnych stosuje się, rezonans częstotliwości własnej (mechanicznej) pręta z częstotliwością drgań pola magnetycznego oraz wstępne podmagnesowanie (przez magnesy stałe). Podmagnesowanie wstępne zwiększa dwukrotnie amplitudę strumienia magnetycznego[3].

Rdzenie w kształcie prostopadłościanu, ze względu na charakter drgań powierzchni drgającej przypominającej ruch tłoka, nazywają się przetwornikami tłokowymi. Jeżeli blachy rdzenia mają kształt pierścieni a same rdzenie cylindra, przetworniki takie nazywane są toroidalnymi. Przetworniki tłokowe buduje się dla częstotliwości 20-250 kHz, toroidalne natomiast do 20 kHz. Przekrój przez sekcję przetwornika tłokowego pokazano na rysunku 4.13. Jego rdzeń złożony

jest z wielu blach z wyciętymi oknami, pomiędzy którymi znajdują się izolatory. Wewnątrz umieszczono uzwojenia magnesujące i magnesy stałe.



Rys. 4.13. Przekrój przez przetwornik tłokowy

Częstotliwość drgań mechanicznych rdzenia przetwornika zależy od jego wymiarów geometrycznych i własności materiału, z którego został wykonany i wynosi[3]:

$$f = \frac{1}{2h} \sqrt{\frac{E_k}{1 + \frac{a}{2h}}} \quad (4.17)$$

gdzie:

- h – wysokość przetwornika,
- a – długość, szerokość przetwornika,
- E_k – moduł sprężystości materiału.

Charakterystyka promieniowania to wykres przedstawiający zależność natężenia sygnału akustycznego od kierunku promieniowania. W przypadku przetwornika o kształcie kwadratu charakterystyka jest jednakowa we wszystkich kierunkach. Natomiast, gdy przetwornik ma kształt prostokąta charakterystyki są różne i wyznacza się wtedy charakterystyki obrócone o 90° .

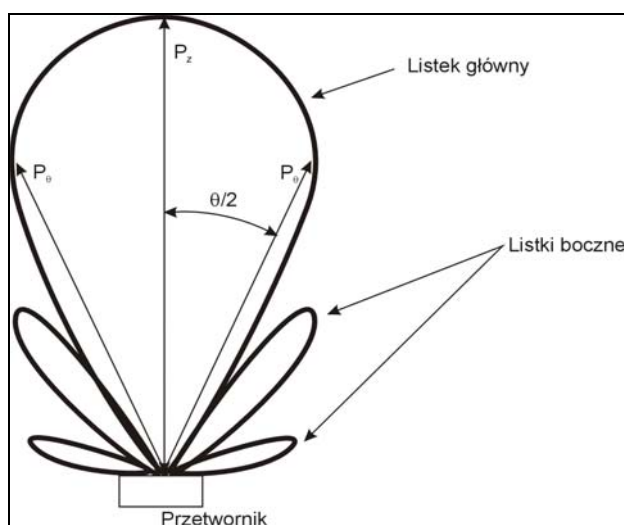
Stwierdzono, że kąt bryłowy promieniowania zależy od długości wypromieniowanej fali oraz od wymiarów powierzchni promieniującej, co opisuje zależność:

$$\sin \theta = 0,61 \frac{\lambda}{r_0} \quad (4.18)$$

gdzie:

θ – kąt bryłowy promieniowania,
 r_0 – powierzchnia promieniująca,
 λ – długość fali.

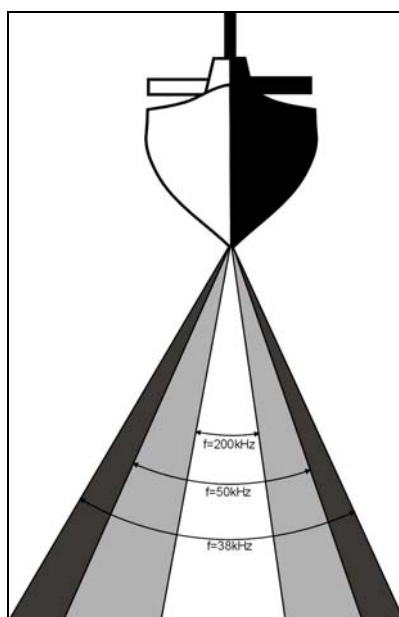
Przez odpowiedni dobór tych dwóch parametrów można wpływać na kształt charakterystyki kierunkowej przetwornika, a przykładową charakterystykę generowanej fali przez przetwornik pokazano na rys. 4.13.



Rys. 4.14. Przykładowa charakterystyka pracy przetwornika

Na rysunku 4.13 przedstawiono rozkład listka głównego (użytecznego), oraz listków bocznych (nieużytecznych). Na listku głównym wyróżniono wartości ciśnienia maksymalnego (kierunkowego) – P_z , ciśnienia w dowolnym punkcie charakterystyki – P_0 , kąta bryłowego charakterystyki – θ . Charakterystyki nadawcze i odbiorcze pokrywają się, co ma znaczenie przy odbiorze echa z kierunków umieszczonych poza linią symetrii charakterystyki listka głównego. Takie echa zaindukują mniejsze pole magnetyczne w przetworniku, a zatem będą słabiej rozróżnialne w stosunku do echa położonych w osi symetrii. Takie echa można wyeliminować zmniejszając wzmocnienie, co jednocześnie nie spowoduje zaniku echa użytecznych. Echa z listków bocznych w ogóle nie będą widoczne.

Dobór częstotliwości pracy zależy od warunków żeglugi, zapasu wody pod stępką, rodzaju dna oraz pożądanej dokładności wskazań. Nowoczesne echosondy posiadają zintegrowane przetworniki pracujące na 2 lub więcej częstotliwościach. Przykładowe szerokości wiązki w zależności od częstotliwości pracy pokazano na rys. 4.14.



Rys. 4.15. Szerokości wiązki w zależności od częstotliwości

4.2.2.2. Generator

Układ generatora przetwarza energię zasilania na energię elektryczną o określonym przebiegu czasowym. W konstrukcji generatora można wyróżnić blok dostarczający energię (z zasilacza) i blok oscylacyjny, który formuje przebieg wyjściowy. W chwili obecnej konstruuje się generatory oparte o scalone układy elektroniczne, w użyciu spotyka się jednak także układy lampowe. W urządzeniach hydroakustycznych wykorzystuje się generatory impulsowe (na wyjściu układu jest szereg impulsów trójkątnych lub prostokątnych). Generator jest sterowany przez układ sterujący, a do parametrów sterowania można zaliczyć: moc impulsu, czas trwania impulsu czy sposób generowania impulsów.

Czas trwania impulsu zależy od[6]:

- natężenia szumów odbieranych przez odbiornik – jest ono proporcjonalne do szerokości pasma przenoszenia w kanale odbiorczym, a więc odwrotnie proporcjonalne do czasu trwania impulsu – inaczej mówiąc, im dłuższy jest impuls, tym mniejszy jest poziom szumów odbieranych przez odbiornik;
- energii impulsu – jest ona proporcjonalna do czasu trwania impulsu i stąd wraz ze zwiększeniem czasu impulsu rośnie jego zasięg;
- długości impulsu – im krótszy jest impuls, tym większy próg powstawania kavitacji.

Skrócenie czasu trwania impulsu powoduje zwiększenie pionowej zdolności rozdzielczej elementów w wodzie – inaczej mówiąc im krótszy jest impuls, tym bardziej wyraźny jest obraz echogramu i tym więcej szczegółów można na nim rozpoznać. Jednak wraz ze skracaniem czasu impulsu, maleje zasięg sondowania a co za tym idzie maksymalna głębokość sondowania h_{\max} .

We współczesnych echosondach nawigacyjnych czas trwania impulsu waha się od 10^{-8} do 10^{-5} [s].

Generator steruje także częstotliwością powtarzania impulsów f_p , która zależy od maksymalnej głębokości h_{\max} i prędkości rozchodzenia się dźwięku w wodzie v przyjętej do obliczeń (*średnia prędkość* = 1500 m/s). Częstotliwość powtarzania może być obliczona ze znanej już zależności:

$$h = \frac{vt}{2} \quad (4.19)$$

Podstawiając $v = 1500$ [m/s] i $h_{\max} = 100$ [m]:

$$t_{\max} = \frac{2h_{\max}}{v} = 0,133$$

Gdzie t_{\max} jest okresem powtarzania impulsu stąd częstotliwość powtarzania $f_p = 450$ [impulsów/min].

4.2.2.3. Wzmacniacz

Wzmacniacz echosondzie stosowany jest w celu wzmocnienia odebranego sygnału do takiej wartości, aby mógł być on zarejestrowany przez układ sterujący i podany na wyświetlacz. Napięcia z przetwornika mogą mieć wartość rzędu kilkunastu mikrowoltów, natomiast napięcia potrzebne do rejestracji echogramu (a tym samym być przetworzonym przez układ sterujący) muszą mieć wartość kilku woltów. W bloku wzmacniacza dopasowuje się także impedancję układu przetwornika do impedancji układu wzmacniacza. Wzmacniacz zabezpieczony jest także przed odbiorem silnego sygnału nadawczego (odbitego przez bezpośrednio otoczeni przetwornika jak i pęcherzyki i zooplankton z otoczenia przetwornika). W chwili obecnej buduje się wzmacniacze oparte o tranzystory i elementy scalone.

4.2.2.4. Układ sterujący

Układ sterujący zwany także indykatozem, 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 echosondy.

Częstotliwość impulsowania związana jest z zakresem i zasięgiem sondowania. Echosonda nadaje impulsy w określonych odstępach czasu, w których wykonywany jest pomiar odległości. Najpierw musi być odebrany impuls z poprzedniego cyklu zanim zostanie wyemitowany następny, w przypadku niespełnienia tego warunku generowany jest alarm utraty ech od dna. Natomiast przy wzroście zasięgu sondowania zwiększa się odstęp między kolejnymi emitowanymi impulsami.

Przełączanie z nadawania na odbiór zabezpiecza wzmacniacz i pozostałe bloki przed odbiorem impulsu bezpośrednio z generatora (obwód nadawczy i odbiorczy przetwornika stanowią jedność).

Układy sterujące wykonywane są w technice scalonej a ich funkcje oraz dostępne opcje są systematycznie zwiększane.

4.2.2.5. Wskaźnik

Wskaźniki wykorzystywane w echosondach nawigacyjnych to najczęściej wyświetlacze ciekłokrystaliczne (monitory LCD), wyświetlacze lampowe (monitory CRT), drukarki (rejestrujące na papierze zwykłym, termicznym, chemicznym lub innym) oraz wskaźniki specjalne (wyświetlacze numeryczne, błyskowe). Powszechność, wysoka jakość i niska cena wyświetlaczy LCD skłaniają coraz częściej producentów do wykorzystywania właśnie tego typu wyświetlaczy w echosondach. Wskaźnik może także spełniać rolę panelu sterującego. Często echosonda posiada jedynie interfejs szeregowy do podłączenia komputera, wtedy wszystkie funkcje sterowania i wyświetlania są realizowane przez komputer. Takie rozwiązanie nie jest jednak dopuszczalne dla echosond nawigacyjnych, a jedynie dla zastosowań specjalnych.

4.2.2.6. Zasilacz

Układ zasilacza zapewnia energię pozostałym blokom echosondy, transformując napięcie z sieci okrętowej do poziomu odpowiedniego dla bloków echosondy. Często wykorzystuje się wzmacniacze kilku członowe (inne dla generatora, a inne dla układów elektroniki sterującej). Zasilacze najczęściej konstruowane są jako układy impulsowe.

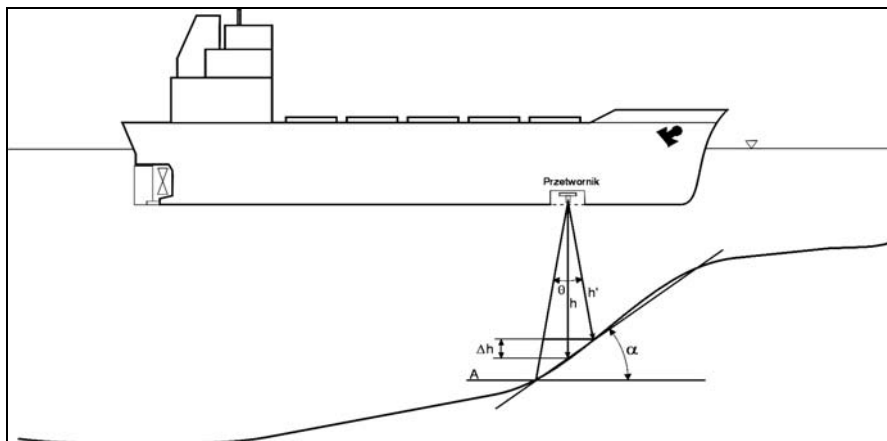
4.3. Błędy pomiaru głębokości

Analizując błędy pomiaru głębokości w echosondach nawigacyjnych, można wyróżnić cztery główne źródła błędów związane z:

- nachyleniem dna,
- kołysaniami statku,
- kształtem odbieranego impulsu,
- różnicą prędkości dźwięku użytej do obliczeń a prędkości rzeczywistej.

4.3.1 Błędy wynikające z nachylenia dna

W przypadku, gdy dno nachylone jest pod pewnym kątem α w stosunku do płaszczyzny A, rejestrowana głębokość nie będzie wartością h tylko h' . Przedstawiono to na rys. 4.16.



Rys. 4.16. Wpływ nachylenia dna na odczyt głębokości [2]

Przy założeniu, że $\theta \geq \alpha$ można przyjąć:

$$\Delta h = h - h'$$

zatem:

$$h = \frac{h'}{\cos \alpha} \quad (4.20)$$

poprawka głębokości wynosi:

$$\Delta h = h'(\sec \alpha - 1)$$

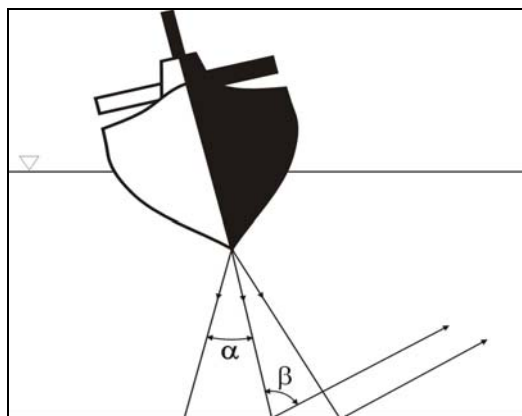
Można stwierdzić, że przy $\alpha \leq 8^\circ$ oraz $\theta \leq 30^\circ$ błąd nachylenia dna nie wpływa w znaczący sposób na odczyt głębokości[3].

4.3.2 Błędy związane z kołysaniem 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. Charakterystyka promieniowania przetworników echosond nawigacyjnych jest projektowana w ten sposób, aby w warunkach kołysania statku zapewniony był prawidłowy odbiór odbitych sygnałów. Na podstawie zależności geometrycznych z rysunku 4.17 można wykazać, że warunki te będą spełnione, jeżeli kąt α jest równy kątowi β ($\alpha=1/2$ kąta rozwarcia charakterystyki promieniowania kierunkowego przetwornika). Od charakterystyki przetwornika nadawczego zależy również pomiar minimalnej głębokości. Jeżeli założy się, że na statku znajdują się przetworniki (oddzielnie nadawczy i odbiorczy rozsunięte od siebie o J), to echosonda nie może zmierzyć dowolnie małej głębokości. Minimalna mierzona głębokość musi umożliwić powrót odbitej energii do odbiornika, a więc minimalna głębokość mierzona wynosi [5, 6]:

$$h_{\min} = \frac{J}{2\operatorname{tg}\alpha} \quad (4.21)$$

Wybór optymalnej częstotliwości pracy echosondy zależy przede wszystkim od jej przeznaczenia (typem żeglugi).

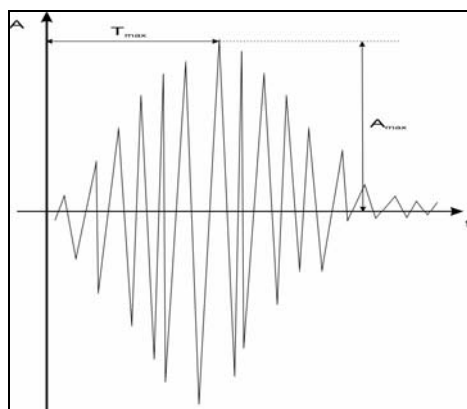


Rys. 4.17. Geometria wiązki odbitej

4.3.3 Błędy związane z kształtem impulsu

Impuls odbierany przez przetwornik osiąga maksymalną amplitudę A_{\max} w czasie T_{\max} . Przeciętna wartość tego czasu wynosi ok. 5 ms, co przekłada się na błąd pomiaru głębokości rzędu 40 cm [3, 4]. Zobrazowano to na rys. 4.18.

Ten błąd jest minimalizowany w nowoczesnych echosondach przez mikroprocesor oraz przez operatora (wybierając wyższe wzmocnienia).



Rys. 4.18. Charakterystyka odebranego sygnału

4.3.4 Błędy związane z różnicą prędkości użytej do obliczeń a prędkości rzeczywistej

Rzeczywistą prędkość rozchodzenia się fali hydroakustycznej w wodzie można obliczyć ze wzoru 4.2, diagramu a Tablic Nawigacyjnych (lub pokrewnych wydawnictw brytyjskich – np.: Reeds) lub specjalnych tablic dołączanych przez producenta. Obecnie urządzenia mikroprocesorowe posiadają dodatkowe wejścia na czujniki temperatury bądź mają możliwość wprowadzenia temperatury. Nowoczesne urządzenia uwzględniają także wpływ głębokości na pomiar.

4.4. Normy techniczne i wymagania dotyczące echosond

Analizując normy techniczne i wymagania dotyczące echosond można wyróżnić dwa źródła zaleceń: krajowe (wyznaczone przez towarzystwa klasyfikacyjne) oraz międzynarodowe (wytyczone przez Międzynarodową Organizację Morską – IMO). Instytucje klasyfikacyjne, IMO oraz producenci urządzeń korzystają z zaleceń instytucji normalizacyjnych.

IMO opracowało normy dla echosond, które zostały przyjęte w postaci rezolucji MSC.74 (69), zatwierdzone przez Komisję Bezpieczeństwa na Morzu w maju 1998 r.

Przykładowo, dla echosond montowanych na statkach klasyfikowanych przez Polski Rejestr Statków (PRS), zostały opracowane wytyczne w rozdziale 5 „Poza-klasyfikacyjnych przepisów wyposażenia statków morskich” z 1990 roku.

Obowiązującą normą techniczną dla echosond jest Polska Norma PN-EN ISO 9875 ustanowiona w lipcu 1999 r., przyjęta przez Polski Komitet Normalizacyjny. Norma ta jest zgodna z wytycznymi Komisji Europejskiej oraz norm międzynarodowych ISO.

W tabeli 4.2 zaprezentowano zestawienie norm i wytycznych przyjętych przez IMO, PRS i PKN.

Tabela 4.2

Zestawienie norm i wytycznych dotyczących echosondo nawigacyjnych w oparciu o przepisy IMO, PRS i Polskiego Komitetu Normalizacyjnego

Parametr	Wymagania IMO	Wymagania PRS	Wymagania PKN
1	2	3	4
zakres głębokości [m]	2 – 200	0,5 – 400	2 – 400
skala zakresu głębokowodnego	200 m	cały zakres	cały zakres
skala zakresu płytkowodnego	20 m	0,1 całego zakresu	0,1 całego zakresu
skala zakresu bardzo małych głębokości	–	0,01 całego zakresu	(możliwość zastosowania innych skal)
sposób prezentacji	wskaźnik graficzny	urządzenie samopiszące (drukarka)	wskaźnik graficzny
częstotliwość powtarzania impulsów	12/min (akwen głębokowodny); 36/min (inne)	od 12/min	12/min
dokładność wskazań dla skali płytkowodnej	± 0,5 m	±0,5 m lub ± 2% głębokości	± 1 m
dokładność wskazań dla skali głębokowodnej	±5 m lub 2,5% głębokości	±1 m lub ±3% głębokości	±5 m lub ±5% głębokości
rozdzielczość wskazań dla skali płytkowodnej	5mm/metr głębokości	2,5mm/metr głębokości	2,5mm/metr głębokości

cd. Tab. 4.2

1	2	3	4
rozdzielczość wskazań dla skali głębokowodnej	0,5mm/metr głębokości	0,25mm/metr głębokości	0,25mm/metr głębokości
alarm	2 alarmy przekroczenia zadanej głębokości	przekroczenia zadanej głębokości	
	braku zasilania		
	końcówki papieru (gdy pozostał 1m)	końcówki papieru (gdy pozostało 10%)	końcówki papieru (gdy pozostało 10%)
rejestracja danych	12h wstecz (czas i głębokość)	(wymogiem jest drukarka więc zapis wstecz i tak jest dostępny)	–
inne wymogi	możliwość instalacji dodatkowych przetworników	ręczna regulacja wzmocnienia	wskazanie czasu
	dostępność danych dla innych urządzeń (port szeregowy, interfejs NMEA)	tłumienie zakłóceń	niedostępność regulacji zera wskazań
	sygnalizacja, gdy pomiar jest zredukowany o zanurzenie statku	sygnalizacja, gdy pomiar jest zredukowany o zanurzenie statku	ochrona przed porażeniem

4.5. Opis wybranych parametrów regulacyjnych w echosondach nawigacyjnych

Echosondy nawigacyjne to urządzenia coraz bardziej skomplikowane, zarówno pod względem technicznym jak i regulacyjnym. W czasie, gdy każda nowo-produkowana echosonda posiada mikroprocesor oraz własny program operacyjny, koniecznym staje się wyjaśnienie parametrów regulacyjnych echosondy. Ze względu na to, iż producenci różnie nazywają te same funkcje koniecznym staje się przedstawienie nazewnictwa kilku producentów. Zaprezentowano typowe nazwy dla firm Kongsberg-Simrad i Furuno. W przypadku, gdy istniały typowe

skrótów dla funkcji zaprezentowano je w nawiasach. W przypadku parametrów regulacyjnych postarano się przedstawić ich działanie. Nie jest jednak możliwe przedstawienie wszystkich istniejących funkcji ograniczono się więc do tych najważniejszych.

4.5.1. Parametry związane z podstawową regulacją echosond

Gain – Wzmocnienie.

Odpowiednio wyregulowane wzmocnienie pozwala rejestrować mniejsze i znajdujące się głębiej cele, a także wyeliminować niepożądane szумы. Wzmocnienie należy ustawiać trochę poniżej punktu, w którym, zaczynają pojawiać się zakłócenia na ekranie. Gdy wzmocnienie jest nieodpowiednio ustawione to na ekranie nie ma większości ech (dotyczy przypadku niedostatecznej regulacji wzmocnienia) lub będą widoczne zakłócenia i niepotrzebne echa (w przypadku przeregulowania wzmocnienia). Na wartość wzmocnienia ma wpływ szereg czynników, od których zależy siła odbitego impulsu m.in.: warunki hydrologiczne, wielkość obiektu, moc emitowanego sygnału czy wybór położenia miejsca przetwornika. W nowoczesnych echosondach można wykorzystać parametr (Auto Gain) ustawiający wzmocnienie automatycznie.

Time Varying Gain (TVG) – Wzmocnienie zależne od czasu.

Parametr ten *analogicznie* odpowiada parametrowi zasięgowej regulacji wzmocnienia w radarach. Regulacja ma na celu wzmocnianie ech od obiektów, położonych w większej odległości od przetwornika, przy jednoczesnym wyeliminowaniu ech nieużytecznych.

Picture Speed, Scroll Speed, Image Speed – Prędkość przesuwu obrazu.

Opcja służy do regulacji prędkości, z jaką obraz przesuwa się po ekranie. Zmiana prędkości przesuwu obrazu monitora lub papieru powoduje zmianę skali poziomej echogramu. Mała prędkość przesuwu obrazu spowoduje zagęszczenie zapisu, co ogranicza możliwości interpretacji, ale zwiększa ilość zapisanych danych.

Transmit Power, Power – Moc w impulsie.

Jest to opcja umożliwiająca wybór mocy wysyłanego impulsu. Moc wyjściowa ograniczona jest przez maksymalny zakres pracy bloku nadawczo – odbiorczego lub przez maksymalny zakres pracy przetwornika. Są to najczęściej następujące nastawy tego parametru: wysoka moc (High) używana na głębokich wodach; średnia (Medium); niska moc (Low) używana na płytkich

wodach. W niektórych echosondach moc transmisji można regulować płynnie. Istnieje także dodatkowy parametr (Auto), ustawiający moc automatycznie.

Zmiana mocy impulsu sondującego powoduje efekty zbliżone do tych, jakie otrzymujemy przy zmianach wzmocnienia ogólnego.

Sensitivity Time Control (STC) – Dostosowanie czasowe czułości.

Parametr ten służy do wytlumienia niepotrzebnych ech pochodzących od małych obiektów położonych blisko powierzchni wody, czyli od np. zooplanktonu. Parametr ten jest najbardziej użyteczny na płytkich wodach.

Pulse Length, Pulse – Długość impulsu.

Zmiana długości impulsu sondującego wpływa na długość zapisów ech rejestrowanych na ekranie. Dobór długości impulsu powinien uwzględniać, zakres pomiarowy (krótki impuls – mały zakres). Istnieje także dodatkowy parametr (Auto), ustawiający długość impulsu automatycznie.

Color Threshold, Color Killing – Eliminacja grup kolorów.

Parametr ten służy do eliminacji małych i słabych ech z wyświetlacza, przez eliminację odpowiednich kolorów.

W nowszych echosondach odpowiednikiem tego parametru jest Colour Scale Dialog (okno dialogowe skali kolorów). Operator może zmienić nastawę w celu eliminacji słabych ech bądź w celu zwiększenia tych ech.

Sound Velocity, Sound Speed – Prędkość dźwięku w wodzie.

Jest to parametr umożliwiający dopasowanie prędkości dźwięku do aktualnych warunków panujących w danej chwili na morzu. Prędkość dźwięku najczęściej można dopasować w zakresie od 1400 m/s do 1550 m/s.

Aby skompensować wpływ zasolenia i temperatury najczęściej w nowych echosondach operator może wybrać rodzaj wody (np.: morska), jej temperaturę czy podać aktualne zasolenie w [‰]. W nowoczesnych urządzeniach obok przetwornika mogą być umieszczone czujniki temperatury.

Manual Range – Ustawianie ręczne zakresu.

Parametr ten służy do ustawiania ręcznego zakresu pomiarowego, w zależności od rodzaju żeglugi.

Auto Range – Automatyczny zakres.

Funkcja ta dopasowuje zakres głębokości, utrzymując stale obraz dna w dolnej części ekranu.

Depth Adjustment, Draft, Draught – Wprowadzenie zanurzenia statku.

Funkcja ta pozwala na odczyt rzeczywistej głębokości mierzonej od powierzchni wody, lub np. pokładu głównego. Gdy wprowadzona jest inna wartość niż 0 (pomiar od stępki) wyświetlany jest alarm o tym fakcie.

Filter, Ping – Filtracja obrazu.

Po uaktywnieniu tej funkcji zostają usuwane pojawiające się na ekranie zakłócenia i nakładające się odbicia od ech dające mylny obraz. Przykładowe ustawienia: Continuous (ciągły), Single (pojedynczy), Level (poziom). Funkcja bardzo użyteczna w przypadku żeglugi na wodach ograniczonych, jak i podczas postoju na kotwicy.

Heave Sensor Dialog (Heave ...) – Okno dialogowe przechyłu statku.

Okno służy do korygowania echogramów o błąd przechyłu pionowego wiązki (wywołanego przechyłami statku). Musi jednak być podłączony czujnik przechyłów.

Single beam – Pojedyncza wiązka.

Pojedynczą wiązkę wysyła typowy przetwornik pojedynczy złożony z jednej grupy elementów ceramicznych posiadający stałą charakterystykę wiązki.

Dual beam – Podwójna wiązka.

Użycie podwójnej wiązki jest możliwe przy zastosowaniu przetwornika złożonego z dwóch elementów lub dwóch grup elementów ceramicznych, posiadający możliwość przełączania szerokości charakterystyki promieniowania na wąską lub szeroką. Należy zaznaczyć, że funkcja ta występuje także dla różnych częstotliwości pracy przetwornika.

Splitbeam – Podzielenie wiązki.

Użycie podzielonej wiązki możliwe stało się po zastosowaniu specjalnego przetwornik złożonego z czterech oddzielnych sekcji elementów ceramicznych (w echosondach firmy Simrad). Każda sekcja podłączona jest do oddzielnego zespołu nadawczo – odbiorczego. W wyniku obróbki tych sygnałów możliwe jest określenie zarówno wymiarów geometrycznych celów, jak i ich objętości.

Multibeam – Wielowiązkowy.

Określenie echosond specjalnego przeznaczenia (hydrograficznych), posiadających specjalne wielotorowe przetworniki. Obraz z takiej echosondy pokrywa znacznie większy obszar dna, niż z echosondy jednowiązkowej.

4.5.2. Parametry związane z wyświetlaniem echogramów

Units of Measures, Depth Unit, Units – Ustawienie jednostek głębokości.

Opcja umożliwia wybór jednostek używanych do pomiaru głębokości, prędkości przesuwu obrazu, zanurzenia, prędkości rozchodzenia się dźwięku i innych.

Language – Język.

W tym menu użytkownik może wybrać jeden z języków interfejsu.

Speed, Vessel Speed (SOG) – Prędkość statku.

Po podłączeniu urządzenia mierzącego prędkość (log, GPS) użytkownik otrzymuje aktualną prędkość statku.

Display mode – Tryb wyświetlania.

Wchodząc w tę opcję użytkownik może wybrać dostępne rodzaje zobrazowania ech od odbitych obiektów na ekranie. Są to najczęściej:

Navigation mode – Tryb wyświetlania nawigacyjny.

Jeżeli echosonda współpracuje z urządzeniem do określania pozycji geograficznej to zobrazowanie to przedstawia na ekranie dane nawigacyjne takie jak: aktualna pozycja geograficzna i bieżąca prędkość statku oraz czas.

Low Frequency/Ascope (LF/Ascope) – Niska częstotliwość/Fiszlupa.

W tym zobrazowaniu na ekranie pojawiają się dwa obrazy umieszczone w pionie obok siebie. Z jednej strony znajduje się obraz echogramu dla pracy na niskiej częstotliwości, zaś po drugiej odbite impulsy prezentujące bieżące echa. Pozwala na jednoczesne określenie rozmiarów ryb oraz wielkości biomasy. Ułatwia także odróżnienie ech od ryb i echa od dna.

High Frequency/Ascope (HF/Ascope) – Wysoka częstotliwość/Fiszlupa.

Podobnie jak LF/Ascope tyle, że dla wysokiej częstotliwości.

Dual (Dual) – Tryb wyświetlania podwójnego.

Zobrazowanie to umożliwia przedstawienie na wskaźniku echosondy dwóch obrazów, uzyskiwanych dzięki zastosowaniu przetwornika wieloczęstotliwościowego (lub 2 różnych przetworników), pracującego na 2 różnych częstotliwościach. Umożliwia to określenie częściowo wielkości ławicy ryb przy połowach pelagicznych, pracy na płytkich wodach, wykrywania ryb przydennych oraz określania rodzaju dna.

Expansion – Rozszerzenie (powiększenie).

Jest to funkcja, umożliwiające zobrazowanie na wyświetlaczu echosondy wybranych obszarów.

Bottom Expansion (Bottom Exp) – Rozszerzenie (powiększenie) przydennie.

Zobrazowanie to umożliwia przedstawienie wyciętego i powiększonego obszaru przy dnie na wyświetlaczu.

Variable Range Marker (VRM) – Ruchomy znacznik odległości (tj.: głębokości).

Ruchomy znacznik głębokości umożliwia dokładny pomiar w pobliżu wprowadzonego zakresu głębokości lub odległości w przypadku sonaru do danego obiektu.

Variable Range Marker Expansion (VRM EXP) – Rozszerzenie (powiększenie) z sąsiedztwa ruchomego znacznika odległości.

Line Mark, Marker, Event – Linia znacznika.

Użycie tej funkcji powoduje wstawienie pionowej linii na ekranie w celu oznakowania zdarzenia lub istotnych miejsc np.: ławic ryb, zaczepów itp.

White Line – Biała linia.

Oddzielania od dna ech, położonych przy samym dnie.

Vessel – Wybór ikony sylwetki statku.

Opcja umożliwia wybór ikony przedstawiającej symulowaną sylwetkę statku.

Digital – Prezentacja aktualnej wartości głębokości.

Opcja umożliwia wybór wielkości odczytu wartości aktualnej głębokości na ekranie.

Arragement – Rozmieszczenie zobrazowania.

Funkcja ta umożliwia wybór jednego z trzech rozmieszczeń echogramów na wyświetlaczu.

Echo Trace Dialog – Okno dialogowe śledzenia echa.

Okno służy do wyświetlania na ekranie statystycznego podziału ryb, kierunku, z których przybywają pojedyncze echa ryb.

Scala Lines – Skala linii.

Opcja umożliwia włączenie przerywanych linii poziomych, w równo oddalonych od siebie odstępach. Funkcja ta umożliwia szybką ocenę głębokości, na jakiej znajduje się ławica, czy przeszkoda.

4.5.3. Parametry regulacyjne obrazu

Regulacja obrazu echosondy (sonaru) ma na celu lepsze rozróżnianie echogramu, przez operatora w określonych warunkach oświetlenia. Regulacje te dotyczą ustawień: barw wyświetlacza (*Color Palette*), koloru tła (*Background Color*), jasności (*Brightness*), poziomu podświetlenia, oraz kontrastu (*Contrast*).

W echosondach można spotkać następujące kolory tła i intensywności dzienne wyświetlacza:

- Blue,
- Bright Day,
- Day/White,
- Day/Black.

4.5.4. Regulacje umożliwiające zapis echogramów

Save Settings – Zachowanie ustawień.

Opcja służy do ustawiania i zapamiętywania wszystkich dostępnych ustawień istniejących w trybie wyświetlania takich jak: wzmocnienie, moc impulsu, język, jednostki itp.

Load Settings – Wczytanie zapamiętanych ustawień.

Opcja służy do wczytywania danych zapisanych wcześniej ustawień.

Mode – Tryb.

Opcja ta umożliwia wyświetlanie normalnego sygnału otrzymywanego na bieżąco z przetwornika, bądź odtwarzanie wcześniej zarejestrowanych sygnałów

History on/off – Historia zapisów.

Funkcja służy do włączania/ wyłączenia odtwarzania zapisanych danych.

History Recording/Playback – Zapis/odtworzenie echogramu.

Opcja pozwala na zapisywanie na twardym dysku echogramu, bądź jego odtwarzanie.

History Time – Czas zapisu w historii.

Funkcja umożliwiająca wybór długości czasu zapisu w historii.

Printer – Drukarka.

Opcja umożliwia ustawienie parametrów wydruku jak:

- Name – Nazwa drukarki (np.: HP LaserJet).
- Status – Stan (np.: drukowanie).
- Type – Typ drukarki (np.: Laserowa).
- Where – Pole wyświetla nazwę interfejsu drukarki (np.: USB).
- Comment – Komentarz.
- Properties – Właściwości wydruku.

4.5.5. Opis funkcji służących do ustawiania alarmów

Alarms – Alarmy.

Funkcje te umożliwiają ustawienie alarmu na minimalną wartość głębokości, po której przekroczeniu zostanie wygenerowany alarm. Jest to istotny parametr ze względów bezpieczeństwa nawigacji.

Maximum Alarm (Max Alarm) – Alarm maksymalnej głębokości.

Funkcja służy do włączania i wyłączania alarmu ustawionego na maksymalną (większą) głębokość. Będzie to pierwszy alarm ostrzegający nawigatora o potencjalnie zredukowanej głębokości.

Minimum Alarm (Min Alarm) – Alarm minimalnej głębokości.

Funkcja służy do włączania i wyłączania alarmu ustawionego na minimalną (mniejszą) głębokość. Ten alarm powinien być tak ustawiony żeby nawigator został w porę ostrzeżony o krytycznym zapasie wody pod stępką. Funkcja ta jest mało przydatna w przypadku żeglugi na akwenach ograniczonych (np.: żegluga pogłębionym torem wodnym) gdzie zapas wody pod stępką wynosi kilka metrów. W takiej sytuacji alarmy będą jedynie przeszkadzać.

Lost Bottom Alarm – Alarm zaniku odczytu dna.

Po włączeniu tej funkcji, gdy echosonda zgubi echo od dna uaktywnia się alarm.

Literatura do rozdziału 4

1. Blackstock D.: *Fundamentals of Physical Acoustics*, Wiley-Interscience 2000.
2. Caly, C.: *Acoustical Oceanography*. John Wiley & Sons, 1977.
3. Krajczyński, E.: *Urządzenia Hydroakustyczne w Nawigacji*. Wydawnictwo Morskie, Gdańsk, 1980.
4. Krajczyński, E.: *Urządzenia Nawigacji Technicznej*. Fundacja Rozwoju WSM, Gdynia, 1995.
5. Seippel, R.: *Transducers, Sensors and Detectors*. Prentice-Hall, 1983.
1. Urick R.: *Principles of Underwater Sound*. 3rd edition, McGraw Hill, 1983.