



AKADEMIA MARYNARKI WOJENNEJ
im. Bohaterów Westerplatte

WYDZIAŁ NAWIGACJI I UZBROJENIA OKRĘTOWEGO

Modelowanie jaskiń wypełnionych wodą; hydroakustyczna metoda pozyskiwania danych

dr inż. Dariusz SZULC

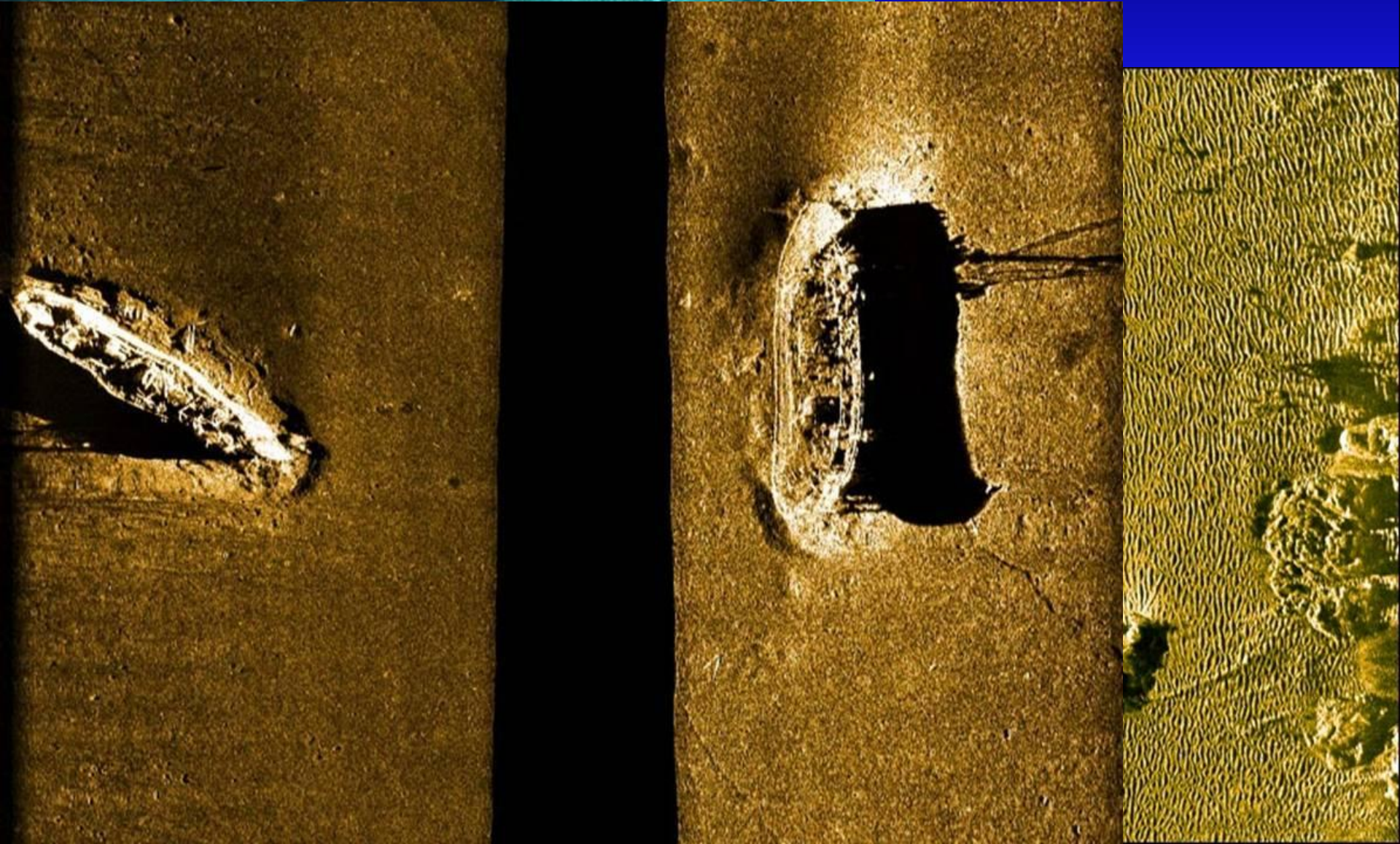


Obiekt poznania





echosonda
sonar





SYGNAŁY ŚWIERGOTOWE

$$U(f) = \exp \left[j \left(2\pi f_0 t + \frac{S t^2}{2} \right) \right] N(t)$$

gdzie

f_0 – częstotliwość początkowa;

S – prędkość zmiany częstotliwości w czasie (ang. sweep);

t – czas trwania sygnału

$N(t)$ – okno czasowe.



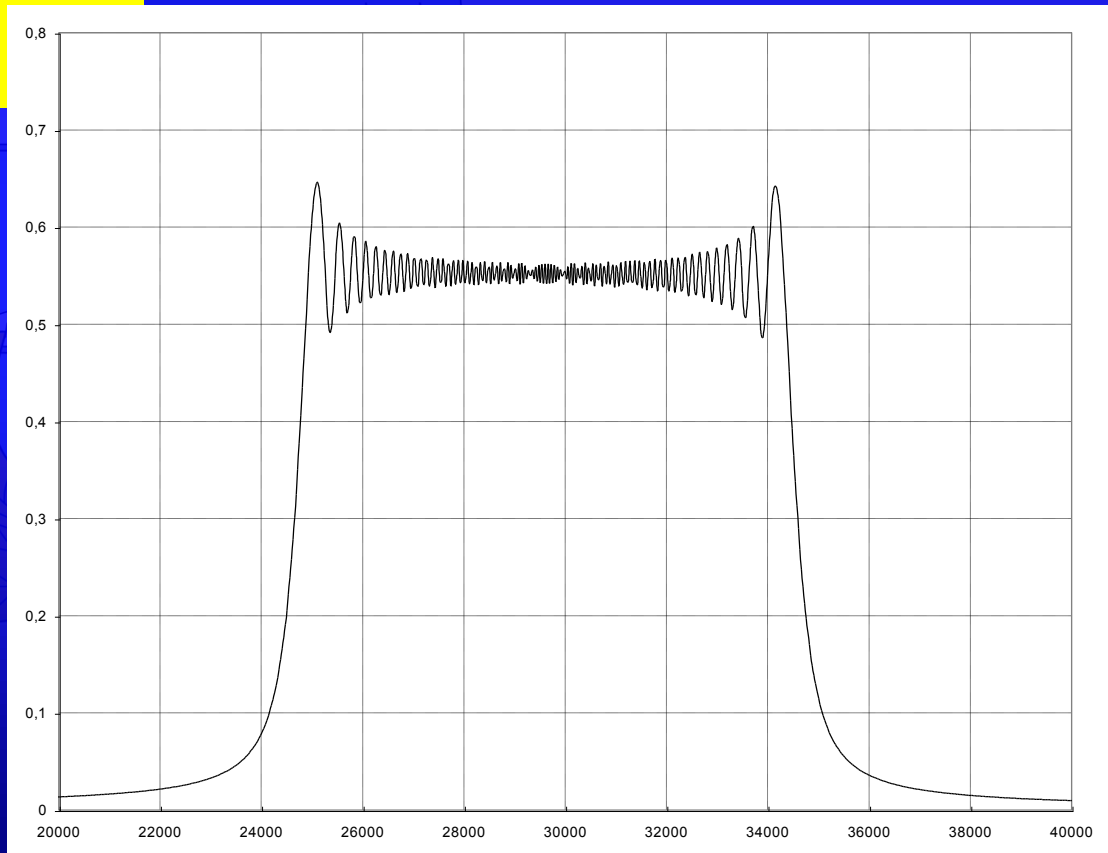
Podstawiając przykładowe dane:

$$f = 25\,000\text{ Hz}$$

$$S = 6.2 \cdot 10^5\text{ Hz}$$

Otrzymujemy sygnał, którego:
czas trwania $t = 0.0154\text{ s}$

$$f = 34\,500\text{ Hz}$$



Zalety chirp sonaru

- polepszenie stosunku sygnału odbieranego do szumu $\sqrt{\Delta f * t}$ razy,
- poprawa dokładności oceny ruchu obiektów,
- rozdzielczość wgłębna rozróżniania przeszkód w przybliżeniu wynosi:

$$R = \frac{1}{\Delta f} \cdot \frac{c_x}{2}$$

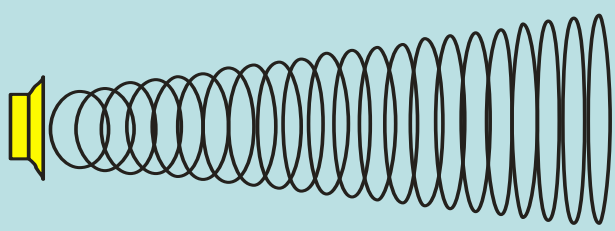
gdzie :

c_x - prędkość dźwięku w osadach

- wysoka dynamika (do 80 dB), która znacznie poprawia możliwości pomiarowe, a także zwiększa ich dokładność.



20 m 0,4m 0,6 m



Wygenerowany sygnał posiadał następujące parametry:

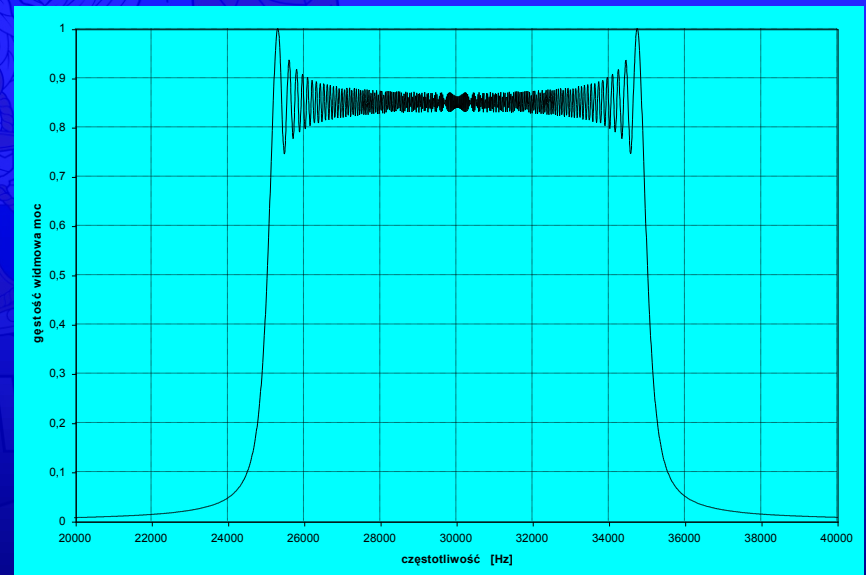
częstotliwość początkową $f = 25 \text{ kHz}$,

częstotliwość końcowa $f = 35.08 \text{ kHz}$,

sweep = $1,4 \text{ E5 Hz/s}$

częstotliwość próbkowania $f_s = 128 \text{ kHz}$,

czas trwania sygnału $t = 0.072 \text{ s}$.



Algorytm wyróżniania kolejnych przeszkód

Sygnał rejestrowany
 $V(t)$

Sygnał nadany
 $U(t)$

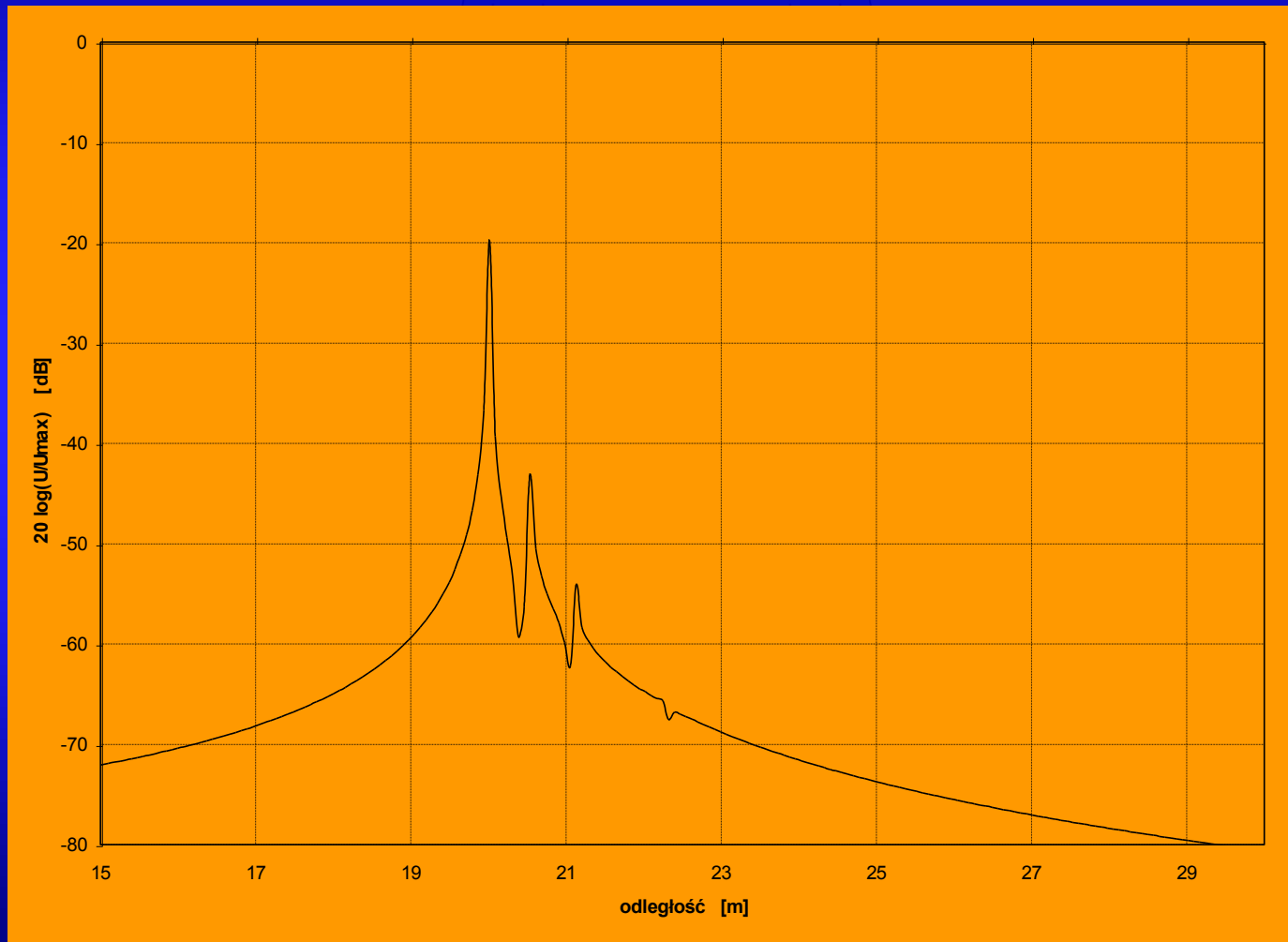
Proces wymnożenia w dziedzinie czasu
 $y(t) = V(t) U^*(t)$

transformacja Fouriera

filtracja dolnoprzepustowa



Impulsowa odpowiedź symulowanych przeszkód



Przebieg czasowy generowanego sygnału o liniowo modulowanej częstotliwości:

$$U(t) = \exp \left[j \left(\omega_0 t + S t^2 / 2 \right) \right] N(t), \quad (1)$$

Po przejściu sygnału nadanego przez obiekt badany (warstwę rozpraszającą) o charakterystyce impulsowej odpowiedzi $h(\tau)$, odebrany sygnał wygląda następująco:

$$V(t) = \int h(\tau) U(t - \tau) d\tau \quad (2)$$

$$V(t) = \int h(\tau) \exp \left[j \left(\omega_0 t - \omega_0 \tau + S t^2 / 2 + S \tau^2 / 2 - S t \tau \right) \right] d\tau = \\ \exp \left[j \left(\omega_0 t + S t^2 / 2 \right) \right] \int h(\tau) \exp \left[j \left(-\omega_0 \tau + S \tau^2 / 2 - S t \tau \right) \right] d\tau.$$

Obróbkę sygnału odebranego można analitycznie przedstawić jako operację wymnożenia w dziedzinie czasu sygnału odebranego $V(t)$ przez $U^*(t)$ - funkcję sprzężoną z $U(t)$ zwaną repliką sygnału nadanego. W wyniku czego otrzymujemy :

$$y(t) = V(t) \cdot U^*(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(\tau) \exp \left[j(\omega_0 \tau + S\tau^2 / 2 - St\tau) \right] d\tau$$

Opóźnienie czasowe τ , którego przyczynę stanowi transmisja w ośrodku, powoduje przesunięcie częstotliwości liniowo proporcjonalne do opóźnienia $\Delta f = \tau s$. Stąd każdemu opóźnieniu odpowiada pik w widmie sygnału różnicowego.

Częstotliwość różnicowa dana jest wzorem:

$$\Delta\omega = \frac{S^* \tau}{2}$$

$$\tau = \frac{2d}{c}$$

gdzie: d – odległość do przeszkody

c – prędkość dźwięku w przeszkodzie

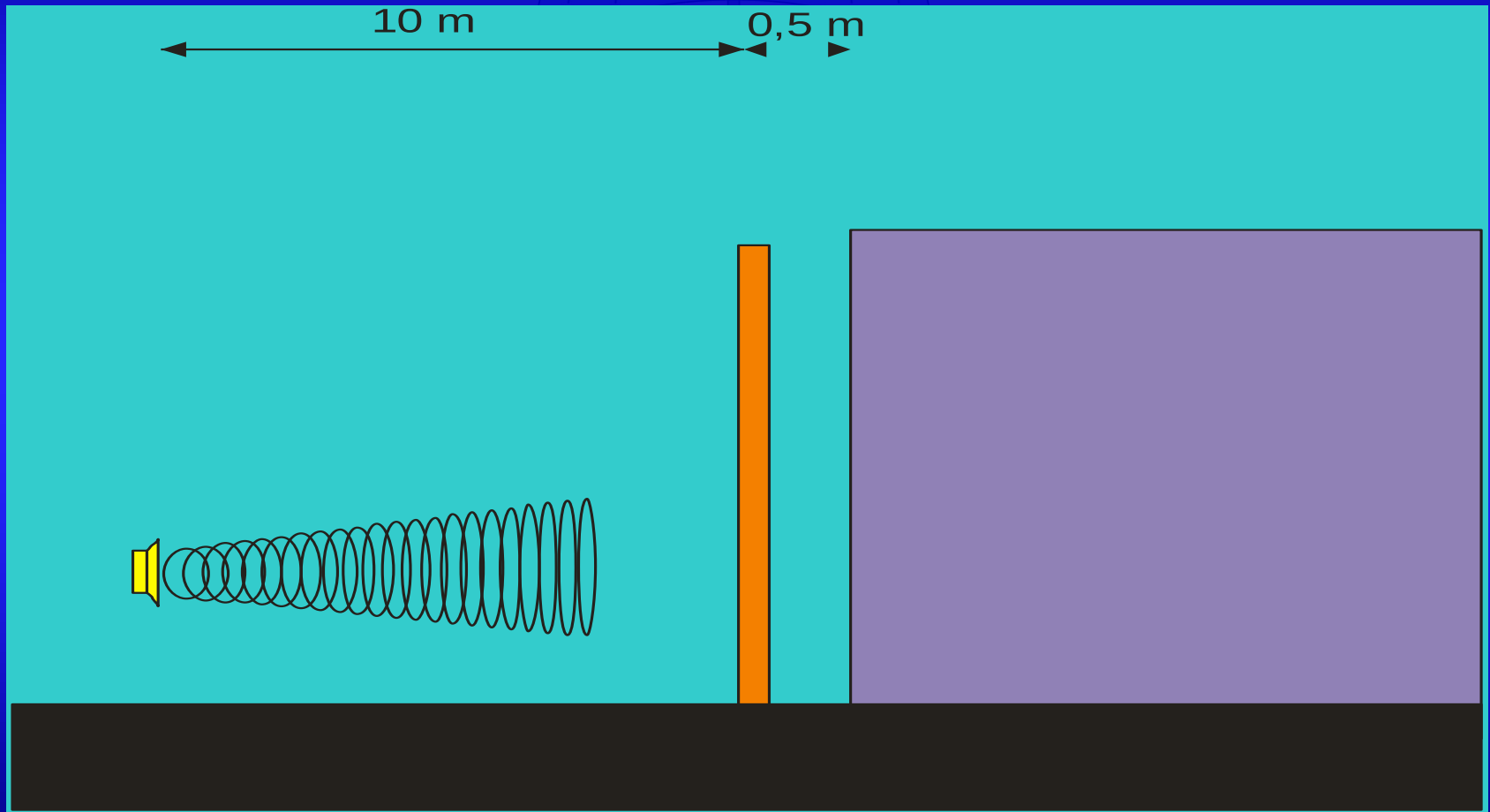
Ostatecznie z dwóch powyższych wzorów otrzymujemy odległość w jakiej znajdują się przeszkoda:

$$d = \frac{\Delta\omega^* c}{2}$$



Pomiary w basenie portowym

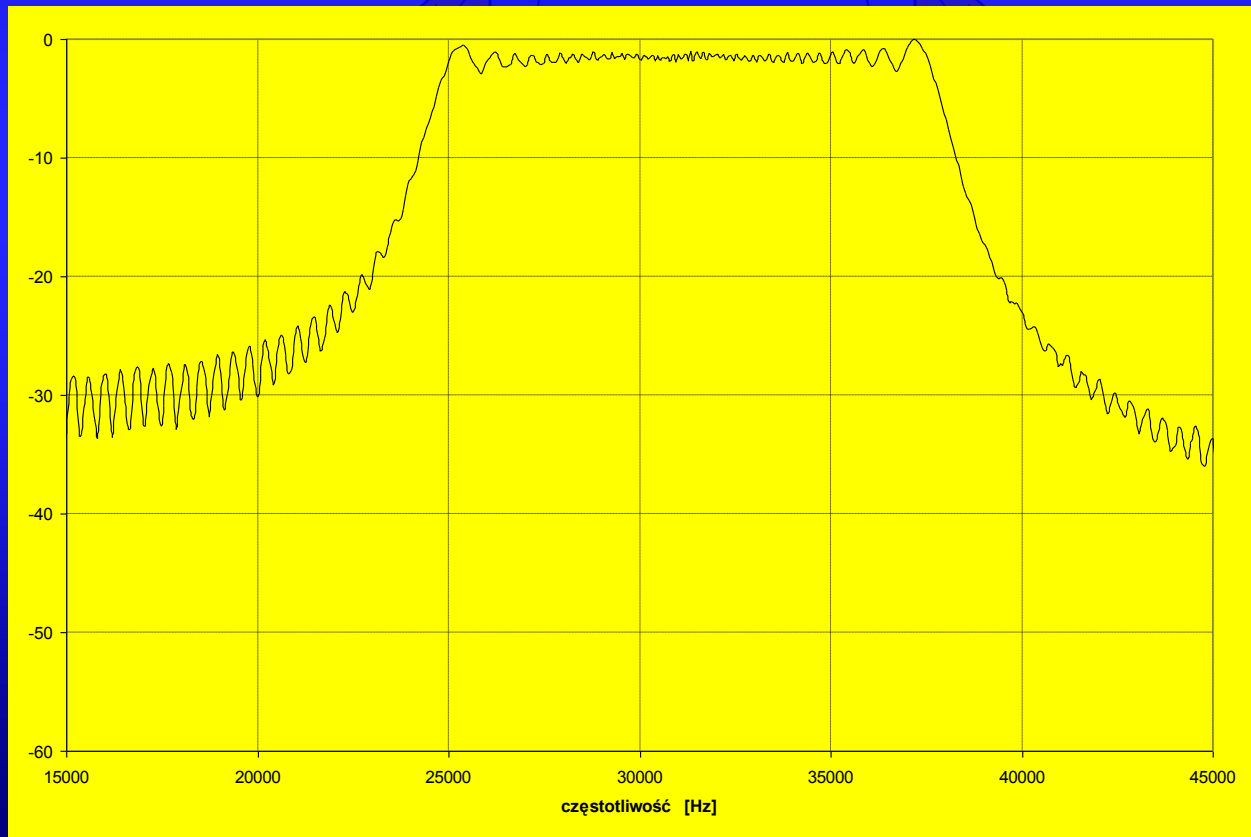
Usytuowanie przetworników i przeszkody

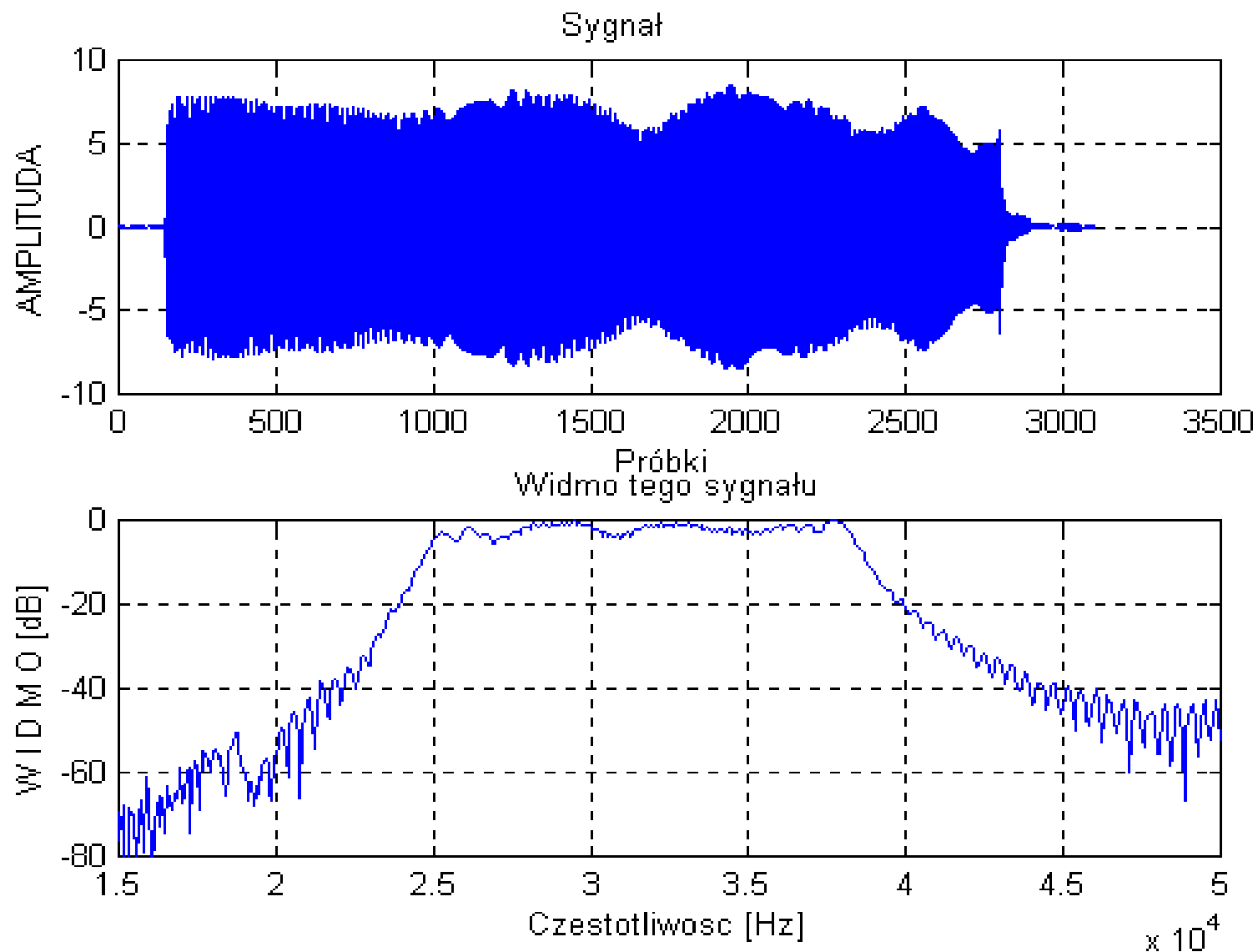


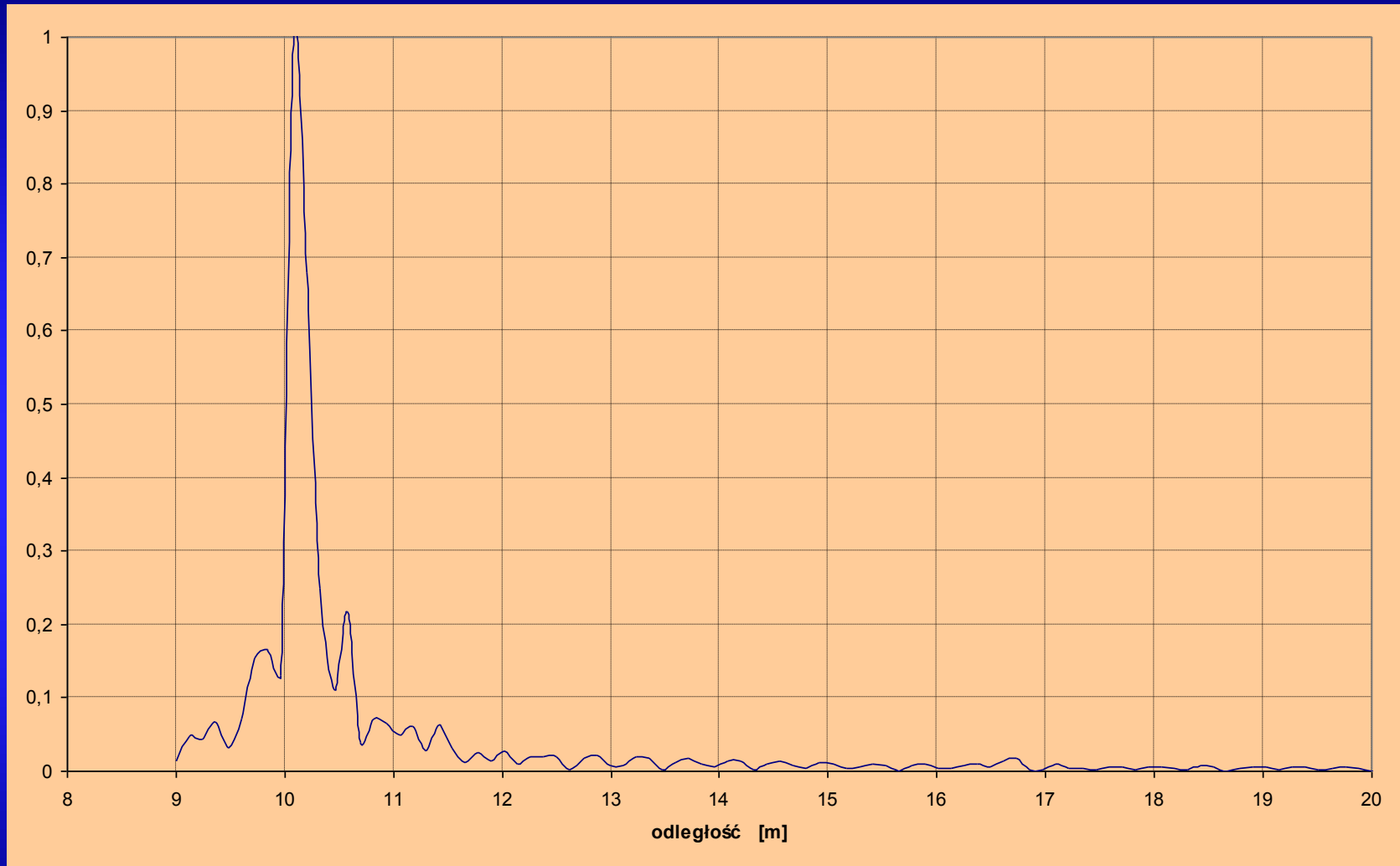
Pomiary w basenie portowym

Parametry nadawanych sygnałów:

- pasmo częstotliwości 25 kHz - 37.5 kHz,
- czas trwania sygnału $t = 0.0155$ s,
- częstotliwość próbkowania $f_s = 200$ kHz,









DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ



