

BARBARA JASNA, BOGDAN SIKORA

O DEFORMACJI FALI ULTRADŹWIĘKOWEJ  
W POBLIŻU PUNKTU KRYTYCZNEGO

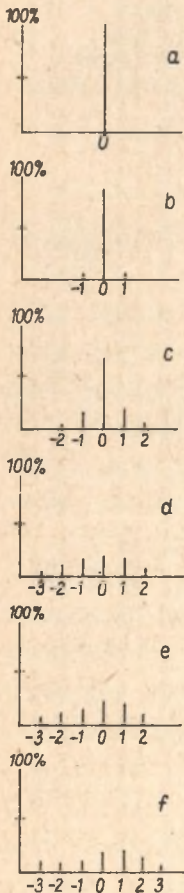
**Streszczenie:** Korzystając z wyników pomiarów rozkładu natężenia światła w widmach dyfrakcyjnych opublikowanych w pracy [1] zwrócono uwagę na deformację rozrzedzeń fali ultradźwiękowej w pobliżu punktu krytycznego. Założono przy tym, że niesymetryczność widma świadczy o braku symetrii w fali ultradźwiękowej. Podano konstrukcję kształtu fali dla jednego z dyfraktogramów.

Wstęp

Metoda ugięcia światła na fali ultradźwiękowej, rozchodzącej się w cieczy, stosowana do określenia kształtu fali o dużej amplitudzie może być wykorzystana do wykazania deformacji fali o amplitudzie nieskończenie małej w pobliżu obszaru krytycznego. Jednoznaczne określenie kształtu fali jest utrudnione ze względu na małą ilość prążków dyfrakcyjnych. Można jednak ustalić dokładnie natężenie, od którego począwszy zaczyna się deformacja fali. Metodę tę zastosowano do opublikowanych niedawno wyników eksperymentów E. Ozimka i A. Śliwińskiego [1].

Szczególnie interesujące są wnioski, które można wyciągnąć z wyników pracy [1] dla przypadku ugięcia światła na strukturach wytworzonych przez falę ultradźwiękową w  $\text{CO}_2$  w pobliżu punktu krytycznego. Można bowiem zauważyć, że wraz ze wzrostem natężenia fali ultradźwiękowej rozkład natężenia światła w prążkach dyfrakcyjnych staje się asymetryczny. Zauważmy, że stosowane w pracy [1] natężenia były zbyt małe by mogła powstać fala ultradźwiękowa o dużej amplitudzie, a ponadto pomiarów dokonano w bliskim polu ultradźwiękowym w związku z czym asymetryczność widm należy przypisać deformacji fali o małej amplitudzie.

W rozważaniach poniższych ograniczymy się do przedyskutowania serii widm uzyskanych dla  $\text{CO}_2$  w bliskim polu ultradźwiękowym w temperaturze  $31^\circ\text{C}$  i przy ciśnieniu 74 Atm, przy zmieniającym się natężeniu fali ultradźwiękowej w zakresie od 0,03 do  $2,1 \text{ W/cm}^2$ . Rys. 1 przedstawia fotogramy omawianej serii. Wysokość prążków jest proporcjonalna do względnego natężenia światła.



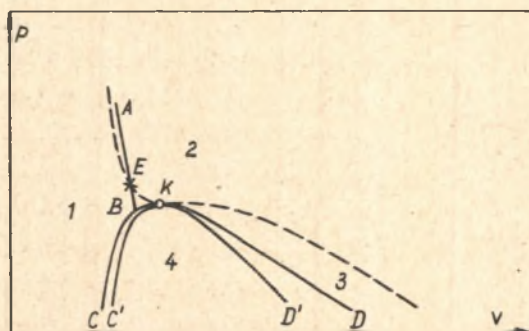
Rys. 1

Rozpatrzmy na wykresie  $pV$  (rys.2) krzywą równowagi ciecz - gaz CKD oraz krzywą CKD'. Krzywa CKD' ogranicza obszar 4, w którym ciało w żadnym razie nie może istnieć jako ciało jednorodne. Obszary między tą krzywą, a krzywą równowagi faz CKD są obszarami, w których możliwe jest występowanie przegrzanej cieczy (między CK i CK') i przeschłodzonej pary (między KD i KD'). W obszarze 1 substancja występuje jako ciecz, w 2 jako gaz, a w 3 jako para nienasycona.

Stan  $\text{CO}_2$ , do którego odnoszą się omawiane dyfraktogramy określony jest punktem E na odcinku adiabaty AB. Przejście fali ultradźwiękowej przez  $\text{CO}_2$  powoduje zmianę parametrów substancji ( $pVT$ ) wzdłuż tej adiabaty. Wielkość zmian zależy od natężenia fali ultradźwiękowej. Jeżeli punkt E leży wystarczająco daleko od krzywej CKD wówczas w propagacji fali o małej amplitudzie nie zachodzi nic osobliwego. Natomiast gdy natężenie fali wzrośnie na tyle, że wskutek rozrzedzeń substancja znajdzie się w obszarze poniżej krzywej równowagi (obszar 4 na rys. 2), wówczas następuje deformacja fali. W obszarze tym substancja powinna ulec rozpadowi na dwie fazy. Ścisłość adiabatyczna takiego dwufazowego układu różni się oczywiście od ściśliwości formalnie wyliczonej z równania stanu.

Zauważmy, że półfala zgęszczenia rozchodzi się w zwykłym jednofazowym układzie. Właściwości sprężyste substancji są więc przy zgęszczaniu inne niż przy rozrzedzaniu. Prowadzi to do zniekształcenia frontu fali [4].

Fischer [2] mylnie sądził, że w półfali rozrzedzenia parametry opisujące stan substancji powinny zmieniać się wzdłuż krzywej równowagi dwóch faz (CKD na rys. 2).



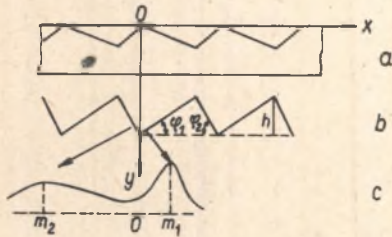
Rys. 2

Dla określenia kształtu zdeformowanej fali można posłużyć się rozumowaniem przeprowadzonym przez Szutiłowa [5]. Rozumowanie to pozwala z natężenia światła w dyfraktogramie określić kształt czoła fali świetlnej, a następnie kształt fali ultradźwiękowej. Michajłow i Szutiłow stwierdzili, że rozkład natężenia światła w prążkach dyfrakcyjnych jest niesymetryczny w przypadku fali zniekształconej.

Prace [5], [6] dotyczyły deformacji fali o amplitudzie skończonej w polu dalekim. Szutiłow [5], zakładając fazową modulację światła przechodzącego przez strukturę ze zmiennym współczynnikiem załamania, wytworzoną przejściem fali ultradźwiękowej, otrzymał zależności pozwalające odtworzyć kształt zdeformowanej fali. Pomiął przy tym modulację amplitudową jako, że spełniona była zależność

$$L \ll \frac{b}{2} \sqrt{\frac{n_0}{\Delta n}},$$

w której  $L$  oznacza głębokość pola ultradźwiękowego,  $b$  - rzut stromego frontu fali ultradźwiękowej na kierunek jej rozchodzenia się,  $n_0$  - średnią wartość współczynnika załamania,  $\Delta n$  - amplitudę współczynnika załamania [5].



Rys. 3

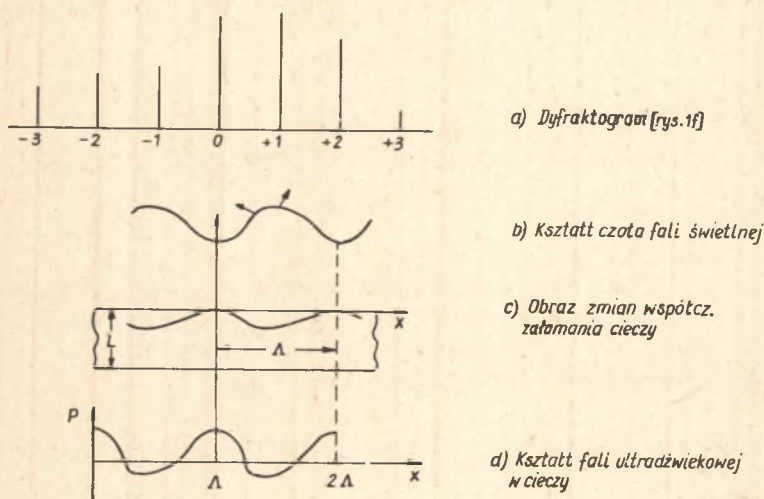
Przy założeniu, że współczynnik załamania zmienia się jak na rys. 3a, kształt czoła fali świetlnej przyjmie postać przedstawioną na rys. 3b. Widać stąd że czoło fali świetlnej powtórza kształt zmian współczynnika załamania.

Kształt fali ultradźwiękowej można scharakteryzować kształtem czoła zmodulowanej fali świetlnej rozpatrując trójkąt na rys. 3b.

$\varphi_1$  i  $\varphi_2$  oznaczają kąty nachylenia frontów fali świetlnej do kierunku rozchodzenia się fali ultradźwiękowej. Z nachyleniem frontów związany jest rozkład natężenia światła w obrazie dyfrakcyjnym (rys. 3c). Za wielkość maksimum odpowiedzialna jest długość prostych odcinków frontów. Z położenia maksimum w dyfraktogramie można jednoznacznie określić kąty  $\varphi_1$  i  $\varphi_2$ , a zatem odtworzyć kształt fali.

W oparciu o powyższe rozważania wyniki zawarte w [1] można interpretować w następujący sposób. Dyfraktogram dla natężenia  $0,03 \text{ W/cm}^2$  (rys. 1b) wskazuje na to, że fala jest symetryczna. Oznacza to, że fala propaguje się nie doznając zniekształceń. Rozkład natężenia w prążkach uzyskanych w wyniku dyfrakcji światła na symetrycznej bieżącej fali ultradźwiękowej jest symetryczny względem prążka zerowego nawet wtedy, jeśli zaburzenia nie mają charakteru sinusowego. Z asymetrii dyfraktogramów o nieco większym natężeniu wynika, że mamy do czynienia z deformacją której przyczyny omawialiśmy wyżej.

Na rys. 4 podajemy przykładowo konstrukcję kształtu fali dla dyfraktogramu  $f$  z rys. 1. Z konstrukcji naszej wynika, że rozrzedzenia fali deformują się analogicznie jak w przypadku fali o amplitudzie skończonej w polu dalekim. Ponieważ natężenia prądów w dyfraktogramach są wielkościami średnimi, więc i kształt fali ultradźwiękowej odtworzony przez nas jest w pewnym sensie uśredniony.



Rys. 4

Wpłynęło do Redakcji 26.IV.65 r.

## LITERATURA

- [1] Ozimek E., Śliwiński A.: Pomiary fotometryczne figur ugięcia światła na fali ultradźwiękowej w  $\text{CO}_2$  w okolicy punktu krytycznego. Zeszyty Naukowe UAM w Poznaniu, Akustyka, 1963 3, 49-87.
- [2] Fiszer I.Z.: O rozproszeniu dźwięku w krytycznej точке. Akust.ż., 1957, 3,2, 208.
- [3] Landau L., Lifszic E.: Fizyka statystyczna, PWN Warszawa, 1959, 259-262, 266-269.

- [4] Michajłow I.G., Sołowjew W.A., Syrnikow J.P.: Osnowy molekularnoj akustiki. Moskwa 1964.
- [5] Szutiłow W.A.: Opticzieskije issledowanija formy ultrazwukowej wołny bolszoi amplitudy w židkosti. Akust.Z., 1959,5,2, 231-240.
- [6] Michajłow I.G., Szutiłow W.A.: Difrakcja swieta na ultradzwukowej wołnie bolszoi amplitudy. Akust.Z., 1957,3,2,203-204.
- [7] Śliwiński A., Talar S.: Poprawione rozkłady widmowe ugięcia światła na wyprostowanej fali ultradźwiękowej o małej amplitudzie. Zeszyty Naukowe UAM w Poznaniu, Akustyka, 1963, 3, 88-112.

#### ОБ ИСКАЖЕНИИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ В КРИТИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ

#### Р е з ю м е

Пользуясь дифракционными картинами опубликованными в работе [1] указывается на искажение разрежении ультразвуковой волны в критической области. Предполагается, что несимметричная дифракционная картина указывает на искажение волны. Дается конструкция формы волны по дифракционной картине.

#### THE DISTORTION SOUND WAVES NEAR THE CRITICAL POINT

#### S u m m a r y

Based on the diffraction patterns presented by Ozimek and Śliwiński [1] the distortion sound waves near the critical point was noticed. It was assumed here that an asymmetrical diffraction pattern prove about asymmetrical sound waves. The construction of the changed sound waves was giving.