

Jerzy Wehr

**ULTRADŹWIĘKOWA METODA
WYZNACZANIA GĘSTOŚCI
I ŚCIŚLIWOŚCI CIECZY
W FUNKCJI CIŚNIENIA**

15/1967

WARSZAWA



NA PRAWACH RĘKOPISU
DO UŻYTKU WEWNĘTRZNEGO

Zakład Badania Drgań IPPT PAN
Nakład 150 egz. Ark. wyd. 1,95. Ark. druk. 3,25
Druk ukończone w grudniu 1967 r.

WARSZAWSKA DRUKARNIA NAUKOWA
Warszawa, ul. Sniadeckich 8. Zam. 908/o/67.

ULTRADŹWIĘKOWA METODA WYZNACZANIA GĘSTOŚCI I ŚCISLIWOŚCI CIECZY W FUNKCJI CIŚNIENIA

1. Wstęp

Praca ma na celu przedstawienie metody wyznaczania zarówno ściśliwości adiabatycznej jak i gęstości cieczy w funkcji ciśnienia w oparciu jedynie o znajomość gęstości początkowej cieczy /przy ciśnieniu atmosferycznym lub innym, które wygodnie jest przyjąć za początkowe/ i o pomiary prędkości rozchodzenia się w tej cieczy fal ultradźwiękowych w funkcji ciśnienia.

Przedstawiona metoda pozwala uniknąć kłopotliwych pomiarów gęstości cieczy w funkcji ciśnienia, przeprowadzenia których wymagała znana dotychczas metoda ultradźwiękowa.

Znajomość gęstości i ściśliwości adiabatycznej cieczy w funkcji ciśnienia ma duże znaczenie praktyczne, szczególnie w urządzeniach hydrauliki siłowej, w niektórych urządzeniach lotniczych i samochodowych - np. przy eksploatacji cieczy typu olejów hydraulicznych, olejów smarowych i paliw - jak również w przypadku transportu cieczy rurociągami pod wysokim ciśnieniem. Znane jest zastosowanie pomiarów ultradźwiękowych do wyznaczania współczynnika ściśliwości cieczy na podstawie zależności

$$\beta_{ad} = \frac{1}{\rho \cdot c^2} \quad /1/$$

gdzie: β_{ad} - adiabatyczny współczynnik ściśliwości,

ρ - gęstość cieczy /masa właściwa/,

c - prędkość rozchodzenia się w cieczy fal ultradźwiękowych.

Stosowanie zależności /1/ ma dużą niedogodność praktyczną - wymaga mianowicie pomiarów gęstości ρ w funkcji ciśnienia, których dokładne przeprowadzenie jest trudne i kosztowne.

Metoda przedstawiona w tej pracy opiera się, oprócz podstawowych zależności fizycznych, na dwu założeniach upraszczających potwierdzonych doświadczalnie:

1/ w granicach kolejnych przyrostów ciśnienia, dla których mierzymy prędkość c , możemy uważać adiabatyczny współczynnik nieściśliwości /odwrotność współczynnika ściśliwości/ za li-

niowy w funkcji ciśnienia,
 2/ w powyższych granicach możemy uważać za stałą wielkość
 $\kappa = c_p / c_v$ /stosunek ciepła właściwego przy stałym ciśnieniu
 do ciepła właściwego przy stałej objętości/.
 Słuszność tych założeń została sprawdzona dla wody i olejów
 dla przyrostów ciśnienia rzędu 1 katm w granicach ciśnień od 1
 atm do paru tysięcy atmosfer.

2. Założenia i zależności teoretyczne.

Pomysł uwolnienia się od pomiarów gęstości ρ opiera się na istnieniu związku między tą gęstością a objętością właściwą cieczy V , oraz z kolei związku między objętością właściwą a ciśnieniem p i ściślıwością β . Przy pomiarach o wiele wygodniej jest realizować zmiany ciśnienia izotermiczne niż adiabatyczne, co uwzględnimy przy wyprowadzaniu wzorów.

Oznaczając odpowiednio gęstość i objętość właściwą dla ciśnienia $p_1 = \rho_1$ i V_1 , a dla ciśnienia $p_2 = \rho_2$ i V_2 , możemy napisać:

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{V_1}{V_2} \quad /2/$$

Z definicji ściślıwości izotermicznej:

$$\beta_{iz} = - \frac{1}{V} / \frac{dV}{dp} /_T \quad /3/$$

Uwzględniając, że $\beta_{iz} = \kappa \cdot \beta_{ad}$, otrzymujemy

$$\frac{dV}{V} = - \kappa \cdot \beta_{ad} \cdot dp \quad /4/$$

Równania tego nie możemy scałkować nie znając równania funkcji β/p . W granicach małego przyrostu ciśnienia Δp można by założyć liniową zależność β od p , ale doświadczenie wskazuje, że bardziej liniową funkcją ciśnienia jest współczynnik nieściślıwości k_{ad} .

Z definicji

$$k_{ad} = \frac{1}{\beta_{ad}} \quad /5/$$

Zgodnie z założeniem 1/ /p. wstęp/ przyjmujemy, że

$$k_{ad} = k_{1ad} + \delta / p - p_1 / \quad /6/$$

gdzie: δ - współczynnik proporcjonalności, stały w przedziale $/p_1, p_2/$.

Na podstawie /4/ i /6/:

$$\int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = - \int_{P_1}^{P_2} \frac{\kappa \cdot dp}{k_{1ad} + \delta / p - p_1 /} \quad /7/$$

Zakładając $\kappa = \text{const}$ w przedziale całkowania i całkując /7/ otrzymujemy:

$$\ln \left/ \frac{V_1}{V_2} \right/ = - \frac{\kappa}{\delta} \ln \left/ - \frac{k_{2ad}}{k_{1ad}} \right/ \quad /8/$$

Stosunek V_1/V_2 zamieniamy, na podstawie zależności /2/, na stosunek ρ_2/ρ_1 otrzymując:

$$\ln \left/ - \frac{\rho_2}{\rho_1} \right/ = - \frac{\kappa}{\delta} \ln \left/ - \frac{k_{2ad}}{k_{1ad}} \right/ \quad /9/$$

Oznaczmy, dla uproszczenia zapisu,

$$\left/ - \frac{\rho_2}{\rho_1} \right/^2 = a \quad /10/$$

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = u \quad /11/$$

$$\left/ - \frac{k_{2ad}}{k_{1ad}} \right/ = z \quad /12/$$

$$P_2 - P_1 = \Delta p \quad /13/$$

Uwzględniając /5/ i /1/, równanie /9/ można teraz napisać w postaci

$$\ln \left/ \frac{z}{a} \right/ = - \frac{\kappa}{\delta} \ln \left/ z \right/ \quad /14/$$

skąd

$$z = a \cdot \left/ z \right/^{\kappa/\delta} \quad /15/$$

Założyliśmy znajomość gęstości ρ_1 dla ciśnienia początkowego p_1 , wobec czego k_{1ad} jest dla znanej prędkości ultradźwięków c_1 wielkością znaną:

$$k_{1ad} = \rho_1 \cdot c_1^2 \quad /16/$$

Na podstawie /7/

$$\delta = /z - 1/ \frac{k_{1ad}}{\Delta p} \quad /17/$$

i

$$z = a \cdot \exp / \frac{\kappa \cdot \Delta p}{k_{1ad}} \cdot \frac{\ln /z/}{z-1} / \quad /18/$$

Oznaczmy dla uproszczenia

$$\frac{\Delta p}{k_{1ad}} \cdot \frac{\ln /z/}{z-1} = x \quad /19/$$

skąd

$$z = a \cdot \exp / \kappa \cdot x / \quad /20/$$

Równanie /19/ zawiera, oprócz szukanej niewiadomej z , nieznaną wielkość κ . Przyjmujemy dla niezbyt dużych przyrostów ciśnienia

$$\exp / \kappa \cdot x / \approx \frac{1}{1-x} \quad /21/$$

co oznacza przyrównanie do siebie szeregów

$$\exp / \kappa \cdot x / = 1 + \kappa \cdot x + \frac{\kappa^2}{2!} \cdot x^2 + \frac{\kappa^3}{3!} \cdot x^3 + \dots$$

oraz

$$\frac{1}{1-x} = 1 + x + x^2 + x^3 + \dots$$

Drugi wyraz pierwszego szeregu jest większy niż drugi wyraz drugiego szeregu a następne wyrazy pierwszego szeregu są /dla $\kappa < \sqrt{2}$ / mniejsze niż odpowiednie wyrazy drugiego szeregu, co zapewnia dla małych x dobrą kompensację i słuszność przybliżenia /21/.

Na podstawie /21/ piszemy /20/ jako

$$z = \frac{a}{1 - \frac{\Delta p}{k_{1ad}} \cdot \frac{\ln /z/}{z-1}} \quad /22/$$

To równanie przestępne można rozwiązać metodą kolejnych przybliżeń, podstawiając

$$z'_I = \frac{a}{1 - \frac{\Delta p}{K_{1ad}}} \quad /23/$$

lub

$$z''_I = \frac{a}{1 - \frac{\Delta p}{K_{1ad}} \cdot \frac{\ln/z/}{z-1}} \quad /24/$$

$$z''_{II} = \frac{a}{1 - \frac{\Delta p}{K_{1ad}} \cdot \frac{\ln/z_I/}{z_I-1}} \quad /25/$$

$$z_N = \frac{a}{1 - \frac{\Delta p}{K_{1ad}} \cdot \frac{\ln/z_{N-1}/}{z_{N-1}-1}} \quad /26/$$

Dla niezbyt wielkich Δp praktycznie wystarcza już I albo II przybliżenie. Można tu zauważyć, że wartość asymptotyczna z_N zawiera się zawsze w przedziale $/a, z'_I/$.

Po obliczeniu z wyznaczamy szukane wartości β_{2ad} i ρ_2 z równań

$$\beta_{2ad} = \frac{\beta_{1ad}}{z} = \frac{1}{\rho_1 \cdot c_1^2 \cdot z} \quad /27/$$

$$\rho_2 = \rho_1 \cdot \frac{z}{a} = \frac{\rho_1 \cdot c_1^2 \cdot z}{c_2^2} \quad /28/$$

Współczynnik korekcji K_1 , przez który należało by pomnożyć wartości u i z obliczone przy założeniu upraszczającym /21/, wyraża się wzorem

$$K_1 = \exp / \kappa \cdot x / \cdot / 1 - x / \quad /29/$$

i przebieg jego w zależności od x i κ przedstawiony jest na rys. /1/.

Innym sposobem uwolnienia się od nieznanego κ jest przyrównanie go do jedności. Dla takiego założenia

$$u \approx \exp / x / \quad /30/$$

$$z = au = a \cdot \exp /x/ \quad /31/$$

i uwzględniając równania wyjściowe jak poprzednio otrzymujemy równania przestępne i wzory rekurencyjne:

$$\ln u = \frac{\ln a}{\frac{k_1/au = 1/}{\Delta p} - 1} \quad /32/$$

$$\ln u_1 = \frac{\ln a}{\frac{k_1/a = 1/}{\Delta p} - 1} \quad /33/$$

$$\ln u_2 = \frac{\ln a}{\frac{k_1/au_1 = 1/}{\Delta p} - 1} \quad /34/$$

$$\ln u_N = \frac{\ln a}{\frac{k_1/au_{N-1} = 1/}{\Delta p} - 1} \quad /35/$$

$$\ln z = \frac{\ln a}{1 - \frac{\Delta p}{k_1} \cdot \frac{1}{z-1}} \quad /36/$$

$$\ln z_1 = \frac{\ln a}{1 - \frac{\Delta p}{k_1} \cdot \frac{1}{z-1}} \quad /37/$$

$$\ln z_2 = \frac{\ln a}{1 - \frac{\Delta p}{k_1} \cdot \frac{1}{z_1-1}} \quad /38/$$

$$\ln z_N = \frac{\ln a}{1 - \frac{\Delta p}{k_1} \cdot \frac{1}{z_{N-1}-1}} \quad /39/$$

Współczynnik korekcji K_2 , przez który należało by pomnożyć wartości u i z obliczone przy założeniu upraszczającym $\kappa = 1$ wyraża się wzorem

$$K_2 = \exp [x/\kappa - 1] \quad /40/$$

i przedstawiony jest, razem z K_1 , na rys. /1/.

Współczynnik K_2 jest zawsze większy od 1, w przeciwieństwie do współczynnika K_1 . Z porównania przebiegu tych współczynników wiadać, że dla κ bliskiego jedności tylko jeden z nich, K_2 , jest bliski jedności dla dużych x /dla dużych skoków ciśnienia/. Dla κ rzędu 1,2 i dla x nie przekraczającego 0,2 K_1 jest mniejsze od K_2 i przybliżenie $\exp [x \cdot \kappa] = 1 - x/\kappa$ jest korzystniejsze od przybliżenia $\kappa = 1$. Dla orientacji co do maksymalnego błędu wprowadzonego przez założone przybliżenie należy znać x . Na podstawie /20/

$$x = \frac{\ln /u/}{\kappa} \quad /41/$$

a w przybliżeniu

$$x \approx \ln /u/ \quad /42/$$

lub

$$x \approx 1 - \frac{1}{u} = \frac{\Delta \rho}{\rho_2} \quad /43/$$

Dla przykładu podamy, że dla wody w temperaturze 30 °C dla skoku ciśnienia od 0 do 1000 atm $x = 0,038$ i współczynniki korekcji K_1 i K_2 są mniejsze od 1,01 dla $\kappa \leq 1,3$.

Chcąc wyznaczyć na podstawie pomiarów prędkości w funkcji ciśnienia nie tylko ρ i β , ale również κ rozciągniemy założenia $\kappa = \text{const}$ i $k = p \cdot \text{const}$ na zakres 2 sąsiednich przyrostów ciśnienia, którym odpowiadają prędkości c_0 /początkowa/, c_1 i c_2 .

$$\text{Oznaczając } \frac{\rho_1}{\rho_0} = u_1; \quad \frac{\rho_2}{\rho_1} = u_2;$$

$$/\frac{c_1}{c_0}/^2 = a_1; \quad /\frac{c_2}{c_1}/^2 = a_2$$

i uwzględniając równania /1/, /6/, /7/, /10/ i /11/ możemy napisać układ 4 równań

$$\delta \cdot \ln /u_1/ = \kappa \cdot \ln /a_1 \cdot u_1/ \quad /44/$$

$$\delta \cdot \ln /u_2/ = \kappa \cdot \ln /a_2 \cdot u_2/ \quad /45/$$

$$a_1 \cdot u_1 = 1 + \delta \cdot \Delta p / k_0 \quad /46/$$

$$a_2 \cdot u_2 = 1 + \frac{\delta \cdot \Delta p}{k_0 + \delta \cdot \Delta p} \quad /47/$$

Z pierwszej pary równań

$$\frac{\ln /u_1/}{\ln /u_2/} = \frac{\ln /a_1/}{\ln /a_2/} \quad /48/$$

skąd

$$u_2 = /u_1/ \frac{\ln /a_2/}{\ln /a_1/} \quad /49/$$

Z drugiej pary równań

$$a_2 \cdot u_2 + \frac{1}{a_1 \cdot u_1} = 2 \quad /50/$$

Z równań /49/ i /50/ otrzymujemy równanie z niewiadomą u_1 :

$$a_1 \cdot a_2 / u_1 /^{1 + \frac{\ln /a_2/}{\ln /a_1/}} - 2 \cdot a_1 \cdot u_1 + 1 = 0 \quad /51/$$

Rozwiązujemy to równanie metodą kolejnych przybliżeń i mając wartość u_1 obliczamy u_2 z równania /49/.

Następnie na podstawie równań /46/ i /44/ obliczamy δ i κ :

$$\delta = \frac{/a_1 u_1 - 1/ \cdot k_0}{\Delta p} \quad /52/$$

$$\kappa = \frac{/a_1 u_1 - 1/ \cdot \ln /u_1/ \cdot k_0}{\ln /a_1 u_1/ \cdot \Delta p} \quad /53/$$

Otrzymane taką metodą funkcje dla ρ , β i κ są bardzo wrażliwe na błąd pomiaru prędkości c , który przenosi się do błędów wypadkowych tych funkcji ze znacznym zwielokrotnieniem. Z tego względu wskazana możliwość wyznaczania lub eliminowania κ nie była w tej pracy wykorzystana przy opracowywaniu wyników pomiarów

3. Porównanie teorii z wynikami pomiarów.

Wyprowadzone zależności, w szczególności możliwość stosowania pierwszych przybliżeń dla funkcji κ , sprawdzono z wynikami pomiarów dla wody [1] i olejów [2]. W pomiarach tych wielkości ρ /gęstość/ i c /prędkość propagacji ultradźwięków/ były mierzone w funkcji ciśnienia przy ustalonej temperaturze. Gęstość ρ , zmierzona w tych pomiarach dla ciśnienia 1 atm /oznaczenie 0 atm w tabelach stosuje się umownie, bez zaznaczenia, że chodzi tu o nadciśnienie/, przyjęto za gęstość początkową do obliczeń według metody przedstawionej w tej pracy. Na podstawie wartości gęstości początkowej i wartości prędkości propagacji ultradźwięków w funkcji ciśnienia obliczono gęstość ρ i ściślność β_{ad} w funkcji ciśnienia na podstawie wzorów /23/ - /28/. Wyniki obliczeń porównano w przypadku ρ z bezpośrednimi pomiarami w funkcji ciśnienia, a w przypadku β_{ad} z obliczeniami według wzoru /1/ na podstawie pomiarów ρ i c w funkcji ciśnienia. Obliczenia według wzorów /23/ - /28/ przeprowadzono dla różnych skoków ciśnienia i dla różnych przybliżeń dla funkcji κ w celu zorientowania się w ważności przyjętych założeń upraszczających i w możliwości stosowania pierwszych przybliżeń, a więc wzorów bezpośrednich, nie rekurencyjnych. Dla sprawdzenia wartości κ możemy wyznaczyć κ na podstawie pomierzonych ρ/p i c/p . W tym celu podstawimy do wzoru /3/

$$-\frac{dV}{V} = -\frac{d\rho}{\rho} \quad /54/$$

otrzymując

$$\beta_{1z} = \frac{1}{\rho} / -\frac{d\rho}{dP} / T \quad /55/$$

skąd

$$\kappa = \frac{\beta_{1z}}{\beta_{ad}} = / -\frac{d\rho}{dP} / T \cdot c^2 \quad /56/$$

$-\frac{d\rho}{dP}$ wyznaczamy wykreślnie, lub w przybliżeniu jako

$$-\frac{d\rho}{dP} \approx -\frac{\Delta\rho}{\Delta P} \quad /wtedy c odpowiada punktowi leżącemu w środku odcinka \Delta P./$$

Wyznaczone w ten sposób κ dla wody i olejów jest bardzo bliskie 1. Z wykresów na rys. /1/ można stwierdzić, że współczynnik korekcji K_1 jest bardzo bliski 1 dla $x \leq 0,1$. Dla wody skokowi ciśnienia od 0 do 6000 atm odpowiada $x = 0,148$ i $K_1 = 0,99$ /dla $\kappa = 1/$, co sprowadza zawyżone β , obliczone dla przybliżenia $\exp / \kappa \cdot x / = -\frac{1}{1-x}$, prawie dokładnie na krzywą wartości pomiarowych.

Wyniki obliczeń przedstawione w tablicach i na wykresach. Porównanie wartości β i β uzyskanych na podstawie pomiarów prędkości propagacji fal ultradźwiękowych i pomiarów β dla ciśnienia początkowego z wartościami β mierzonymi w funkcji ciśnienia i z wartościami β obliczonymi na podstawie tych ostatnich pomiarów pozwala na wyciągnięcie następujących wniosków:

1/ wzór /26/ - jeden z podstawowych wyników tej pracy - sprawdza się z bardzo dobrą zgodnością /różnica w granicach 1 %/ z wynikami pomiarów w całym zakresie danych, którymi dysponowano, tj. w przypadku olejów dla przyrostów ciśnienia od 350 atm do 1400 atm w zakresie ciśnień 0 - 1400 atm i w zakresie temperatur 10°C - 120 °C a w przypadku wody dla przyrostów ciśnienia od 500 atm do 6000 atm w zakresie ciśnień 0 - 6000 atm dla temperatur 30 °C i 50 °C;

2/ wzory uproszczone /23/ i /24/ można stosować naogół dla przyrostów ciśnienia bardziej ograniczonych niż wzór /26/.

W rozpatrywanym przypadku olejów prosty wzór /23/ można stosować dla przyrostów ciśnienia do 700 atm a wzór /24/ - do 1400 atm. W przypadku wody wzory /23/ i /24/ można stosować dla przyrostów ciśnienia odpowiednio do 1000 atm i do 2000 atm.

Łatwo zauważyć, że w niektórych przypadkach pierwsze przybliżenie, szczególnie według wzoru /24/, daje lepszą zgodność z wynikami pomiarów niż przybliżenie asymptotyczne według wzoru /26/.

Wiąże się to z faktem, że założenie upraszczające /21/

$\exp / \kappa \cdot x / \approx -\frac{1}{1-x}$ spełnione jest dokładnie tylko dla bardzo małych przyrostów ciśnienia i dla jednej dodatniej skończonej wartości x_{opt} zależnej od κ . W przybliżeniu jest to wartość określona wzorem

$$x_{\text{opt}} = \frac{\sqrt{-15x^4 + 24x^3 - 36x^2 + 144x - 108} - 3/2 - x^2}{2/6 - x^3} \dots /57/$$

Np. dla $x = 1,1$ $x_{\text{opt}} \cong 0,185$

$$\text{skąd } \Delta p_{\text{opt}} \cong 0,185 k_1$$

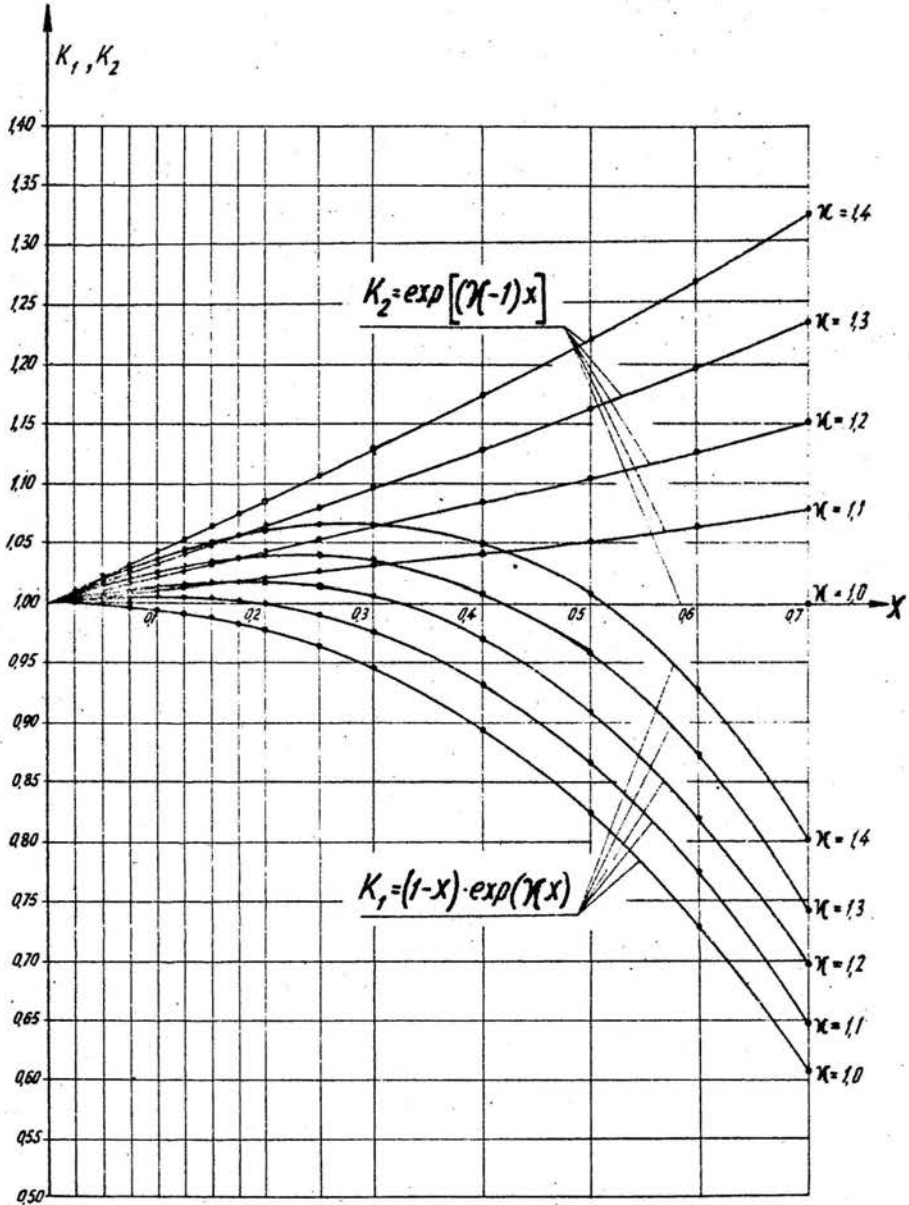
Dla cieczy o wartości k_1 takiej jak dla wody /przy $p_1 = 0/$ i o wartości $x = 1,1 = \text{const}$ w całym zakresie Δp , Δp_{opt} wynosi ok. 4000 atm. Wspomniana tu krótko własność założenia upraszczającego /21/ tłumaczy, wydaje się, fakt, że wartości ρ wyznaczone na podstawie wzoru /26/ przechodzą w przypadku wody z niższych niż zmierzane na wyższe niż zmierzane przy przejściu od przyrostu ciśnienia 2000 atm do 6000 atm.

Wartości ρ i β obliczone dla założenia upraszczającego $x \cong 1$ według wzorów /31/ - /35/, są bardzo zbliżone do wartości obliczonych według wzorów /23/ - /26/. Niewielkie różnice między wartościami dla obu tych serii a wartościami opartymi na pomiarach ρ i c , występujące szczególnie dla dużych skoków ciśnienia w przypadku wody, zgodne są z przebiegiem współczynników korekcji K_1 i K_2 na rys. /1/. Opierając się na tych różnicach można oszacować x dla wody jako równe w przybliżeniu 1,05, co w zupełności uzasadnia stosowanie każdego z dwu omówionych założeń upraszczających.

Na podstawie przedstawionej teorii oraz analizy wyników pomiarów można uznać, że do wyznaczania gęstości i ściśliwości cieczy w funkcji ciśnienia wystarczające są pomiary prędkości propagacji fal ultradźwiękowych w tej cieczy i znajomość gęstości cieczy przy ciśnieniu początkowym.

Autor poczuwa się do miłego obowiązku podziękowania na tym miejscu p. mgr Wiślickiemu z Instytutu Lotnictwa w Warszawie za wyjaśnienie dużego praktycznego znaczenia uniknięcia pomiaru gęstości w funkcji ciśnienia, co spowodowało zajęcie się pracą, jak również za dostarczenie materiałów i za dyskusje, p. prof. dr Ignacemu Maleckiemu za zachętę do pracy i cenne uwagi, oraz p. Marii Rokickiej za wykonanie żmudnych obliczeń.

- [1] L. Bergmann: Ultradźwięk, Moskwa 1957, str. 259.
 [2] Materiały Instytutu Lotnictwa w Warszawie udostępnione w ramach współpracy z IPPT PAN.



Rys. 1 - Współczynniki korekcyj K_1 i K_2 obliczonych wartości u i z , wynikające z założeń upraszczających /21/ i /30/.

Tablice

Prędkości propagacji ultradźwięków c i gęstości ρ zmierzone w funkcji ciśnienia p i obliczone z tych wielkości ściśliwości adiabatyczne β , oraz gęstości i ściśliwości adiabatyczne obliczone na podstawie zmian prędkości propagacji.

Tabl. I. woda, $T = 30^\circ\text{C}$, obliczenia wg wzorów /23/-/28/

p [atm]	c [$\frac{\text{m}}{\text{s}}$]	ρ [$\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$]				$\beta \cdot 10^{12}$ [$\frac{\text{cm}^2}{\text{dyn}}$]				
zmierzone		zmierzone i przyjęte za podstawę obliczeń				obliczone na podstawie $\rho/p=0/$ i $c/p/$				
0	1509	0,996	0,996	0,996	0,996	44,1	44,1	44,1	44,1	
\times	\times	zmierzone	oblicz. wg przybliżeń			oblicz. z $\rho/p/$ i $c/p/$		oblicz. wg przybliżeń		przy-
			I'	I''	N			I'	I''	N
500	1588	1,017	1,018	1,017	1,016	39,0	39,0	39,0	39,0	
1000	1667	1,035	1,038	1,037	1,035	34,8	34,7	34,7	34,5	
2000	1822	1,068	1,074	1,070	1,067	28,2	28,3	28,1	28,0	
3000	1968	1,112	1,104	1,098	1,095	23,2	23,4	23,5	23,4	
4000	2100	1,124	1,130	1,122	1,118	20,2	20,1	20,2	20,1	
5000	2222	1,147	1,153	1,144	1,140	17,7	17,8	17,9	17,6	
6000	2344	1,155	1,174	1,163	1,159	15,8	15,7	15,8	15,6	

j.w. dla przyrostów ciśnienia 2000 atm

2000	1822	1,068	1,090	1,072	1,069	28,2	27,6	28,1	28,2
4000	2100	1,124	1,152	1,126	1,121	20,2	19,7	20,1	20,2
6000	2344	1,155	1,198	1,167	1,161	15,8	15,2	15,6	15,7

Tabl. I - c.d.

j.w. dla przyrostów ciśnienia 3000 atm

3000	1968	1,112	1,145	1,106	1,098	23,2	22,6	23,4	23,5
6000	2344	1,155	1,227	1,174	1,163	15,8	13,5	15,3	15,6

j.w. dla przyrostu ciśnienia 4000 atm

4000	2100	1,124	1,204	1,135	1,124	20,2	18,8	20,0	20,2
------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------

j.w. dla przyrostu ciśnienia 5000 atm

5000	2222	1,147	1,271	1,163	1,148	17,7	15,9	17,4	17,6
------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------

j.w. dla przyrostu ciśnienia 6000 atm

6000	2344	1,155	1,345	1,188	1,168	15,8	13,5	15,3	15,6
------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------

Tabl. II, woda. $T = 50^{\circ}\text{C}$ obliczenia wg wzorów /23/ - /28/.

p [atm]		c [$\frac{\text{m}}{\text{sek}}$]		ρ [g/cm ³]				$\beta \cdot 10^{12}$ cm ² /dyn			
zmierzone		zmierzone i przyjęte za podstawę obliczeń				obliczone na podstawie $\rho/p=0/$ i $c/p/$					
0	1543	0,988	0,988	0,988	0,988	42,5	42,5	42,5	42,5		
X	X	zmie- rzona	oblicz. wg przybli- żeń			obli- cz. $\frac{\rho/p/}{1/c/p/}$	oblicz. wg przybli- żeń				
			I'	I''	N		I'	I''	N		
500	1623	1,008	1,009	1,008	1,008	37,7	37,6	37,7	37,7		
1000	1703	1,026	1,028	1,026	1,026	33,6	33,5	33,6	33,6		
2000	1856	1,058	1,063	1,058	1,057	27,4	27,3	27,4	27,4		
3000	1989	1,084	1,092	1,085	1,084	23,3	23,1	23,3	23,3		
4000	2118	1,112	1,117	1,109	1,108	20,0	19,9	20,1	20,1		
5000	2227	1,132	1,139	1,130	1,129	17,8	17,6	17,8	17,8		
6000	2334	1,154	1,159	1,149	1,148	15,9	15,7	15,9	16,0		

j.w. dla przyrostów ciśnienia 2000 atm

2000	1856	1,058	1,078	1,061	1,058	27,4	26,9	27,3	27,4
4000	2118	1,112	1,138	1,113	1,109	20,0	19,6	20,0	20,1
6000	2334	1,154	1,184	1,154	1,149	15,9	15,5	15,9	16,0

j.w. dla przyrostów ciśnienia 3000 atm

3000	1989	1,084	1,129	1,093	1,087	23,3	22,4	23,1	23,2
6000	2334	1,154	1,209	1,160	1,152	15,9	15,2	15,8	15,9

Tabl. II - c.d.

J.w. dla przyrostu ciśnienia 4000 atm

4000	2118	1,112	1,186	1,122	1,112	20,0	18,8	19,9	20,0
------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------

J.w. dla przyrostu ciśnienia 5000 atm

5000	2227	1,132	1,248	1,151	1,136	17,8	16,1	17,5	17,7
------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------

J.w. dla przyrostu ciśnienia 6000 atm

6000	2334	1,154	1,334	1,190	1,158	15,9	13,8	15,4	15,9
------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------

Tabl. III, olej, $T = 10^{\circ}\text{C}$, obliczenia wg wzorów /23/ - /28/

p [atm]	c [$\frac{\text{m}}{\text{sek}}$]	ρ [g/cm ³]				$\beta \cdot 10^{12}$ [cm ² /dyn]			
zmierzone		zmierzone i przyjęte za podstawę obliczeń				obliczone na podstawie $\rho/p=0/$ i $c/p/$			
0	1567	0,880	0,880	0,880	0,880	46,3	46,3	46,3	46,3
X	X	zmie- rzone	obl.wg I'	przybliżenia I" N		oblicz obl.wg przybliżenia $\frac{\rho/p}{1 c/p/}$ I' I" N			
350	1646	0,895	0,894	0,894	0,893	41,2	41,3	41,3	41,3
700	1746	0,910	0,907	0,906	0,905	36,0	36,2	36,2	36,2
1050	1850	0,915	0,918	0,917	0,915	31,9	31,8	31,9	31,9
1400	1963	0,925	0,928	0,926	0,924	28,1	27,9	28,0	28,0

j.w. dla przyrostów ciśnienia 700 atm

700	1746	0,910	0,909	0,906	0,905	36,0	36,1	36,2	36,2
1400	1963	0,925	0,932	0,927	0,925	28,1	27,9	28,0	28,0

j.w. dla przyrostu ciśnienia 1400 atm

1400	1963	0,925	0,940	0,927	0,925	28,1	27,6	28,0	28,0
------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------

Tabl. IV, olej, $T = 37,5 \text{ }^\circ\text{C}$, obliczenia wg wzorów /23/-/28/

p [atm]	c [$\frac{m}{sek}$]	ρ [$\frac{g}{cm^3}$]				$\beta \cdot 10^{12}$ [$\frac{cm^2}{dyn}$]			
zmierzone		zmierzone i przyjęte za podstawę obliczeń				obliczone na podstawie $\rho/p=0$ i c/p			
0	1481	0,865	0,865	0,865	0,865	52,7	52,7	52,7	52,7
X	X	zmie- rzone	obl.wg przybliżeń I' I'' N			obl. z ρ/p i c/p	obl.wg przybliżeń I' I'' N		
350	1567	0,880	0,881	0,880	0,880	46,3	46,2	46,3	46,3
700	1654	0,895	0,895	0,893	0,893	40,8	40,8	40,9	40,9
1050	1768	0,905	0,908	0,905	0,905	35,3	35,2	35,3	35,3
1400	1891	0,915	0,919	0,915	0,915	30,5	30,4	30,5	30,5

j.w. dla przyrostów ciśnienia 700 atm

700	1654	0,895	0,897	0,894	0,893	40,8	40,7	40,9	40,9
1400	1891	0,915	0,923	0,916	0,915	30,6	31,3	30,5	30,5

j.w. dla przyrostu ciśnienia 1400 atm

1400	1891	0,915	0,932	0,916	0,915	30,6	30,0	30,5	30,6
------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------

Tabl. V, olej, $T = 65^{\circ}\text{C}$, obliczenia wg wzorów /23/ - /28/

P [atm]	c [$\frac{\text{m}}{\text{sek}}$]	ρ [g/cm^3]				$\beta \cdot 10^{12}$ [cm^2/dyn]			
zmierzone		zmierzone i przyjęte za podstawę obliczeń				obliczone na podstawie $\rho/p=0/$ i $c/p/$			
0	1390	0,845	0,845	0,845	0,845	61,3	61,3	61,3	61,3
X	X	zmie- rzone	obl.wg I'	przybliżenia I" N		oblicz z $\rho/p/$ i $c/p/$	obl.wg przybliżenia I' I" N		
350	1487	0,865	0,863	0,862	0,862	52,3	52,4	52,5	52,5
700	1591	0,885	0,879	0,877	0,876	45,0	45,0	45,1	45,1
1050	1701	0,895	0,893	0,890	0,889	38,6	38,8	38,9	38,9
1400	1817	0,905	0,905	0,901	0,900	33,5	33,6	33,7	33,7

j.w. dla przyrostów ciśnienia 700 atm

700	1591	0,885	0,882	0,877	0,876	45,0	44,8	45,1	45,1
1400	1817	0,905	0,910	0,901	0,900	33,5	33,3	33,6	33,6

j.w. dla przyrostu ciśnienia 1400 atm

1400	1817	0,905	0,923	0,902	0,899	33,5	32,1	33,6	33,6
------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------

Tabl. VI, olej, $T = 92,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, obliczenia wg wzorów /23/ - /28/

p [atm]	c [$\frac{m}{sek}$]	ρ [$\frac{g}{cm^3}$]				$\beta \cdot 10^{12}$ [$\frac{cm^2}{dyn}$]			
zmierzone		zmierzone i przyjęte za podstawę obliczeń				obliczone na podstawie $\rho/p=0/$ i $c/p/$			
0	1311	0,830	0,830	0,830	0,830	70,1	70,1	70,1	70,1
X	X	zmie- rzone	obl.wg przybliżeń I', I'', N			oblicz z $\rho/p/$ i $c/p/$	obl.wg przybliżeń I', I'', N		
350	1414	0,850	0,850	0,849	0,849	58,8	58,8	58,9	58,9
700	1525	0,865	0,868	0,865	0,865	49,8	49,5	49,7	49,8
1050	1652	0,875	0,883	0,879	0,879	41,9	41,5	41,7	41,7
1400	1780	0,890	0,896	0,891	0,891	35,5	35,2	35,4	35,4

j.w. dla przyrostów ciśnienia 700 atm

700	1525	0,865	0,872	0,866	0,865	49,8	49,3	49,7	49,8
1400	1780	0,890	0,903	0,889	0,890	35,5	35,0	35,5	35,5

j.w. dla przyrostu ciśnienia 1400 atm

1400	1780	0,890	0,919	0,892	0,890	35,5	34,3	35,4	35,5
------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------

Tabl. VII, olej, $T = 120^{\circ}\text{C}$, obliczenia wg wzorów /23/ - /28/

p [atm]	c [$\frac{\text{m}}{\text{sek}}$]	ρ [g/cm ³]				$\frac{\beta}{\rho} \cdot 10^{12}$ [cm ² /dyn]			
zmierzone		zmierzone i przyjęte za podstawę obliczeń				obliczone na podstawie $\rho/p=0/$ i $c/p/$			
0	1231	0,810	0,810	0,810	0,810	81,5	81,5	81,5	81,5
		zmie- rzone	obl. wg przybliżeń I, I'', N			oblicz E $\rho/p/$ i $c/p/$	obl. wg przybliżeń I, I'', N		
350	1335	0,835	0,833	0,831	0,831	67,2	67,4	67,3	67,5
700	1452	0,850	0,853	0,849	0,849	55,8	55,7	55,7	55,9
1050	1583	0,865	0,870	0,864	0,864	46,1	46,0	46,0	46,2
1400	1714	0,880	0,884	0,877	0,877	38,7	38,6	38,7	38,8

j.w. dla przyrostów ciśnienia 700 atm

700	1452	0,850	0,858	0,850	0,849	55,8	55,3	55,8	55,9
1400	1714	0,880	0,892	0,878	0,877	38,7	38,2	38,8	38,8

j.w. dla przyrostu ciśnienia 1400 atm

1400	1714	0,880	0,912	0,879	0,876	38,7	37,3	38,7	38,8
------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------

Tabl. VIII, woda, $T = 30^{\circ}\text{C}$, obliczenia wg wzorów /27/ - /28/
i /31/ - /35/

p [atm]	c [$\frac{\text{m}}{\text{sek}}$]	ρ [$\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$]				$\sqrt[3]{\rho} \cdot 10^{12}$ [$\frac{\text{cm}^2}{\text{dyn}}$]			
zmierzone		zmierzone i przyjęte za podstawę obliczeń				obliczone na podstawie $\rho/p=0,1$ o/p/			
0	1509	0,996	0,996	0,996	0,996	44,1	44,1	44,1	44,1
\times	\times	zmi- erzone	obl.wg I	przybliżeni IF	N	oblicz. z ρ/p i c/p	Obł.wg przybliżeni I	II	N
1000	1667	1,035	1,046	1,033	1,035	34,8	34,4	34,8	34,8
2000	1822	1,068	1,086	1,073	1,067	28,2	27,7	28,0	28,3
3000	1968	1,112	1,120	1,106	1,095	23,2	23,0	23,3	23,6
4000	2100	1,124	1,149	1,136	1,119	20,2	19,7	19,9	20,3
5000	2222	1,147	1,174	1,161	1,140	17,7	17,2	17,4	17,8
6000	2344	1,155	1,200	1,183	1,159	15,8	15,1	15,3	15,7

j.w. dla przyrostów ciśnienia 2000 atm

2000	1822	1,068	1,088	1,062	1,068	28,2	27,7	28,4	28,2
4000	2100	1,124	1,151	1,126	1,119	20,2	19,7	20,2	20,3
6000	2344	1,155	1,199	1,174	1,159	15,8	15,2	15,5	15,7

j.w. dla przyrostów ciśnienia 3000 atm

3000	1968	1,112	1,123	1,087	1,094	23,2	23,0	23,8	23,6
6000	2344	1,155	1,202	1,166	1,157	15,8	15,2	15,6	15,7

Tabl. VIII - c.d.

j.w. dla przyrostu ciśnienia 4000 atm

4000	2100	1,124	1,157	1,108	1,117	20,2	19,6	20,5	20,3
------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------

j.w. dla przyrostu ciśnienia 5000 atm

5000	2222	1,147	1,187	1,125	1,137	17,7	17,1	18,0	17,8
------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------

j.w. dla przyrostu ciśnienia 6000 atm

6000	2344	1,155	1,214	1,140	1,155	15,8	15,0	16,0	15,8
------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------

Tabl. IX, woda, T = 50 °C obliczenia wg wzorów /27/ - /28/
1 /31/ - /35/

p [atm]	c [$\frac{m}{sek}$]	ρ [g/cm ³]				$\beta \cdot 10^{12}$ [cm ² /dyn]			
zmierzone		zmierzone i przyjęte za podstawę obliczeń				obliczone na podstawie $\rho/p=0/$ i $c/p/$			
0	1543	0,988	0,988	0,988	0,988	42,5	42,5	42,5	42,5
X	X	zmierzono obl. wg przybliżeń ne I II N				oblicz obl. wg przybliżeń $\frac{\rho/p}{1 c/p/}$ I II N			
1000	1703	1,026	1,034	1,024	1,026	33,6	33,3	33,7	33,6
2000	1856	1,058	1,072	1,062	1,057	27,4	27,0	27,4	27,5
3000	1989	1,084	1,105	1,095	1,083	23,3	22,8	23,1	23,3
4000	2118	1,112	1,134	1,123	1,107	20,0	19,6	19,9	20,1
5000	2227	1,132	1,160	1,149	1,128	17,8	17,3	17,6	17,9
6000	2334	1,154	1,183	1,172	1,147	15,9	15,4	15,7	16,0

j.w. dla przyrostów ciśnienia 2000 atm

2000	1856	1,058	1,076	1,052	1,056	27,4	27,0	27,6	27,5
4000	2118	1,112	1,137	1,114	1,106	20,0	19,6	20,0	20,2
6000	2334	1,154	1,186	1,163	1,146	15,9	15,5	15,8	16,1

j.w. dla przyrostów ciśnienia 3000 atm

3000	1989	1,084	1,101	1,070	1,075	23,3	23,0	23,6	23,5
6000	2334	1,154	1,180	1,150	1,137	15,9	15,6	15,9	16,1

Tabl. IX - c.d.

j.w. dla przyrostu ciśnienia 4000 atm

4000	2118	1,112	1,145	1,097	1,106	20,0	19,5	20,3	20,2
------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------

j.w. dla przyrostu ciśnienia 5000 atm

5000	2227	1,132	1,177	1,114	1,126	17,8	17,1	18,1	17,9
------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------

j.w. dla przyrostu ciśnienia 6000 atm

6000	2334	1,154	1,206	1,130	1,145	15,9	15,2	16,2	15,9
------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------

Tabl. X, olej, $T = 10^{\circ}\text{C}$, obliczenia wg wzorów /27/ -/28/ i /31/ - /35/.

p [atm]	c [$\frac{m}{sek}$]	ρ [$\frac{g}{cm^3}$]				$\beta \cdot 10^{12}$ [$\frac{cm^2}{dyn}$]			
zmierzone		zmierzone i przyjęte za podstawę obliczeń				obliczone na podstawie $\rho/p=0/1$ i $c/p/$			
0	1567	0,880	0,880	0,880	0,880	46,3	46,3	46,3	46,3
\times	\times	zmie- rzone	obl.wg przybliżeń I II N			oblicz. z $\frac{\rho/p}{1}$ i $\frac{c/p/}{1}$	obl.wg przybliżeń I II N		
350	1646	0,895	0,895	0,893	0,893	41,2	41,2	41,3	41,3
700	1746	0,910	0,908	0,905	0,905	36,0	36,1	36,2	36,2
1050	1850	0,915	0,920	0,916	0,916	31,9	31,7	31,9	31,9
1400	1963	0,925	0,930	0,925	0,925	28,1	27,8	28,1	28,1

j.w. dla przyrostów ciśnienia 700 atm

700	1746	0,910	0,909	0,905	0,905	36,0	36,1	36,3	36,3
1400	1963	0,925	0,931	0,925	0,925	28,1	27,9	28,1	28,1

j.w. dla przyrostu ciśnienia 1400 atm

1400	1963	0,925	0,932	0,923	0,924	28,1	27,9	28,1	28,1
------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------

Tabl. XI, olej, $T = 37,5^{\circ}\text{C}$, obliczenia wg wzorów /27/-/28/ i /31/-/35/

p [atm]	c [$\frac{\text{m}}{\text{sek}}$]	ρ [$\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$]				$\beta \cdot 10^{12}$ [$\frac{\text{cm}^2}{\text{dyn}}$]			
zmierzone		zmierzone i przyjęte za podstawę obliczeń				obliczone na podstawie $\rho/p=0/$ i α/p'			
0	1481	0,865	0,865	0,865	0,865	52,7	52,7	52,7	52,7
X	X	zmie- rzone	obl. wg I	przybliżen II	N	oblicz obl. wg przybliżen z ρ/p' i α/p' I II N			
350	1567	0,880	0,882	0,881	0,881	46,3	46,1	46,2	46,2
700	1654	0,895	0,898	0,894	0,894	40,3	40,6	40,9	40,9
1050	1768	0,905	0,911	0,906	0,906	35,3	35,0	35,3	35,3
1400	1891	0,915	0,923	0,916	0,916	30,6	30,2	30,5	30,5

j.w. dla przyrostów ciśnienia 700 atm

700	1654	0,895	0,899	0,893	0,893	40,8	40,7	40,9	40,9
1400	1891	0,915	0,921	0,912	0,912	30,6	30,4	30,7	30,7

j.w. dla przyrostu ciśnienia 1400 atm

1400	1891	0,915	0,918	0,909	0,910	30,6	30,5	30,8	30,7
------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------

Tabl. XII, olej, $T = 65^{\circ}\text{C}$, obliczenia wg wzorów /27/-/28/ i /31/ - /35/.

p [atm]	c [$\frac{m}{sek}$]	ρ [$\frac{g}{cm^3}$]				$\beta \cdot 10^{12}$ [$\frac{cm^2}{dyn}$]			
zmierzone		zmierzone i przyjęte za podstawę obliczeń				obliczone na podstawie $\rho/p=0/$ i $c/p/$			
0	1390	0,845	0,845	0,845	0,845	61,3	61,3	61,3	61,3
X	X	zmie- rzone	obl. wg przybliżeń I II N			oblicz z $\rho/p/$ i $c/p/$ obl. wg przybliżeń I II N			
350	1487	0,865	0,864	0,862	0,862	52,3	52,4	52,5	52,5
700	1591	0,885	0,884	0,878	0,878	45,0	44,7	45,0	45,0
1050	1701	0,895	0,898	0,890	0,890	38,6	38,5	38,8	38,8
1400	1817	0,905	0,911	0,901	0,901	33,5	33,3	33,6	33,6

jw. dla przyrostów ciśnienia 700 atm

700	1591	0,885	0,881	0,875	0,875	45,0	44,9	45,2	45,2
1400	1817	0,905	0,908	0,899	0,899	33,5	33,4	33,7	33,7

jw. dla przyrostu ciśnienia 1400 atm

1400	1817	0,905	0,908	0,897	0,899	33,5	33,4	33,8	33,7
------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------

Tabl. XIII, olej, $T = 92,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, obliczenia wg wzorów /27/-/28/
i /31/ - /35/.

p [atm]	ρ [$\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$]	ρ [$\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$]				$\beta \cdot 10^{12}$ [$\frac{\text{cm}^2}{\text{dyn}}$]			
zmierzone		zmierzone i przyjęte za podstawę obliczeń				obliczone na podstawie $\rho/p=0/$ i $c/p/$			
0	1311	0,830	0,830	0,830	0,830	70,1	70,1	70,1	70,1
X	X	zmierzone	obl. wg przybliżeń I II N			oblicz z $\rho/p/$ i $c/p/$			
			I	II	N	I	II	N	
350	1414	0,850	0,852	0,848	0,848	58,8	58,7	59,0	59,0
700	1525	0,865	0,871	0,863	0,864	49,8	49,4	49,8	49,8
1050	1652	0,875	0,887	0,875	0,876	41,9	41,4	41,9	41,9
1400	1780	0,890	0,900	0,886	0,887	35,5	35,1	35,6	35,6

j.w. dla przyrostów ciśnienia 700 atm

700	1525	0,865	0,871	0,862	0,864	49,8	49,4	49,9	49,8
1400	1780	0,890	0,891	0,880	0,882	35,5	35,4	35,9	35,8

j.w. dla przyrostu ciśnienia 1400 atm

1400	1780	0,890	0,898	0,885	0,888	35,5	35,1	35,7	35,5
------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------

Tabl. XIV, olej, $T = 120\text{ }^{\circ}\text{C}$, obliczenia wg wzorów /27/ - /28/
i /31/ - /35/.

p [atm]		c [$\frac{\text{m}}{\text{sek}}$]		ρ [$\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$]				$\left[\frac{\text{cm}^2}{\text{dyn}}\right] \cdot 10^{12}$			
zmierzone		zmierzone i przyjęte za podstawę obliczeń				obliczone na podstawie $\rho/p=0/$ i $c/p/$					
0	1231	0,810	0,810	0,810	0,810	81,5	81,5	81,5	81,5		
X	X	zmie- rzona	obl. wg I	przybliżeń II	N	oblicz. z $\rho/p/$ i $c/p/$	obl. wg I	przybliżeń II	N		
350	1335	0,835	0,835	0,830	0,831	67,2	67,2	67,6	67,6		
700	1452	0,850	0,856	0,847	0,848	55,8	55,4	56,0	56,0		
1050	1583	0,865	0,873	0,862	0,863	46,1	45,7	46,3	46,3		
1400	1714	0,880	0,887	0,875	0,876	38,7	38,4	38,9	38,9		

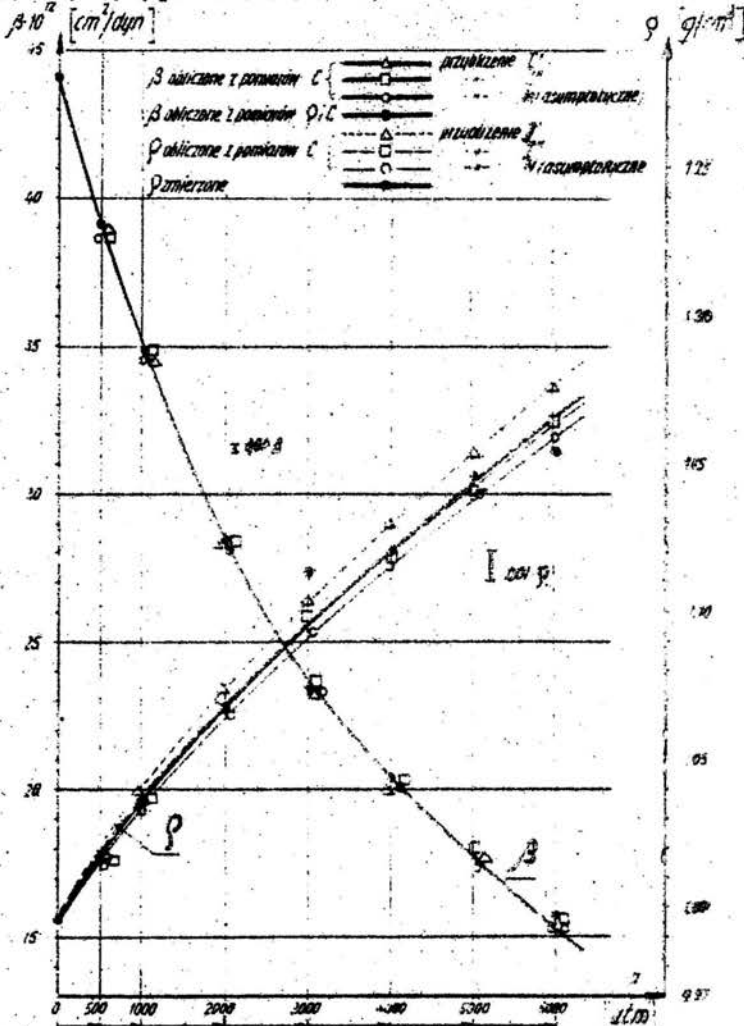
j.w. dla przyrostów ciśnienia 700 atm

700	1452	0,850	0,856	0,847	0,848	55,8	55,4	56,0	56,0
1400	1714	0,880	0,888	0,874	0,875	38,7	38,3	38,9	38,9

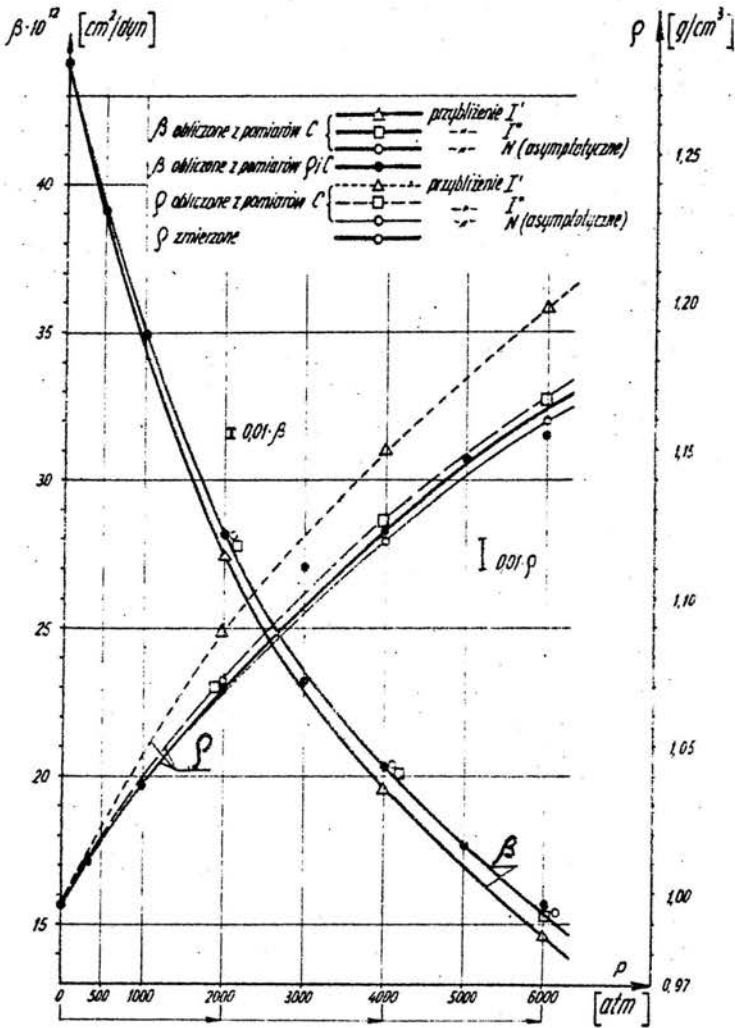
j.w. dla przyrostu ciśnienia 1400 atm

1400	1714	0,880	0,886	0,872	0,874	38,7	38,4	39,1	39,0
------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------

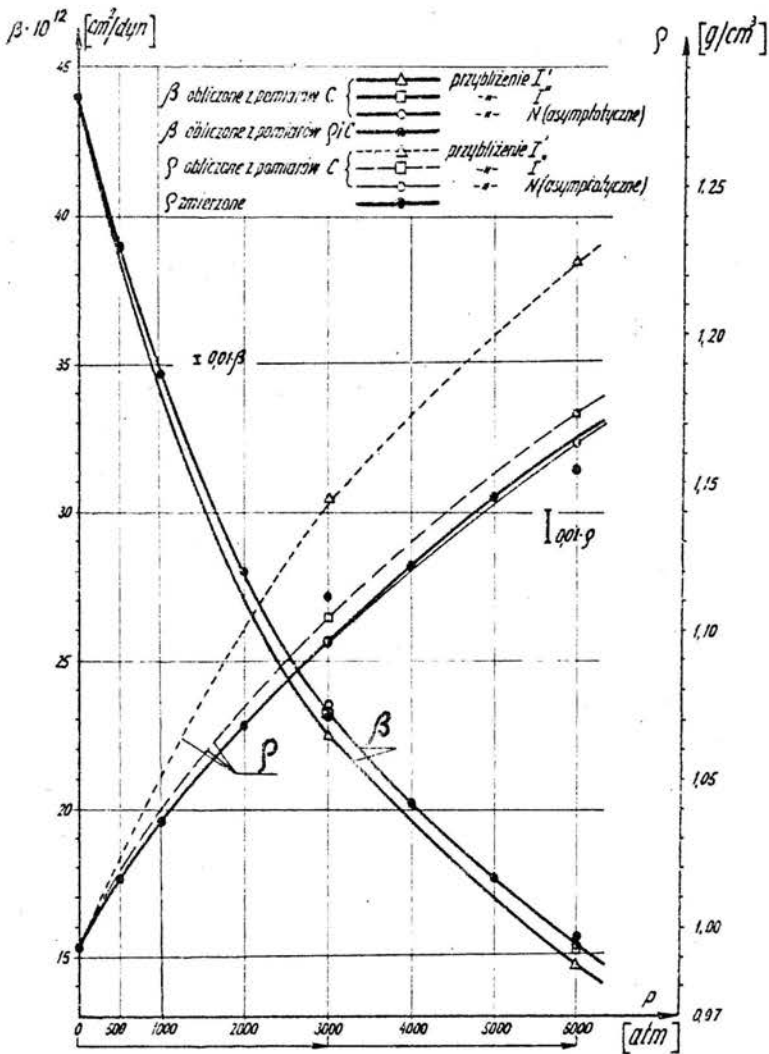
Rys. 2 - ρ : gęstości ρ wody zmierzane w funkcji ciśnienia p , obliczone na podstawie tych pomiarów i pomiarów prędkości c propagacji fal ultradźwiękowych ściśliwości adiabatyczne β , oraz zmiany gęstości i ściśliwości w funkcji ciśnienia obliczone na podstawie zmian prędkości propagacji według wzorów /23/ - /28/ /p. tabl. I i II/.



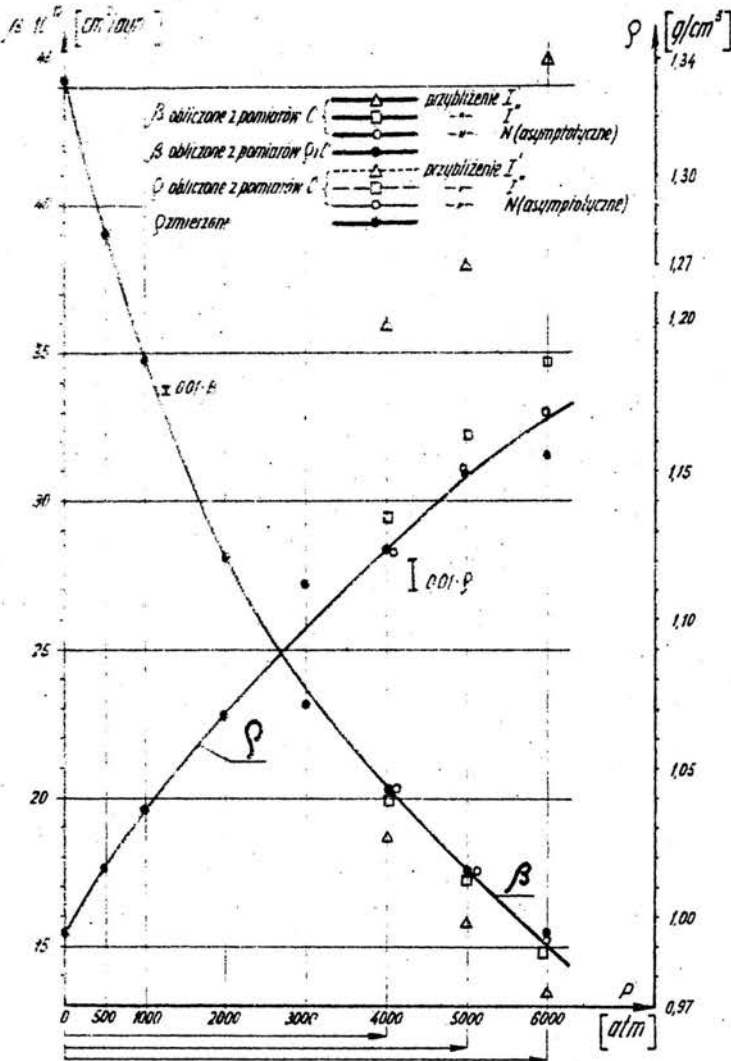
Rys. 2 - woda, $T = 90^\circ \text{C}$, przedziały ciśnienia 500 i 1000 atm.



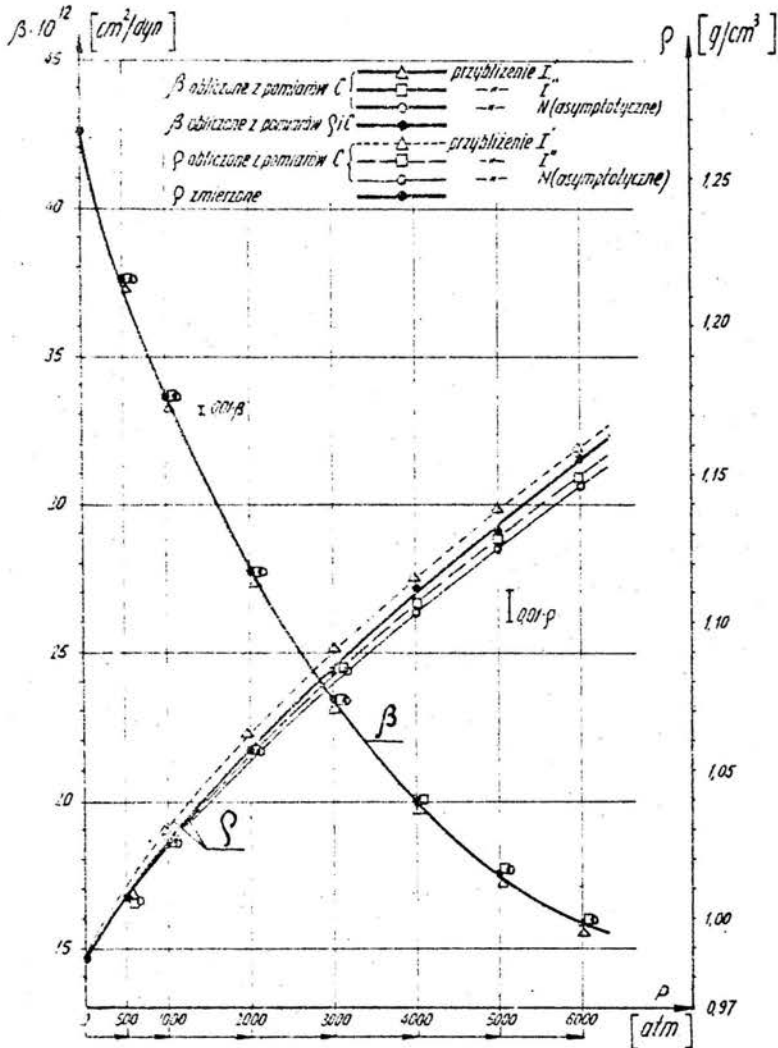
Rys. 3 - woda, $T = 30$ °C, przyrosty ciśnienia 2000 atm



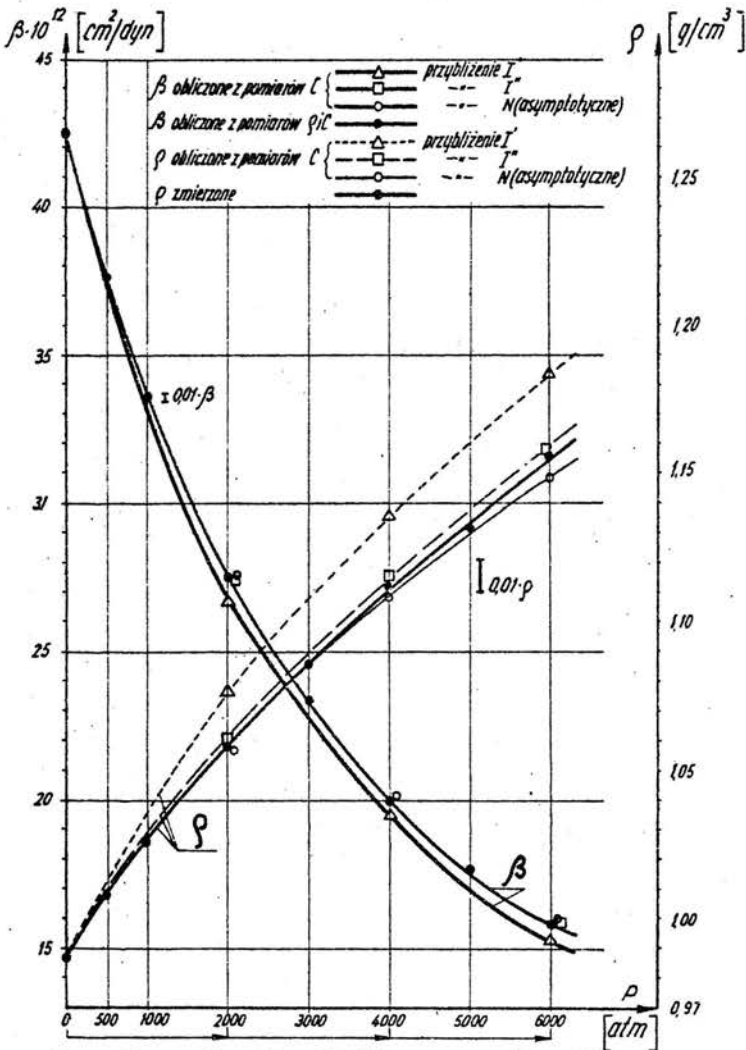
Rys. 4 - woda, $T = 30 \text{ }^\circ\text{C}$, przyrosty ciśnienia 3000 atm



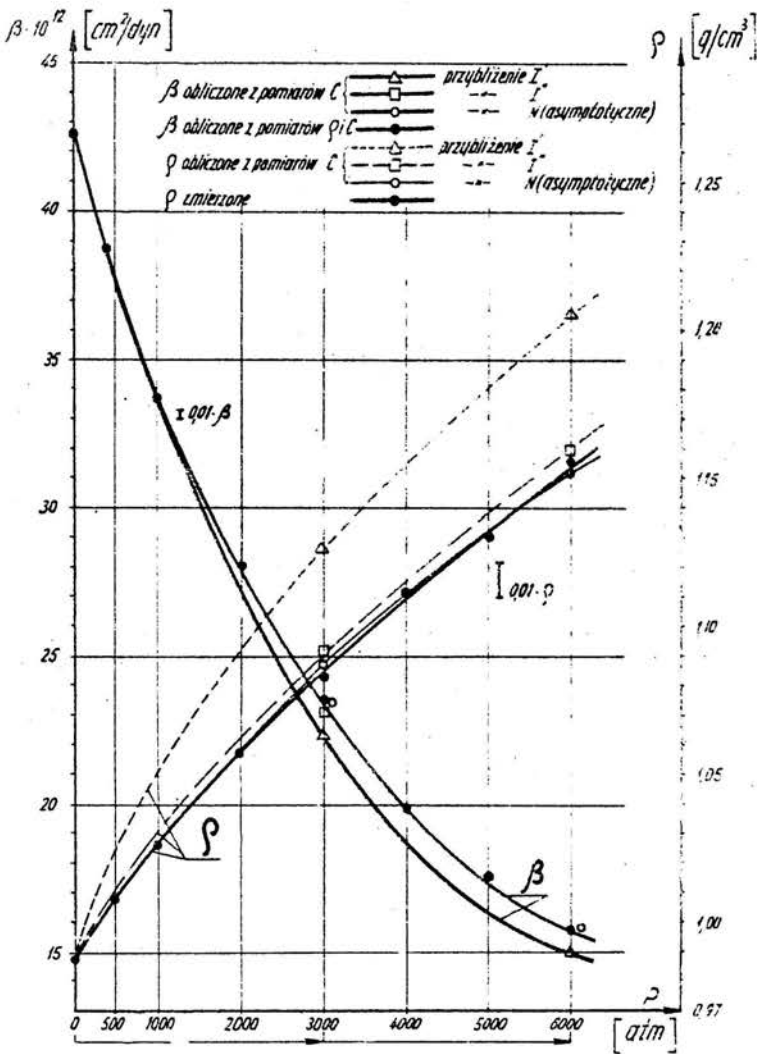
Rys. 5 - woda, $T = 30 \text{ }^\circ\text{C}$, przyrosty ciśnienia 4000, 5000 \pm 6000 atm.



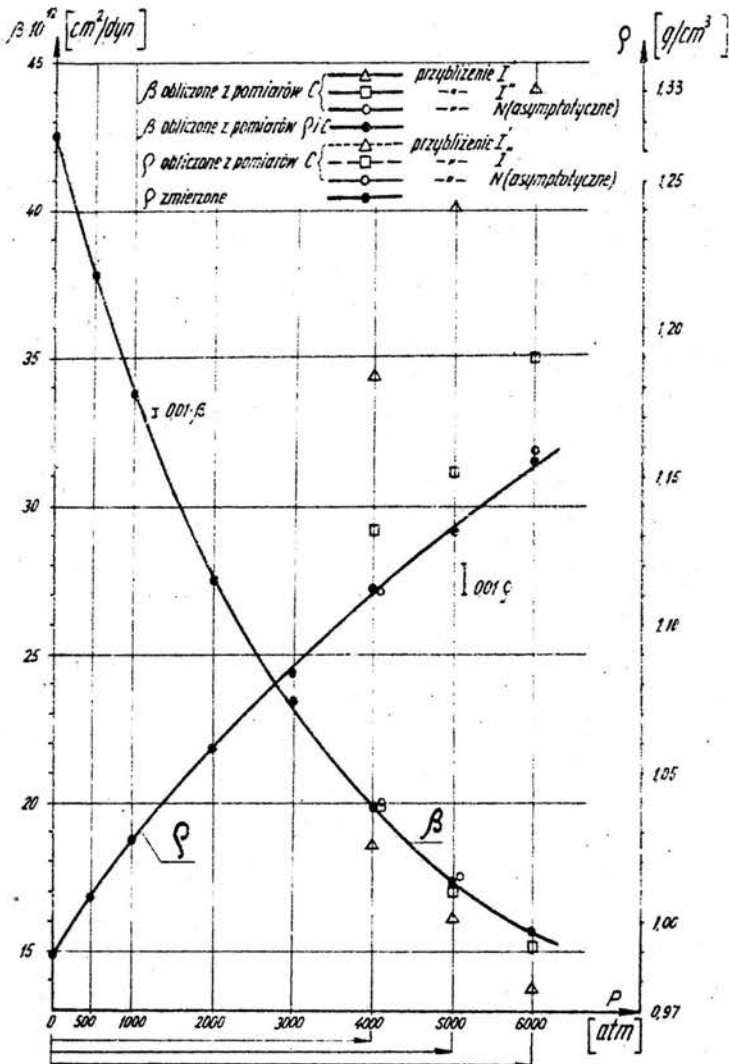
Rys. 6 - woda, $T = 50^\circ\text{C}$, przyrosty ciśnienia 500 i 1000 atm.



Rys. 7 - woda, $T = 50 \text{ }^\circ\text{C}$, przyrosty ciśnienia 2000 atm.

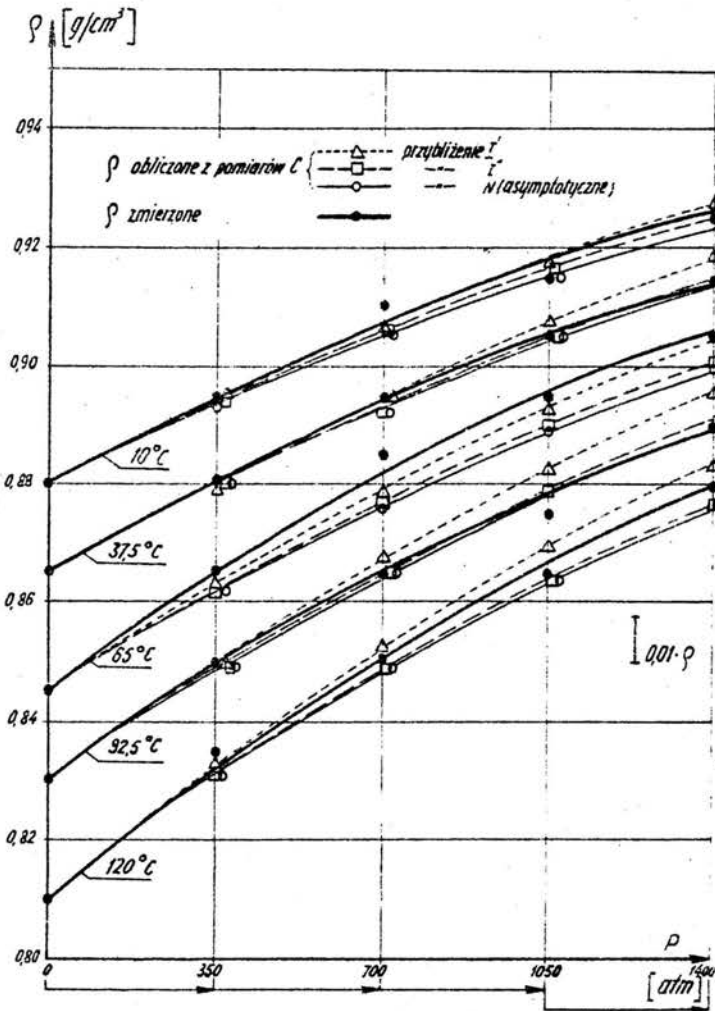


Rys. 8 - woda, $T = 50^\circ\text{C}$, przyrosty ciśnienia 3000 atm.

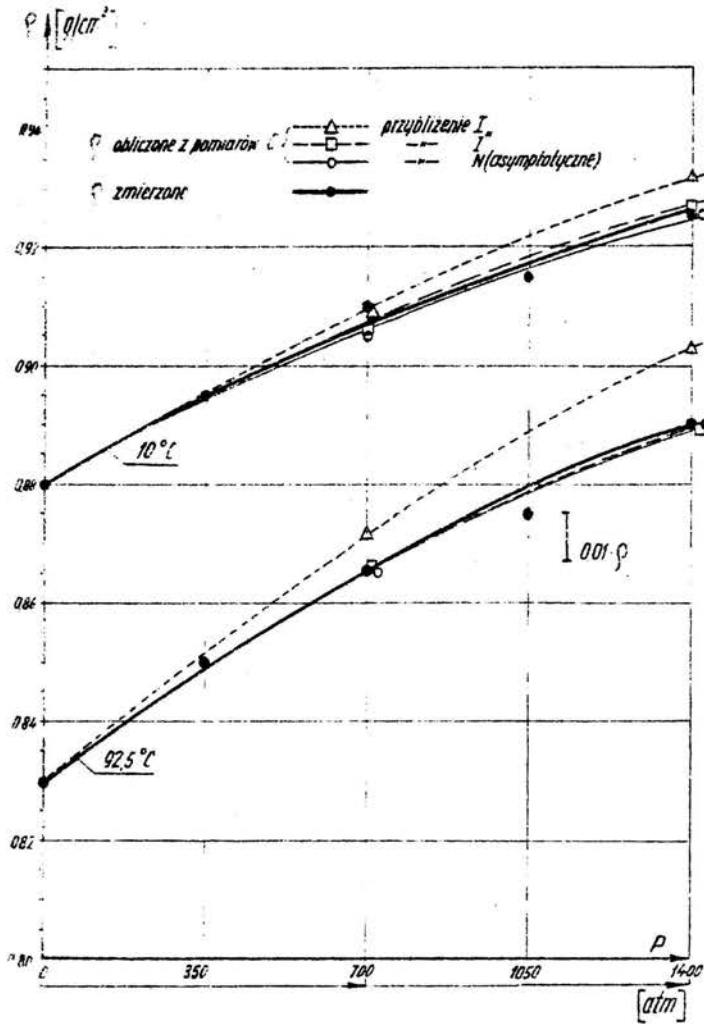


Rys. 9 - woda, $T = 50^\circ\text{C}$, przyrosty ciśnienia 4000, 5000 i 6000 atm.

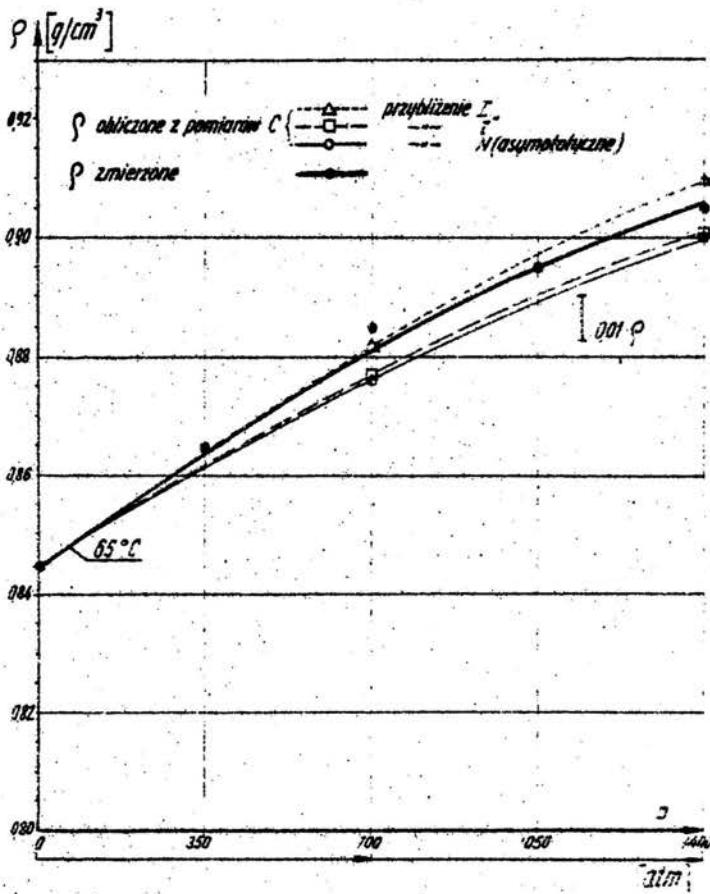
Rys. 10 - 16: gęstości ρ oleju zmierzone w funkcji ciśnienia p , oraz zmiany gęstości obliczone na podstawie pomiarów prędkości c propagacji fal ultradźwiękowych według wzorów /23/ - /28/ /p. tabl. III - VII/.



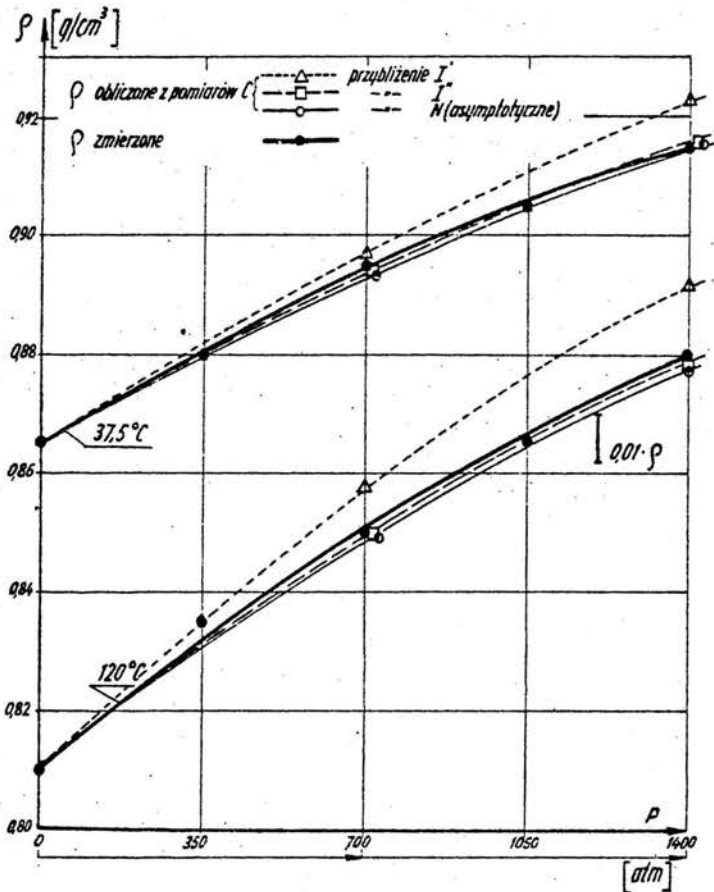
Rys. 10 - olej, $T = 10^\circ C - 37,5^\circ C - 65^\circ C - 92,5^\circ C - 120^\circ C$, przyrosty ciśnienia 350 atm.



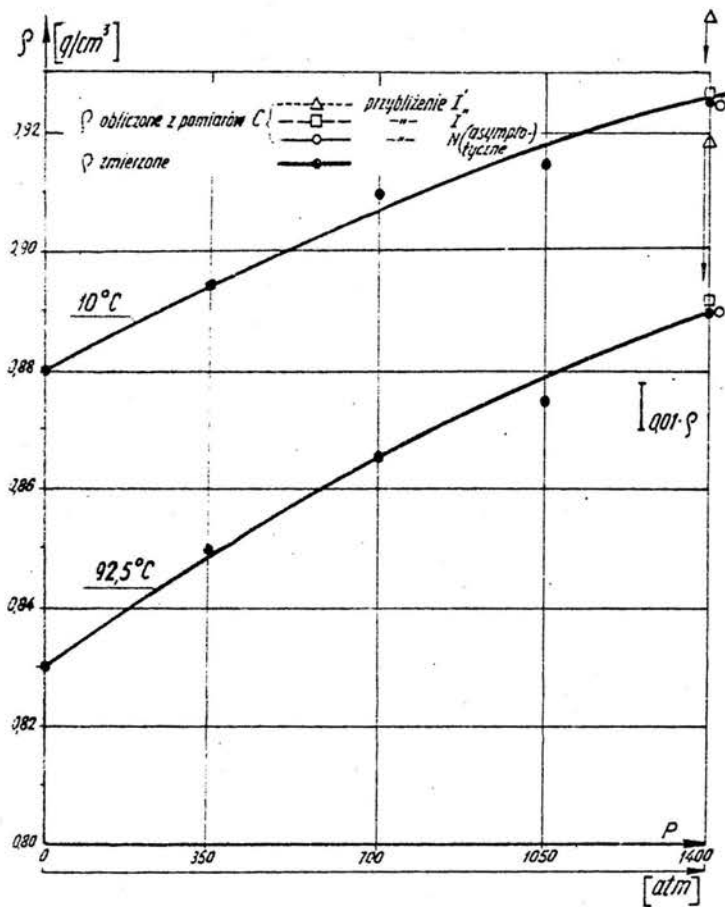
Rys. 11 - olej, $T = 10^\circ\text{C}$ i $92,5^\circ\text{C}$, przyrosty ciśnienia 700 atm.



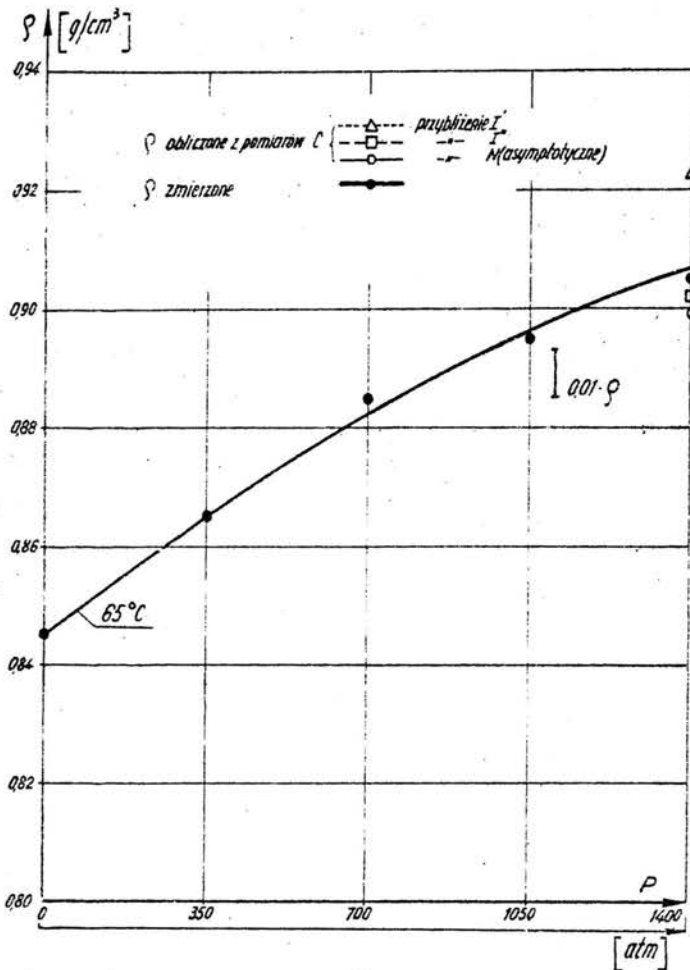
Rys. 12 - olej, $T = 65^\circ\text{C}$, przyrosty ciśnienia 700 atm.



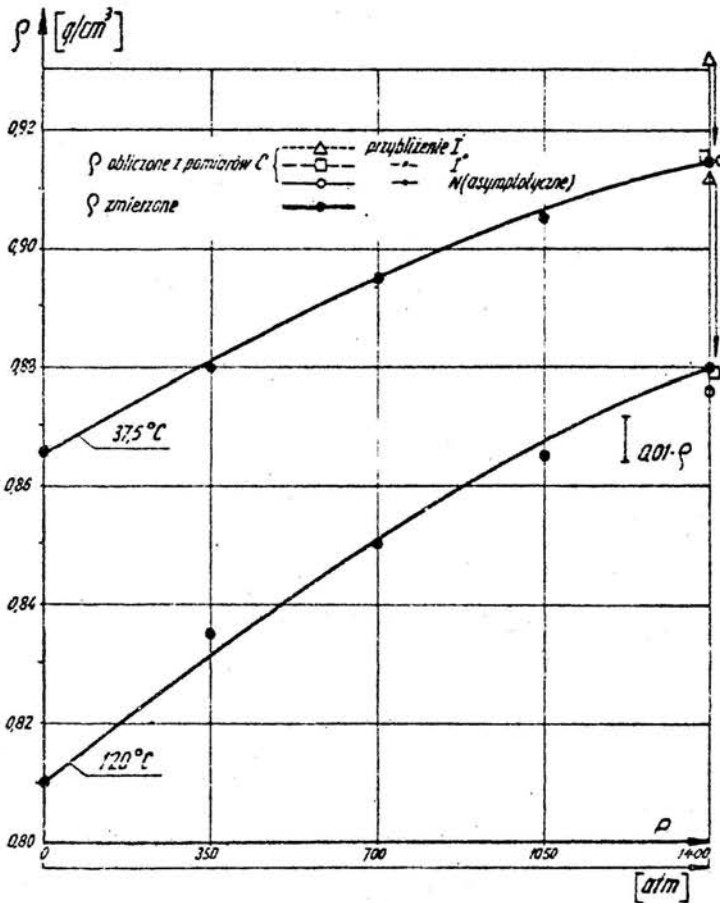
Rys. 13 - olej, $T = 37,5^\circ\text{C}$ i 120°C , przyrosty ciśnienia 700 atm.



Rys. 14 - olej, $T = 10^{\circ}\text{C}$ i $92,5^{\circ}\text{C}$, przyrost ciśnienia 1400 atm.

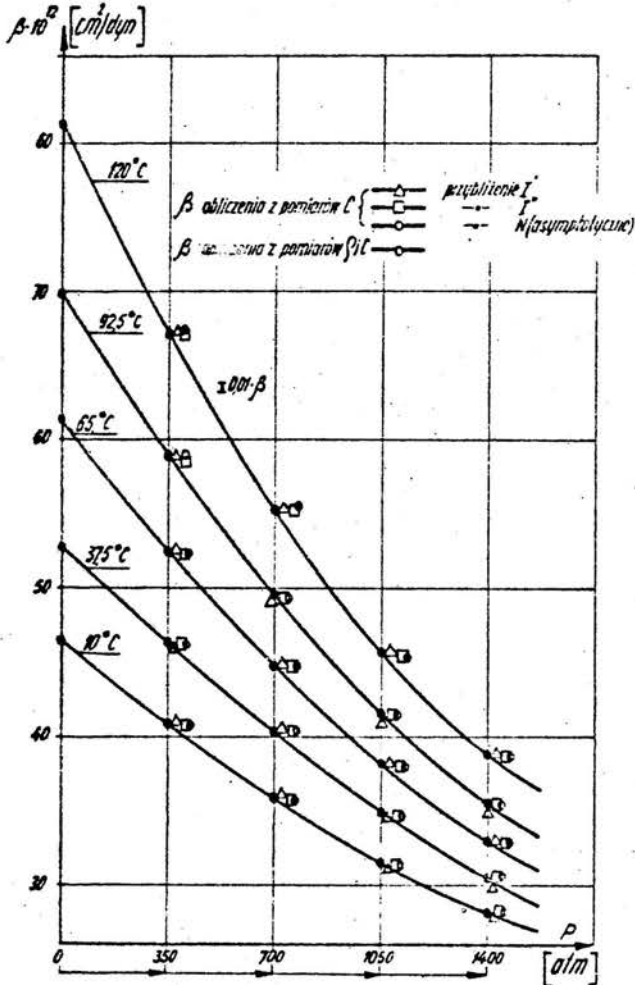


Rys. 15 - olej, $T = 65^\circ\text{C}$, przyrost ciśnienia 1400 atm.

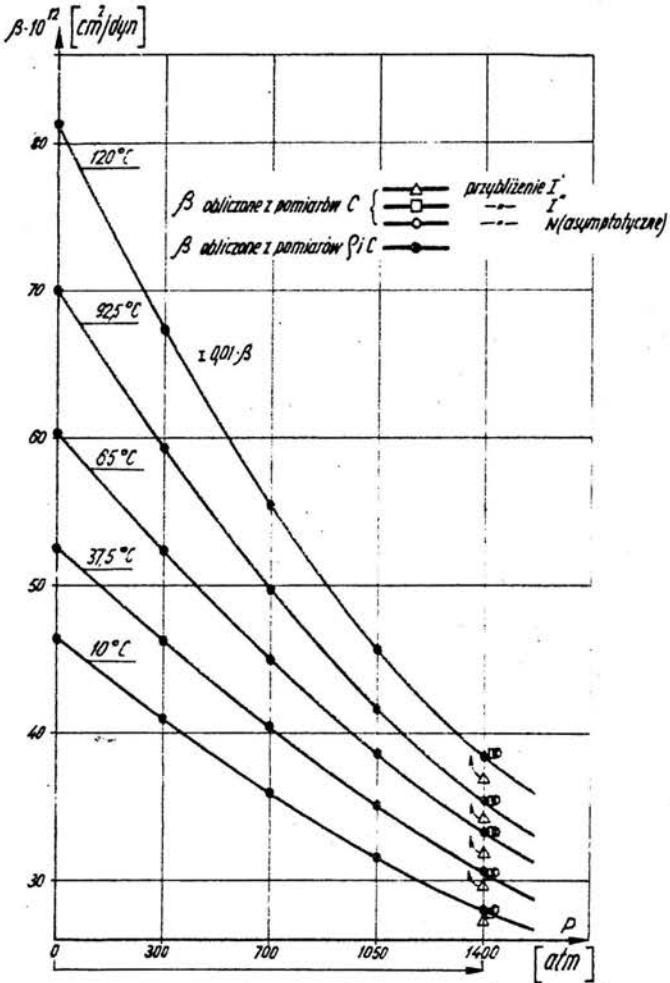


Eys. 16 - olej, $T = 37,5^\circ\text{C}$ i 120°C , przyrost ciśnienia 1400 atm.

Rys. 17 - 19: ścisłości adiabacyjne β oleju w funkcji ciśnienia p obliczone na podstawie pomiarów gęstości ρ i prędkości c propagacji fal ultradźwiękowych, oraz zmiany ścisłości obliczone na podstawie pomiarów prędkości propagacji według wzorów: /23/ - /28/ /p.tabl.III - VII/.



Rys. 17 - olej, $T = 10^\circ\text{C} - 37,5^\circ\text{C} - 65^\circ\text{C} - 92,5^\circ\text{C} - 120^\circ\text{C}$, przyrosty ciśnienia 350 atm.



Rys. 19 - olej, $T = 10^{\circ}\text{C} - 37,5^{\circ}\text{C} - 65^{\circ}\text{C} - 92,5^{\circ}\text{C} - 120^{\circ}\text{C}$, przyrost ciśnienia 1400 atm.