

Małgorzata Jaszczak-Skorupska

Dodatek do pracy
WPLYW ZJAWISK POWIERZCHNIOWYCH
NA PRZEPLYW CIENKICH WARSTW
CIECZY NIENEWTONOWSKICH

Warszawa, 1976 r.

Biblioteka Instytutu Chemii Fizycznej PAN

F-B.151/76/2



70000000012668



B 151 / 76

SPIS TREŚCI

- 10.1. Oszacowanie błędu obliczania szybkości objętościowej spływu cieczy newtonowskiej w kanale otwartym i w zamkniętym przewodzie o przekroju prostokątnym przy pominięciu hamującego wpływu ścian bocznych
- 10.2. Kształt powierzchni menisku oleju transformatorowego w kanale otwartym
- 10.3. Spływ oleju transformatorowego w kanale otwartym. Bezpośrednie wyniki pomiarów.
- 10.4. Mgr Jerzy Radzki /Centrum Obliczeniowe PAN/ - Sprawozdanie z realizacji zlecenia 134/ZL/72 dla Instytutu Chemii Fizycznej PAN /rozwiązanie numeryczne równania /45/ na obszarze przekroju poprzecznego warstwy oleju transformatorowego w kanale otwartym, z uwzględnieniem obecności menisku/.
- 10.5. Wartości kryterium stabilności spływu oleju transformatorowego w kanale otwartym
- 10.6. Grubość wkładek z blach do reometru szczelinowego
- 10.7. Schemat rozmieszczenia punktów pomiarowych i wyniki pomiarów wysokości szczelin w reometrze szczelinowym metodą zgniatania ołowiu
- 10.8. Wyznaczanie wysokości szczelin w reometrze szczelinowym na podstawie doświadczeń przepływowych. Wyniki pomiarów i obliczeń.
- 10.9. Reometr rotacyjny o cylindrach współosiowych
 - 10.9.1. Informacje o przyrządzie i wyniki jego cechowania
 - 10.9.2. Obliczanie szybkości ścinania płynu nienewtonowskiego /wzory z literatury/

10.9.3. Cechowanie reometru Rheotest RV2 przy użyciu wzorców wiskozymetrycznych. Wyniki pomiarów i obliczeń.

10.10. Badanie występowania reologicznych efektów przyścienne-nych. Bezpośrednie wyniki pomiarów i obliczeń.

10.10.1. Oznaczenia i wzory przeliczeniowe stosowane w tablicach dotyczących pomiarów w reometrze szczelinowym

10.10.2. Oznaczenia i wzory przeliczeniowe stosowane w tablicach dotyczących pomiarów w reometrze rotacyjnym Rheotest RV2

10.10.3. Badanie wpływu stanu powierzchni szczeliny w reometrze na przepływ wody destylowanej

10.10.4. Badanie wpływu wysokości szczeliny na przepływ dwuprocentowego roztworu wodnego poliwinylpirolidonu /I seria doświadczeń z poliwinylpirolidonem/

10.10.5. Sposób pokrywania powierzchni szczeliny reometru szczelinowego warstwą szorstką oraz wyznaczanie wysokości szczelin o powierzchni szorstkiej na podstawie doświadczeń przepływowych

10.10.6. Badanie wpływu szorstkiej powierzchni szczeliny na przepływ dwuprocentowego roztworu wodnego poliwinylpirolidonu /II seria doświadczeń z poliwinylpirolidonem

10.10.7. Wybór stopnia wielomianu aproksymującego zależność $Q/4b h^2$ od $\Delta p h/L$ dla doświadczeń z dwuprocentowym wodnym roztworem poliwinylpirolidonu

10.10.8. Badanie wpływu stanu powierzchni cylindrów i szerokości szczeliny w reometrze rotacyjnym na ścinanie 6,6 roztworu wodnego alkoholu poliwinylowego

- 10.10.9. Badanie wpływu stanu powierzchni i wysokości szczeliny na przepływ 0,2 % wodnego roztworu soli sodowej karboksymetylocelulozy
- 10.10.10. Badanie wpływu stanu powierzchni cylindrów w reometrze rotacyjnym na ścinanie dwuprocentowego roztworu wodnego soli sodowej karboksymetylocelulozy
- 10.10.11. Badanie wpływu kształtu i wymiarów szczeliny na ścinanie dwuprocentowego wodnego roztworu soli sodowej karboksymetylocelulozy. Doświadczenia porównawcze w reometrach szczelinowym i rotacyjnym.
- 10.11. Wyprowadzenie wzoru /27/ na szybkość ścinania cieczy nie-newtonowskiej w reometrze Marona-Belnera.
- 10.12. Wyprowadzenie wzoru /30/ opracowanego dla kanału otwartego przez G.Astaritę, G.Marrucci i G.Palumbo^{11/}.

10.1. Oszacowanie błędu wynikającego z pominięcia hamującego wpływu ścian bocznych przy przepływie warstewki cieczy newtonowskiej w kanale otwartym i w zamkniętym przewodzie o przekroju prostokątnym.

Różnica szybkości objętościowej przepływu cieczy newtonowskiej /na jednostkę szerokości kanału/, obliczonej przy pominięciu oraz z uwzględnieniem wpływu ścian bocznych wynosi na podstawie wzorów /43/ i /50/

$$- H \frac{128 h^4}{2b \pi^5} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{/2k+1/^5} \operatorname{tg} h \frac{/2k+1/\pi b}{2 h}$$

Poszukujemy warunku, który zapewni, że różnica ta będzie mniejsza niż p % wartości obliczonej według wzoru /43/:

$$\frac{128 h^4}{2b \pi^5} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{/2k+1/^5} \operatorname{tg} h \frac{/2k+1/\pi b}{2h} < \frac{p h^3}{300}$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{/2k+1/^5} \operatorname{tg} h \frac{/2k+1/\pi b}{2h} < \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{/2k+1/^5} \approx 1,004524 \text{ /z nadmiarem } ^{83}/.$$

Wystarczy, aby była spełniona nierówność

$$\frac{128 h^4}{2b \pi^5} \cdot 1,004524 < \frac{p h^3}{300}$$

$$\frac{h}{2b} < \frac{\pi^5}{1,004524 \cdot 128 \cdot 300} \cdot p \quad /51/$$

Po wykonaniu obliczenia otrzymuje się wzór /51/, słuszny także dla zamkniętego przewodu o przekroju prostokątnym, gdyż odpowiednie szybkości objętościowe przepływu cieczy są dla tego przypadku równe podwojonym wartościom obliczonym według wzorów /43/ i /50/.

10.2. Kształt powierzchni menisku oleju transformatorowego w kanale otwartym.

Wartości k_n i l_n w centymetrach.

k_n	0,245	0,24	0,23	0,22	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17
l_n	0	0,00020	0,00099	0,00254	0,00485	0,00793	0,01179	0,01645	0,02195

k_n	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
l_n	0,02833	0,03565	0,04398	0,05341	0,06408	0,07614	0,08978	0,10526	0,12294

k_n	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,008	0,006
l_n	0,14331	0,16706	0,19524	0,22952	0,27287	0,33115	0,41910	0,45442	0,49856

k_n	0,004	0,002	0,001
l_n	0,55749	0,64591	0,73433

10.3. Spływ oleju transformatorowego w kanale otwartym.
Bezpośrednie wyniki pomiarów.

Numeracja części kanału jest zgodna z rys.3.

W tabeli nie zamieszczono wyników pomiarów kontrolnych grubości warstwy cieczy do momentu ustalenia się warunków przepływu. Temperatura oleju w zbiorniku 4 kanału ustalała się samorzutnie po około dwóch godzinach od chwili włączenia pompy i ohłodnicy oraz ustawienia szybkości obiegu cieczy. Odległość środka krzyża 10 od osi obrotu kanału wynosiła $350 \pm 0,5$ mm.

Nr doświadczenia	Odległość linii 8 od środka krzyża 10 mm	Zakres temperatury oleju °C	Grubość warstewki oleju zmierzona śrubą mikrometryczną			Masa pobranej próbki oleju g	Czas pobierania próbki oleju s	Masowa szybkość przepływu g s ⁻¹
			12 mm	13 mm	14 mm			
1	45,7	17,2+17,25	3,236	3,226	3,172	202,0	9,4	21,49
			3,226	3,233	3,180			
2	45,0	18,7+18,85	0,819	0,842	0,832	174,5	291,5	0,5986
			0,830	0,852	0,836			
3	46,6	17,05+17,1	1,688	1,661	1,661	255,05	74,35	3,430
			1,681	1,674	1,655			
4	46,6	16,45+16,5	2,283	2,243	2,245	259,2	33,5	7,737
			2,302	2,241	2,224			
5	46,4	18,55+18,9	0,700	0,658	0,653	158,9	461,9	0,3441
			0,670	0,660	0,653			
6	47,1 46,7 46,6	17,4+17,5	1,322	1,297	1,309	168,0	94,0	1,787
			1,327	1,317	1,304			
7	46,6	18,6+18,75	0,862	0,831	0,843	201,9	370,3	0,5452
			0,840	0,824	0,815			
8	46,6	18,6+18,75	0,853	0,820	0,832	217,4	401,7	0,5413
			0,830	0,822	0,808			
9	46,6	18,6+18,75	0,806	0,818	0,799	217,4	401,7	0,5413
			1,693	1,676	1,666			
10	46,6	18,6+18,75	1,700	1,687	1,651	275,2	80,3	3,427
			1,693	1,676	1,666			
11	46,6	18,6+18,75	1,688	1,661	1,661	255,05	74,35	3,430
			1,681	1,674	1,655			
12	46,6	18,6+18,75	2,268	2,274	2,245	244,4	31,55	7,746
			2,276	2,237	2,234			
13	46,6	18,6+18,75	2,283	2,243	2,245	259,2	33,5	7,737
			2,302	2,241	2,224			
14	46,6	18,6+18,75	2,268	2,274	2,245	244,4	31,55	7,746
			2,276	2,237	2,234			
15	46,6	18,6+18,75	2,283	2,243	2,245	259,2	33,5	7,737
			2,302	2,241	2,224			
16	46,6	18,6+18,75	2,268	2,274	2,245	244,4	31,55	7,746
			2,276	2,237	2,234			
17	46,6	18,6+18,75	2,283	2,243	2,245	259,2	33,5	7,737
			2,302	2,241	2,224			
18	46,6	18,6+18,75	2,268	2,274	2,245	244,4	31,55	7,746
			2,276	2,237	2,234			
19	46,6	18,6+18,75	2,283	2,243	2,245	259,2	33,5	7,737
			2,302	2,241	2,224			
20	46,6	18,6+18,75	2,268	2,274	2,245	244,4	31,55	7,746
			2,276	2,237	2,234			
21	46,6	18,6+18,75	2,283	2,243	2,245	259,2	33,5	7,737
			2,302	2,241	2,224			
22	46,6	18,6+18,75	2,268	2,274	2,245	244,4	31,55	7,746
			2,276	2,237	2,234			
23	46,6	18,6+18,75	2,283	2,243	2,245	259,2	33,5	7,737
			2,302	2,241	2,224			
24	46,6	18,6+18,75	2,268	2,274	2,245	244,4	31,55	7,746
			2,276	2,237	2,234			
25	46,6	18,6+18,75	2,283	2,243	2,245	259,2	33,5	7,737
			2,302	2,241	2,224			
26	46,6	18,6+18,75	2,268	2,274	2,245	244,4	31,55	7,746
			2,276	2,237	2,234			
27	46,6	18,6+18,75	2,283	2,243	2,245	259,2	33,5	7,737
			2,302	2,241	2,224			
28	46,6	18,6+18,75	2,268	2,274	2,245	244,4	31,55	7,746
			2,276	2,237	2,234			
29	46,6	18,6+18,75	2,283	2,243	2,245	259,2	33,5	7,737
			2,302	2,241	2,224			
30	46,6	18,6+18,75	2,268	2,274	2,245	244,4	31,55	7,746
			2,276	2,237	2,234			
31	46,6	18,6+18,75	2,283	2,243	2,245	259,2	33,5	7,737
			2,302	2,241	2,224			
32	46,6	18,6+18,75	2,268	2,274	2,245	244,4	31,55	7,746
			2,276	2,237	2,234			
33	46,6	18,6+18,75	2,283	2,243	2,245	259,2	33,5	7,737
			2,302	2,241	2,224			
34	46,6	18,6+18,75	2,268	2,274	2,245	244,4	31,55	7,746
			2,276	2,237	2,234			
35	46,6	18,6+18,75	2,283	2,243	2,245	259,2	33,5	7,737
			2,302	2,241	2,224			
36	46,6	18,6+18,75	2,268	2,274	2,245	244,4	31,55	7,746
			2,276	2,237	2,234			
37	46,6	18,6+18,75	2,283	2,243	2,245	259,2	33,5	7,737
			2,302	2,241	2,224			
38	46,6	18,6+18,75	2,268	2,274	2,245	244,4	31,55	7,746
			2,276	2,237	2,234			
39	46,6	18,6+18,75	2,283	2,243	2,245	259,2	33,5	7,737
			2,302	2,241	2,224			
40	46,6	18,6+18,75	2,268	2,274	2,245	244,4	31,55	7,746
			2,276	2,237	2,234			
41	46,6	18,6+18,75	2,283	2,243	2,245	259,2	33,5	7,737
			2,302	2,241	2,224			
42	46,6	18,6+18,75	2,268	2,274	2,245	244,4	31,55	7,746
			2,276	2,237	2,234			
43	46,6	18,6+18,75	2,283	2,243	2,245	259,2	33,5	7,737
			2,302	2,241	2,224			
44	46,6	18,6+18,75	2,268	2,274	2,245	244,4	31,55	7,746
			2,276	2,237	2,234			
45	46,6	18,6+18,75	2,283	2,243	2,245	259,2	33,5	7,737
			2,302	2,241	2,224			
46	46,6	18,6+18,75	2,268	2,274	2,245	244,4	31,55	7,746
			2,276	2,237	2,234			
47	46,6	18,6+18,75	2,283	2,243	2,245	259,2	33,5	7,737
			2,302	2,241	2,224			
48	46,6	18,6+18,75	2,268	2,274	2,245	244,4	31,55	7,746
			2,276	2,237	2,234			
49	46,6	18,6+18,75	2,283	2,243	2,245	259,2	33,5	7,737
			2,302	2,241	2,224			
50	46,6	18,6+18,75	2,268	2,274	2,245	244,4	31,55	7,746
			2,276	2,237	2,234			

Nr dośw.	Odległość linii 8 od środka krzyża 10 mm	Zakres temperatur oleju °C	Grubość warstwy oleju zmierzona śrubą mikrometryczną			Masa pobranej próbki oleju g	Czas pobierania próbki oleju s	Masowa szybkość przepływu g s ⁻¹
			12 mm	13 mm	14 mm			
7	122,1	17,3±17,4	0,942	0,906	0,877	235,5 155,7	137,3 91,4	1,715 1,703
			0,912	0,891	0,882			
			0,910	0,894	0,882			
			0,916	0,885	0,876			
			0,803	0,779	0,758			
8	122,1	18,15±18,2	0,808	0,771	0,762	169,4 169,5 173,2 165,5 158,6	137,4 137,1 141,9 135,2 129,4	1,233 1,236 1,221 1,224 1,226
			0,805	0,771	0,749			
			0,789	0,832/ 0,768				
			0,533	0,507	0,477			
			0,535	0,509	0,471			
9	122,1	19,1±19,5	0,526	0,506	0,476	161,3 168,2	366,2 383,1	0,4405 0,4390
			0,520	0,631 0,498	0,458			
			0,516	0,494	0,463			
			0,514	0,486	0,446			
			0,494	0,477	0,446			
10	122,1 121,9	16,9±17,1	1,119	1,081	1,053	270,5 238,45	101,6 89,2	2,662 2,673
			1,092	1,068	1,071			
			1,140	1,052	1,079			
			1,027	1,095	1,077			
			1,219	1,244	1,188			
11	121,9	16,8±17,0	1,234	1,221	1,196	261,9 263,9	70,7 71,4	3,705 3,696
			1,216	1,219	1,190			
			1,112	1,093	1,092			
12	121,9	16,75±16,8	1,098	1,110	1,082	186,7 165,1	65,5 57,7	2,850 2,861
			1,540	1,538	1,530			
13	121,9	17,65±17,9	1,546	1,539	1,523	264,0 281,5 262,0 253,1 184,9 188,8	36,9 39,3 36,4 35,2 25,6 26,2	7,154 7,162 7,199 7,190 7,224 7,205
			1,528	1,533	1,513			
			1,532	1,531	1,487			

10.4. Rozwiązanie numeryczne równania /45/ na obszarze przekroju poprzecznego warstwy oleju transformatorowego w kanale otwartym, z uwzględnieniem obecności menisku.

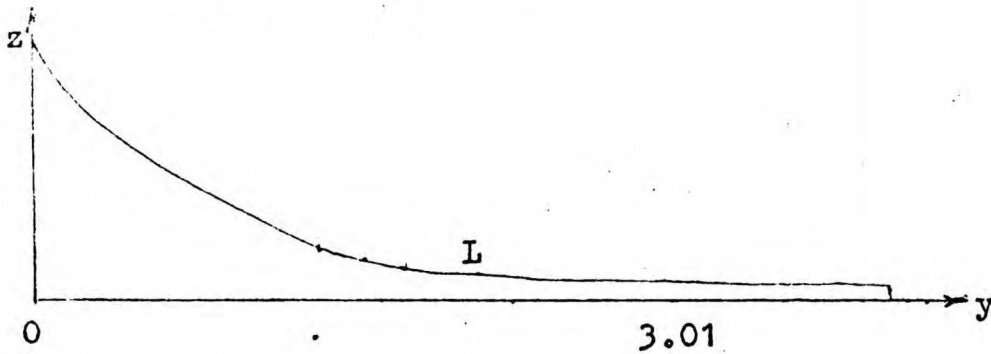
W rozdziale tym jest zamieszczona kopia sprawozdania opracowanego przez mgr Jerzego Radzkiego z Centrum Obliczeniowego PAN.

Sprawozdanie dotyczy obliczeń numerycznych prędkości liniowej i szybkości objętościowej spływu oleju transformatorowego w kanale.

Kopia nie obejmuje rezultatów kolejnych iteracji wykonywanych przez maszynę cyfrową. Dla każdego z doświadczeń zamieszczono tylko iterację ostatnią, która stanowi ostateczny rezultat obliczenia.

Zagadnienie postawione przez Instytut Chemii Fizycznej PAN dotyczyło rozwiązania następującego równania:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = F$$



przy warunkach brzegowych:

$$y = 0 : \quad u = 0,$$

$$z = 0 : \quad u = 0,$$

$$(y, z) \in L : \quad \frac{\partial u}{\partial n} = 0, \quad y = 3.01 : \quad \frac{\partial u}{\partial y} = 0.$$

Krzywa L była podana w postaci tabelki uzależniającej z od y. Obliczenia należało wykonać dla pięciu przypadków.^{*)}

Dla każdego z nich była podana wartość stałej F oraz tabelka wyznaczająca krzywą L.

Po obliczeniu $u = u(y, z)$ należało dla każdego z przypadków obliczyć całkę $Q = \iint_P u \, dp$, gdzie P - obszar ograniczony prostymi $y = 0$, $z = 0$, $y = 3.01$ oraz krzywą L.

Zagadnienie zostało rozwiązane przez sprowadzenie go do równoważnej postaci całkowej. Po wykonaniu wielu przekształceń analitycznych otrzymałem równanie całkowe, które następnie rozwiązałem numerycznie na maszynie cyfrowej ODRA-1204 stosując język programowy ALGOL-1204. Krzywą L aproksymowałem lokalnie parabolą przechodzącą przez trzy kolejne punkty leżące na niej. Taka aproksymacja pozwoliła na dosyć dokładne wyznaczanie pochodnych

^{*)} Piąty przypadek nie dotyczył zagadnień uwzględnionych w opisie pracy

normalnych w odpowiednich punktach krzywej L . W realizacji obliczeń numerycznych wspomniane równanie całkowe zamienia się na układ równań algebraicznych liniowych. Układ ten rozwiązuje się następnie metodą kolejnych przybliżeń. Wyniki obliczeń zawierają kolejne iteracje. Śledząc wartość funkcji oraz całek w kolejnych iteracjach widać, że metoda kolejnych przybliżeń jest zblizona. Danymi do programu są dwa wektory rzeczywiste. Są nimi wartości zmiennej niezależnej y oraz wartości zmiennej zależnej z (współrzędne punktów na krzywej L). Wektory te są drukowane w wynikach w postaci $Y(0), Y(1), \dots, Y(28)$, oraz $Z(0), Z(1), \dots, Z(15)$. Dla każdego z punktów obliczeniowych jest podana wartość F prawej strony równania $\Delta(y, z) = F$. Wartości szukanej funkcji $u(y, z)$ są ponumerowane zgodnie z zamieszczonym niżej szablonem. Z szablonu tego wynika sposób posługiwania się wynikami. Na prostych $y = 0$ oraz $z = 0$ wartości szukanej funkcji są równe oczywiście zeru (zgodnie z warunkami brzegowymi). Wartości funkcji $u(y, z)$ w poszczególnych punktach obszaru całkowania równania są podane z dokładnością (z grubsza szacując) do trzeciego miejsca po przecinku. Wartości całek Q są policzone z dokładnością nieco mniejszą - do drugiego miejsca po przecinku. Uzyskano dosyć dobrą zbieżność wyników numerycznych z przewidywanymi teoretycznie. Wyjątek stanowi przypadek \checkmark $Y(F = -1404)$, gdzie wartość całki Q otrzymanej z obliczeń wynosi około 2.324, podczas gdy wartość przewidywana teoretycznie wynosi około 1. Dla wszystkich wartości F i wszystkich krzywych L obliczenia wykonano wg tego samego algorytmu. Całki Q liczyłem stosując zmodyfikowany przeze mnie wzór kubatury Simpsona ze zmiennym krokiem.

Sposób odczytywania wyników (Przykłady)

1. W punktach na osiach $Y(k)$, $Z(i)$ wartości funkcji $u(y,z)$ są równe zeru np. $(Y(23),0) = 0$.

2. Dla $F = -411.3$

$$Y(4) = .043\ 98, \quad Y(28) = 3.010\ 00$$

$$Z(1) = .021\ 00, \quad Z(15) = .329\ 00$$

$$N = 1166 \quad (N \text{ numer iteracji})$$

$$(Y(4), Z(1)) = (.04398, .02100) = x(14) = 5.441\ 740\ E - 01 = \\ = 0.5441740$$

$(Y(28), Z(15)) = (3.01000, .32900) =$ wartość nieokreślona
(punkt $(Y(28), Z(15))$ nie należy do obszaru całkowania P).

$$(Y(28), Z(3)) = (3.010\ 00, .063\ 00) = X(81) = \\ = 1.088\ 300\ E + 00 = 1.088\ 300.$$

wydanie oryginalne dnia 13 listopada 1972r.

M. Skompska

Doświadczenie 2a.

F = -411.3
Y(0) = .000 00
Y(4) = .043 98
Y(8) = .167 10
Y(12) = 1.042 25
Y(16) = 1.435 80
Y(20) = 1.960 50
Y(24) = 2.485 30
Y(28) = 3.010 00
Z(0) = .000 00
Z(4) = .084 00
Z(8) = .164 00
Z(12) = .244 00

Y(1) = .000 99
Y(5) = .064 08
Y(9) = .331 10
Y(13) = 1.107 83
Y(17) = 1.567 00
Y(21) = 2.091 70
Y(25) = 2.616 45
Z(1) = .021 00
Z(5) = .088 00
Z(9) = .184 00
Z(13) = .294 00

Y(2) = .004 85
Y(6) = .089 78
Y(10) = .557 50
Y(14) = 1.173 40
Y(18) = 1.698 20
Y(22) = 2.222 90
Y(26) = 2.747 60
Z(2) = .042 00
Z(6) = .104 00
Z(10) = .204 00
Z(14) = .314 00

Y(3) = .028 33
Y(7) = .122 90
Y(11) = .911 10
Y(15) = 1.304 60
Y(19) = 1.829 35
Y(23) = 2.354 10
Y(27) = 2.878 80
Z(3) = .063 00
Z(7) = .144 00
Z(11) = .224 00
Z(15) = .329 00

Doświadzenie 2a

N = 1166			
X(1) = 1.520 659E+02	X(2) = 7.081 619E-02	X(3) = 3.028 926E-01	X(7) = 6.600 261E-01
X(4) = 4.087 386E-01	X(5) = 5.068 534E-01	X(6) = 5.921 812E-01	X(11) = 5.472 577E-01
X(8) = 7.074 296E-01	X(9) = 7.273 528E-01	X(10) = 6.528 724E-01	X(15) = 5.441 524E-01
X(12) = 5.443 354E-01	X(13) = 5.442 545E-01	X(14) = 5.441 740E-01	X(19) = 5.441 499E-01
X(16) = 5.441 402E-01	X(17) = 5.441 499E-01	X(18) = 5.441 499E-01	X(23) = 5.441 499E-01
X(20) = 5.441 499E-01	X(21) = 5.441 499E-01	X(22) = 5.441 499E-01	X(27) = 5.441 499E-01
X(24) = 5.441 499E-01	X(25) = 5.441 499E-01	X(26) = 5.411 499E-01	X(31) = 6.825 251E-01
X(28) = 2.243 984E+02	X(29) = 1.061 508E-01	X(30) = 4.947 430E-01	X(35) = 1.237 505E+00
X(32) = 8.673 866E-01	X(33) = 1.622 054E+00	X(34) = 1.149 801E+00	X(39) = 9.076 136E-01
X(36) = 1.274 330E+00	X(37) = 1.126 327E+00	X(38) = 9.126 213E-01	X(43) = 9.069 170E-01
X(40) = 9.071 051E-01	X(41) = 9.069 599E-01	X(42) = 9.069 210E-01	X(47) = 9.069 165E-01
X(44) = 9.069 165E-01	X(45) = 9.069 165E-01	X(46) = 9.069 165E-01	X(51) = 9.069 165E-01
X(48) = 9.069 165E-01	X(49) = 9.069 165E-01	X(50) = 9.069 165E-01	X(55) = 2.645 713E-02
X(52) = 9.069 165E-01	X(53) = 9.069 165E-01	X(54) = 9.069 165E-01	X(59) = 1.089 218E+00
X(56) = 1.258 204E-01	X(57) = 6.077 921E-01	X(58) = 8.501 887E-01	X(63) = 1.641 908E+00
X(60) = 1.303 864E+00	X(61) = 1.479 557E+00	X(62) = 1.893 651E+00	X(67) = 1.088 535E+00
X(64) = 1.417 322E+00	X(65) = 1.095 571E+00	X(66) = 1.089 172E+00	X(71) = 1.088 300E+00
X(68) = 1.088 354E+00	X(69) = 1.088 305E+00	X(70) = 1.088 300E+00	X(75) = 1.088 300E+00
X(72) = 1.088 300E+00	X(73) = 1.088 300E+00	X(74) = 1.088 300E+00	X(79) = 1.088 300E+00
X(76) = 1.088 300E+00	X(77) = 1.088 300E+00	X(78) = 1.088 300E+00	X(83) = 1.323 411E-01
X(80) = 1.088 300E+00	X(81) = 1.088 300E+00	X(82) = 2.777 933E+02	X(87) = 1.456 056E+00
X(84) = 6.530 224E-01	X(85) = 9.252 020E-01	X(86) = 1.201 339E+00	X(91) = 1.526 810E+00
X(88) = 1.659 305E+00	X(89) = 1.778 102E+00	X(90) = 1.831 009E+00	X(95) = 9.291 448E-01
X(92) = 2.749 466E-02	X(93) = 1.309 883E-01	X(94) = 6.532 982E-01	X(99) = 1.793 818E+00
X(96) = 1.210 486E+00	X(97) = 1.470 567E+00	X(98) = 1.676 183E+00	X(103) = 1.132 223E-01
X(100) = 1.846 890E+00	X(101) = 1.527 078E+00	X(102) = 2.392 574E-02	X(107) = 1.484 084E+00
X(104) = 6.263 663E-01	X(105) = 9.115 906E-01	X(106) = 1.208 358E+00	X(111) = 3.171 434E-02
X(108) = 1.696 556E+00	X(109) = 1.794 465E+00	X(110) = 1.846 029E+00	X(115) = 1.394 301E+00
X(112) = 1.515 807E-01	X(113) = 7.593 011E-01	X(114) = 1.076 244E+00	X(119) = 3.158 960E-02
X(116) = 1.677 352E+00	X(117) = 1.865 236E+00	X(118) = 1.813 556E+00	X(123) = 1.366 523E+00
X(120) = 1.509 471E-01	X(121) = 7.516 401E-01	X(122) = 1.060 426E+00	X(127) = 1.419 776E-01
X(124) = 1.636 165E+00	X(125) = 1.808 984E+00	X(126) = 2.975 882E-02	X(131) = 1.502 189E+00
X(128) = 6.991 908E-01	X(129) = 9.808 159E-01	X(130) = 1.256 959E+00	X(135) = 8.319 386E-01
X(132) = 2.624 468E-02	X(133) = 1.247 666E-01	X(134) = 5.934 759E-01	X(139) = 4.449 013E-01
X(136) = 1.086 177E+00	X(137) = 2.084 260E-02	X(138) = 9.830 162E-02	X(143) = 2.233 028E-01
X(140) = 6.012 872E-01	X(141) = 1.356 334E-02	X(142) = 6.236 521E-02	
X(144) = 1.251 512E+03	X(145) = 2.231 989E-03	X(146) = 4.705 337E-06	
CALKP = 3.1365 346E-01			
Z 359			

$\cdot E-02=10^{-2}$

0,3365566·2=0,6731132

Doświadczenie 5a

F = -424.0
Y(0) = .000 00
Y(4) = .043 98
Y(8) = .167 10
Y(12) = 1.042 25
Y(16) = 1.435 80
Y(20) = 1.960 50
Y(24) = 2.485 30
Y(28) = 3.010 00
Z(0) = .000 00
Z(4) = .067 00
Z(8) = .147 00
Z(12) = .227 00

Y(1) = .000 99
Y(5) = .064 08
Y(9) = .331 10
Y(13) = 1.107 83
Y(17) = 1.567 00
Y(21) = 2.091 70
Y(25) = 2.616 45
Z(1) = .016 75
Z(5) = .071 00
Z(9) = .167 00
Z(13) = .277 00

Y(2) = .004 85
Y(6) = .089 78
Y(10) = .557 50
Y(14) = 1.173 40
Y(18) = 1.693 20
Y(22) = 2.222 90
Y(26) = 2.747 60
Z(2) = .033 50
Z(6) = .087 00
Z(10) = .187 00
Z(14) = .297 00

Y(3) = .028 33
Y(7) = .122 90
Y(11) = .911 10
Y(15) = 1.304 60
Y(19) = 1.829 35
Y(23) = 2.354 10
Y(27) = 2.879 80
Z(3) = .050 25
Z(7) = .127 00
Z(11) = .207 00
Z(15) = .312 00

Doświadczono 5a *

N = 1100	X(1) = 4.298 916E-02	X(2) = 5.988 693E-01	X(3) = 2.422 330E-01	X(4) = 4.505 612E-01	X(5) = 4.918 170E-01
X(4) = 3.215 675E-01	X(6) = 3.923 183E-01	X(7) = 4.997 183E-01	X(8) = 4.323 184E-01	X(9) = 3.582 739E-01	X(10) = 3.582 739E-01
X(8) = 5.124 505E-01	X(11) = 3.569 007E-01	X(12) = 3.568 755E-01	X(13) = 3.568 755E-01	X(14) = 3.568 755E-01	X(15) = 3.568 755E-01
X(12) = 3.569 879E-01	X(16) = 3.568 755E-01	X(17) = 3.568 755E-01	X(18) = 3.568 755E-01	X(19) = 3.568 755E-01	X(20) = 3.568 755E-01
X(16) = 3.568 755E-01	X(21) = 3.568 755E-01	X(22) = 3.568 755E-01	X(23) = 3.568 755E-01	X(24) = 3.568 755E-01	X(25) = 3.568 755E-01
X(20) = 3.568 755E-01	X(26) = 3.568 755E-01	X(27) = 3.568 755E-01	X(28) = 3.568 755E-01	X(29) = 3.568 755E-01	X(30) = 3.568 755E-01
X(24) = 3.568 755E-01	X(31) = 1.932 349E-02	X(32) = 6.810 378E-01	X(33) = 7.919 003E-01	X(34) = 8.703 276E-01	X(35) = 9.074 098E-01
X(28) = 1.932 349E-02	X(36) = 8.807 945E-01	X(37) = 7.455 928E-01	X(38) = 7.455 928E-01	X(39) = 5.973 582E-01	X(40) = 5.973 582E-01
X(32) = 6.810 378E-01	X(41) = 5.948 081E-01	X(42) = 5.947 925E-01	X(43) = 5.947 925E-01	X(44) = 5.947 925E-01	X(45) = 5.947 925E-01
X(36) = 8.807 945E-01	X(46) = 5.947 925E-01	X(47) = 5.947 925E-01	X(48) = 5.947 925E-01	X(49) = 5.947 925E-01	X(50) = 5.947 925E-01
X(40) = 5.948 081E-01	X(51) = 5.947 925E-01	X(52) = 5.947 925E-01	X(53) = 5.947 925E-01	X(54) = 5.947 925E-01	X(55) = 5.947 925E-01
X(44) = 5.947 925E-01	X(56) = 1.087 576E-01	X(57) = 1.087 576E-01	X(58) = 1.087 576E-01	X(59) = 1.087 576E-01	X(60) = 1.087 576E-01
X(48) = 5.947 925E-01	X(61) = 1.032 843E+00	X(62) = 1.032 843E+00	X(63) = 1.032 843E+00	X(64) = 1.032 843E+00	X(65) = 1.032 843E+00
X(52) = 5.947 925E-01	X(66) = 9.397 367E-01	X(67) = 9.397 367E-01	X(68) = 9.397 367E-01	X(69) = 9.397 367E-01	X(70) = 9.397 367E-01
X(56) = 1.087 576E-01	X(71) = 7.137 604E-01	X(72) = 7.137 604E-01	X(73) = 7.137 604E-01	X(74) = 7.137 604E-01	X(75) = 7.137 604E-01
X(60) = 1.032 843E+00	X(76) = 7.137 604E-01	X(77) = 7.137 604E-01	X(78) = 7.137 604E-01	X(79) = 7.137 604E-01	X(80) = 7.137 604E-01
X(64) = 9.397 367E-01	X(81) = 7.137 604E-01	X(82) = 7.137 604E-01	X(83) = 7.137 604E-01	X(84) = 7.137 604E-01	X(85) = 7.137 604E-01
X(68) = 7.137 604E-01	X(86) = 7.137 604E-01	X(87) = 7.137 604E-01	X(88) = 7.137 604E-01	X(89) = 7.137 604E-01	X(90) = 7.137 604E-01
X(72) = 7.137 604E-01	X(91) = 7.137 604E-01	X(92) = 7.137 604E-01	X(93) = 7.137 604E-01	X(94) = 7.137 604E-01	X(95) = 7.137 604E-01
X(76) = 7.137 604E-01	X(96) = 7.137 604E-01	X(97) = 7.137 604E-01	X(98) = 7.137 604E-01	X(99) = 7.137 604E-01	X(100) = 7.137 604E-01
X(80) = 7.137 604E-01	X(101) = 7.137 604E-01	X(102) = 7.137 604E-01	X(103) = 7.137 604E-01	X(104) = 7.137 604E-01	X(105) = 7.137 604E-01
X(84) = 5.569 749E-01	X(106) = 7.137 604E-01	X(107) = 7.137 604E-01	X(108) = 7.137 604E-01	X(109) = 7.137 604E-01	X(110) = 7.137 604E-01
X(88) = 1.308 950E+00	X(111) = 7.137 604E-01	X(112) = 7.137 604E-01	X(113) = 7.137 604E-01	X(114) = 7.137 604E-01	X(115) = 7.137 604E-01
X(92) = 2.438 002E-02	X(116) = 7.137 604E-01	X(117) = 7.137 604E-01	X(118) = 7.137 604E-01	X(119) = 7.137 604E-01	X(120) = 7.137 604E-01
X(96) = 1.010 687E+00	X(121) = 7.137 604E-01	X(122) = 7.137 604E-01	X(123) = 7.137 604E-01	X(124) = 7.137 604E-01	X(125) = 7.137 604E-01
X(100) = 1.308 950E+00	X(126) = 7.137 604E-01	X(127) = 7.137 604E-01	X(128) = 7.137 604E-01	X(129) = 7.137 604E-01	X(130) = 7.137 604E-01
X(104) = 5.472 110E-01	X(131) = 7.137 604E-01	X(132) = 7.137 604E-01	X(133) = 7.137 604E-01	X(134) = 7.137 604E-01	X(135) = 7.137 604E-01
X(108) = 1.382 522E+00	X(136) = 7.137 604E-01	X(137) = 7.137 604E-01	X(138) = 7.137 604E-01	X(139) = 7.137 604E-01	X(140) = 7.137 604E-01
X(112) = 1.435 975E-01	X(141) = 7.137 604E-01	X(142) = 7.137 604E-01	X(143) = 7.137 604E-01	X(144) = 7.137 604E-01	X(145) = 7.137 604E-01
X(116) = 1.499 857E+00	X(146) = 7.137 604E-01	X(147) = 7.137 604E-01	X(148) = 7.137 604E-01	X(149) = 7.137 604E-01	X(150) = 7.137 604E-01
X(120) = 1.448 970E-01	X(151) = 7.137 604E-01	X(152) = 7.137 604E-01	X(153) = 7.137 604E-01	X(154) = 7.137 604E-01	X(155) = 7.137 604E-01
X(124) = 1.484 657E+00	X(156) = 7.137 604E-01	X(157) = 7.137 604E-01	X(158) = 7.137 604E-01	X(159) = 7.137 604E-01	X(160) = 7.137 604E-01
X(128) = 6.696 857E-01	X(161) = 7.137 604E-01	X(162) = 7.137 604E-01	X(163) = 7.137 604E-01	X(164) = 7.137 604E-01	X(165) = 7.137 604E-01
X(132) = 8.878 373E-02	X(166) = 7.137 604E-01	X(167) = 7.137 604E-01	X(168) = 7.137 604E-01	X(169) = 7.137 604E-01	X(170) = 7.137 604E-01
X(136) = 9.974 797E-01	X(171) = 7.137 604E-01	X(172) = 7.137 604E-01	X(173) = 7.137 604E-01	X(174) = 7.137 604E-01	X(175) = 7.137 604E-01
X(140) = 5.880 149E-01	X(176) = 7.137 604E-01	X(177) = 7.137 604E-01	X(178) = 7.137 604E-01	X(179) = 7.137 604E-01	X(180) = 7.137 604E-01
X(144) = 1.280 776E-03	X(181) = 7.137 604E-01	X(182) = 7.137 604E-01	X(183) = 7.137 604E-01	X(184) = 7.137 604E-01	X(185) = 7.137 604E-01
CALC A = 1.026 206E-01	X(186) = 7.137 604E-01	X(187) = 7.137 604E-01	X(188) = 7.137 604E-01	X(189) = 7.137 604E-01	X(190) = 7.137 604E-01
Z 152	X(191) = 7.137 604E-01	X(192) = 7.137 604E-01	X(193) = 7.137 604E-01	X(194) = 7.137 604E-01	X(195) = 7.137 604E-01

0,1926206 * 2 = 0,3852412

Doświadczenie 7b

F = -1041.0
Y(0) = .000 00
Y(4) = .028 33
Y(8) = .167 10
Y(12) = 1.042 25
Y(16) = 1.435 80
Y(20) = 1.960 50
Y(24) = 2.485 30
Y(28) = 3.010 00
Z(0) = .000 00
Z(4) = .089 00
Z(8) = .169 00
Z(12) = .269 00

Y(1) = .002 54
Y(5) = .053 41
Y(9) = .229 50
Y(13) = 1.107 33
Y(17) = 1.567 00
Y(21) = 2.091 70
Y(25) = 2.616 45
Z(1) = .022 25
Z(5) = .109 00
Z(9) = .189 00
Z(13) = .289 00

Y(2) = .007 93
Y(6) = .089 78
Y(10) = .331 10
Y(14) = 1.173 40
Y(18) = 1.698 20
Y(22) = 2.222 90
Y(26) = 2.747 60
Z(2) = .044 50
Z(6) = .129 00
Z(10) = .219 00
Z(14) = .309 00

Y(3) = .016 45
Y(7) = .122 90
Y(11) = .911 10
Y(15) = 1.304 60
Y(19) = 1.829 35
Y(23) = 2.354 10
Y(27) = 2.878 80
Z(3) = .066 75
Z(7) = .149 00
Z(11) = .249 00
Z(15) = .334 00

Doświadczenie 7b

M = 800			
X(1) = 1.040 351E+01	X(2) = 3.046 535E+01	X(3) = 5.759 706E-01	X(7) = 1.979 689E+00
X(4) = 0.839 349E+01	X(5) = 1.344 809E+00	X(6) = 1.753 699E+00	X(11) = 1.553 373E+00
X(8) = 2.144 959E+00	X(9) = 2.222 969E+00	X(10) = 2.083 417E+00	X(15) = 1.546 088E+00
X(12) = 1.547 064E+00	X(13) = 1.546 365E+00	X(14) = 1.546 151E+00	X(19) = 1.846 080E+00
X(16) = 1.546 081E+00	X(17) = 1.546 080E+00	X(18) = 1.546 080E+00	X(23) = 1.546 080E+00
X(20) = 1.546 080E+00	X(21) = 1.546 080E+00	X(22) = 1.546 080E+00	X(27) = 1.546 080E+00
X(24) = 1.546 080E+00	X(25) = 1.546 080E+00	X(26) = 1.546 080E+00	X(31) = 1.454 663E+00
X(28) = 1.594 578E-01	X(29) = 4.765 296E-01	X(30) = 9.240 938E-01	X(35) = 3.797 677E+00
X(32) = 2.289 203E+00	X(33) = 3.054 977E+00	X(34) = 3.483 513E+00	X(39) = 2.578 579E+00
X(36) = 3.946 418E+00	X(37) = 3.650 806E+00	X(38) = 2.590 180E+00	X(43) = 2.576 802E+00
X(40) = 2.577 313E+00	X(41) = 2.576 928E+00	X(42) = 2.576 815E+00	X(47) = 2.576 800E+00
X(44) = 2.576 801E+00	X(45) = 2.576 800E+00	X(46) = 2.576 800E+00	X(51) = 2.576 800E+00
X(48) = 2.576 800E+00	X(49) = 2.576 800E+00	X(50) = 2.576 800E+00	X(55) = 1.930 425E-01
X(52) = 2.576 800E+00	X(53) = 2.576 800E+00	X(54) = 2.576 800E+00	X(59) = 2.915 135E+00
X(56) = 5.811 297E-01	X(57) = 1.138 836E+00	X(58) = 1.815 042E+00	X(63) = 5.186 464E+00
X(60) = 3.956 549E+00	X(61) = 4.546 648E+00	X(62) = 4.978 914E+00	X(67) = 3.092 800E+00
X(64) = 4.701 266E+00	X(65) = 3.109 205E+00	X(66) = 3.094 386E+00	X(71) = 3.092 161E+00
X(68) = 3.092 319E+00	X(69) = 3.092 178E+00	X(70) = 3.092 162E+00	X(75) = 3.092 160E+00
X(72) = 3.092 160E+00	X(73) = 3.092 160E+00	X(74) = 3.092 160E+00	X(79) = 3.092 160E+00
X(76) = 3.092 160E+00	X(77) = 3.092 160E+00	X(78) = 3.092 160E+00	X(83) = 6.360 951E-01
X(80) = 3.092 160E+00	X(81) = 3.092 160E+00	X(82) = 2.106 548E-01	X(87) = 4.496 884E+00
X(84) = 1.252 655E+00	X(85) = 2.009 826E+00	X(86) = 3.271 095E+00	X(91) = 5.233 415E+00
X(88) = 5.197 349E+00	X(89) = 5.704 734E+00	X(90) = 5.960 063E+00	X(95) = 2.052 479E+00
X(92) = 2.132 723E-01	X(93) = 6.448 005E-01	X(94) = 1.272 664E+00	X(99) = 5.975 893E+00
X(96) = 3.379 318E+00	X(97) = 4.698 414E+00	X(98) = 5.448 096E+00	X(103) = 5.975 195E-01
X(100) = 6.273 544E+00	X(101) = 8.267 602E+00	X(102) = 1.990 118E-01	X(107) = 4.632 506E+00
X(104) = 1.193 413E+00	X(105) = 1.954 419E+00	X(106) = 3.288 788E+00	X(111) = 2.138 962E-01
X(108) = 5.394 033E+00	X(109) = 5.984 470E+00	X(110) = 6.242 190E+00	X(115) = 3.390 103E+00
X(112) = 6.464 404E-01	X(113) = 1.276 619E+00	X(114) = 2.058 999E+00	X(119) = 2.120 467E-01
X(116) = 4.711 873E+00	X(117) = 5.445 520E+00	X(118) = 5.817 516E+00	X(123) = 3.292 847E+00
X(120) = 6.404 141E-01	X(121) = 1.261 377E+00	X(122) = 2.023 856E+00	X(127) = 5.970 807E-01
X(124) = 4.538 215E+00	X(125) = 5.222 717E+00	X(126) = 1.981 862E-01	X(131) = 4.104 430E+00
X(128) = 1.170 962E+00	X(129) = 1.866 338E+00	X(130) = 2.992 126E+00	X(135) = 1.403 107E+00
X(132) = 1.569 850E-01	X(133) = 4.683 802E-01	X(134) = 9.033 823E-01	X(139) = 4.923 352E-01
X(136) = 2.109 479E+00	X(137) = 9.416 609E-02	X(138) = 2.718 790E-01	X(143) = 1.922 477E-01
X(140) = 6.789 024E-01	X(141) = 4.911 436E-02	X(142) = 1.304 946E-01	
X(144) = 1.520 291E-02	X(145) = 2.420 416E-02	X(146) = 2.411 821E-04	
CALKA = 9.440 059E-01			
1 629			

0,9440059-2=1,8880448

Doświadczenie 9a

F = -1136.0
Y(0) = .000 00
Y(4) = .043 98
Y(8) = .167 10
Y(12) = 1.042 25
Y(16) = 1.435 80
Y(20) = 1.960 50
Y(24) = 2.485 30
Y(28) = 3.010 00
Z(0) = .000 00
Z(4) = .050 00
Z(8) = .130 00
Z(12) = .210 00

Y(1) = .000 99
Y(5) = .064 08
Y(9) = .331 10
Y(13) = 1.107 83
Y(17) = 1.567 00
Y(21) = 2.091 70
Y(25) = 2.616 45

Z(1) = .012 50
Z(5) = .054 00
Z(9) = .150 00
Z(13) = .260 00

Y(2) = .004 85
Y(6) = .089 78
Y(10) = .557 50
Y(14) = 1.173 40
Y(18) = 1.693 20
Y(22) = 2.222 90
Y(26) = 2.747 60

Z(2) = .025 00
Z(6) = .070 00
Z(10) = .170 00
Z(14) = .280 00

Y(3) = .023 33
Y(7) = .122 90
Y(11) = .911 10
Y(15) = 1.304 60
Y(19) = 1.829 35
Y(23) = 2.354 10
Y(27) = 2.878 80

Z(3) = .037 50
Z(7) = .110 00
Z(11) = .190 00
Z(15) = .295 00

Daswahidzeme ya

N = 920			
X(1) = 8.742 260E-02	X(2) = 1.245 147E-01	X(3) = 4.668 023E-01	X(7) = 8.717 224E-01
X(4) = 6.079 403E-01	X(5) = 7.282 876E-01	X(6) = 8.200 972E-01	X(11) = 5.337 704E-01
X(8) = 8.716 599E-01	X(9) = 7.957 036E-01	X(10) = 6.536 635E-01	X(15) = 5.325 002E-01
X(12) = 5.325 681E-01	X(13) = 5.325 093E-01	X(14) = 5.325 010E-01	X(19) = 5.325 000E-01
X(16) = 5.325 002E-01	X(17) = 5.325 007E-01	X(18) = 5.325 000E-01	X(23) = 5.325 002E-01
X(20) = 5.325 000E-01	X(21) = 5.325 000E-01	X(22) = 5.325 000E-01	X(27) = 5.325 000E-01
X(24) = 5.325 000E-01	X(25) = 5.325 000E-01	X(26) = 5.325 000E-01	X(31) = 1.064 819E+00
X(28) = 4.137 094E-02	X(29) = 1.923 717E-01	X(30) = 8.007 676E-01	X(35) = 1.566 513E+00
X(32) = 1.293 553E+00	X(33) = 1.473 393E+00	X(34) = 1.572 250E+00	X(39) = 8.876 231E-01
X(36) = 1.414 042E+00	X(37) = 1.127 668E+00	X(38) = 8.898 300E-01	X(43) = 8.875 000E-01
X(40) = 8.875 163E-01	X(41) = 8.875 017E-01	X(42) = 8.875 001E-01	X(47) = 8.875 000E-01
X(44) = 8.875 000E-01	X(45) = 8.875 000E-01	X(46) = 8.875 000E-01	X(51) = 8.875 000E-01
X(48) = 8.875 000E-01	X(49) = 8.875 000E-01	X(50) = 8.875 000E-01	X(55) = 4.982 046E-02
X(52) = 8.875 000E-01	X(53) = 8.875 000E-01	X(54) = 8.875 000E-01	X(59) = 1.716 430E+00
X(56) = 7.336 877E-01	X(57) = 1.029 377E+00	X(58) = 1.391 329E+00	X(63) = 1.855 149E+00
X(60) = 1.970 094E+00	X(61) = 2.107 866E+00	X(62) = 2.085 066E+00	X(67) = 1.065 021E+00
X(64) = 1.424 853E+00	X(65) = 1.067 967E+00	X(66) = 1.065 154E+00	X(71) = 1.065 000E+00
X(68) = 1.065 002E+00	X(69) = 1.065 000E+00	X(70) = 1.065 000E+00	X(75) = 1.065 000E+00
X(72) = 1.065 000E+00	X(73) = 1.065 000E+00	X(74) = 1.065 000E+00	X(79) = 1.065 000E+00
X(76) = 1.065 000E+00	X(77) = 1.065 000E+00	X(78) = 1.065 000E+00	X(83) = 2.546 229E-01
X(80) = 1.065 000E+00	X(81) = 1.065 000E+00	X(82) = 5.407 566E-02	X(87) = 2.319 633E+00
X(84) = 1.166 398E+00	X(85) = 1.601 122E+00	X(86) = 2.002 819E+00	X(91) = 1.544 058E+00
X(88) = 2.484 880E+00	X(89) = 2.427 450E+00	X(90) = 2.119 155E+00	X(95) = 1.645 155E+00
X(92) = 5.423 747E-02	X(93) = 2.555 144E-01	X(94) = 1.191 401E+00	X(99) = 2.499 709E+00
X(96) = 2.068 010E+00	X(97) = 2.402 231E+00	X(98) = 2.573 404E+00	X(103) = 2.211 141E-01
X(100) = 2.166 267E+00	X(101) = 1.644 580E+00	X(102) = 4.737 960E-02	X(107) = 2.593 498E+00
X(104) = 1.198 507E+00	X(105) = 1.710 746E+00	X(106) = 2.203 140E+00	X(111) = 7.385 352E-02
X(108) = 2.774 031E+00	X(109) = 2.607 546E+00	X(110) = 2.173 508E+00	X(115) = 2.979 303E+00
X(112) = 3.513 521E-01	X(113) = 1.704 804E+00	X(114) = 2.367 705E+00	X(119) = 7.568 244E-02
X(116) = 3.429 285E+00	X(117) = 3.831 782E+00	X(118) = 2.856 871E+00	X(123) = 3.024 268E+00
X(120) = 3.602 445E-01	X(121) = 1.745 091E+00	X(122) = 2.415 038E+00	X(127) = 3.460 723E-01
X(124) = 3.459 643E+00	X(125) = 3.914 069E+00	X(126) = 7.279 047E-02	X(131) = 3.243 673E+00
X(128) = 1.661 603E+00	X(129) = 2.287 648E+00	X(130) = 2.848 354E+00	X(135) = 1.976 784E+00
X(132) = 6.536 449E-02	X(133) = 3.097 053E-01	X(134) = 1.451 346E+00	X(139) = 1.094 328E+00
X(136) = 2.436 819E+00	X(137) = 5.286 205E-02	X(138) = 2.484 594E-01	X(143) = 5.536 262E-01
X(140) = 1.450 892E+00	X(141) = 3.513 510E-02	X(142) = 1.614 256E-01	
X(144) = 3.407 227E-03	X(145) = 5.934 124E-03	X(146) = 1.281 022E-05	
CALKA = 2.481 879E-01			
1.788			

$$\begin{array}{r} 0,2481879 \\ \times \quad 2 \\ \hline 0,4963758 \end{array}$$

10.5. Wartości kryterium stabilności spływu oleju transformatorowego
w kanale otwartym.

Nr dośw.	5c	5a	5b	2b	2a	6a	6b	3
Re	0,2084	0,2099	0,2184	0,3296	0,3653	1,0268	1,0355	1,9241
$\frac{5}{6} \text{ ctg } \alpha$	2,2656	2,2656	2,2656	2,3045	2,3045	2,2586	2,2586	2,2656

Nr dośw.	4	1	9c	9b	9a	8a	8b	7b
Re	4,1355	12,2167	0,2405	0,2588	0,2740	0,7316	0,7279	0,9704
$\frac{5}{6} \text{ ctg } \alpha$	2,2656	2,2862	1,3222	1,3222	1,3222	1,3222	1,3222	1,3222

Nr dośw.	7a	10b	10a	12	11	13
Re	0,9716	1,5128	1,4826	1,5760	2,0493	4,1876
$\frac{5}{6} \text{ ctg } \alpha$	1,3222	1,3229	1,3229	1,3238	1,3236	1,3236

10.6. Grubość wkładek z blach do reometru szczelinowego

Mierzono grubość każdej z dwóch jednakowych wkładek, w trzech punktach wzdłuż długości.

Materiał wkładki	Grubość wkładki, mm			Grubość przeciętna mm
	koniec	środek	koniec	
brąz fosforowy	0,40 0,40	0,41 0,41	0,41 0,41	0,41
brąz fosforowy	0,49 0,49	0,49 0,49	0,49 0,49	0,49
brąz fosforowy	0,60 0,60	0,595 0,60	0,60 0,60	0,60
brąz fosforowy	0,93 0,93	0,93 0,92	0,93 0,93	0,93
stal kwasoodporna	1,54 1,54	1,54 1,54	1,54 1,54	1,54

10.7. Schemat rozmieszczenia punktów pomiarowych i wyniki pomiarów wysokości szczeliny w reometrze szczelinowym metodą zgniatania ołowiu.

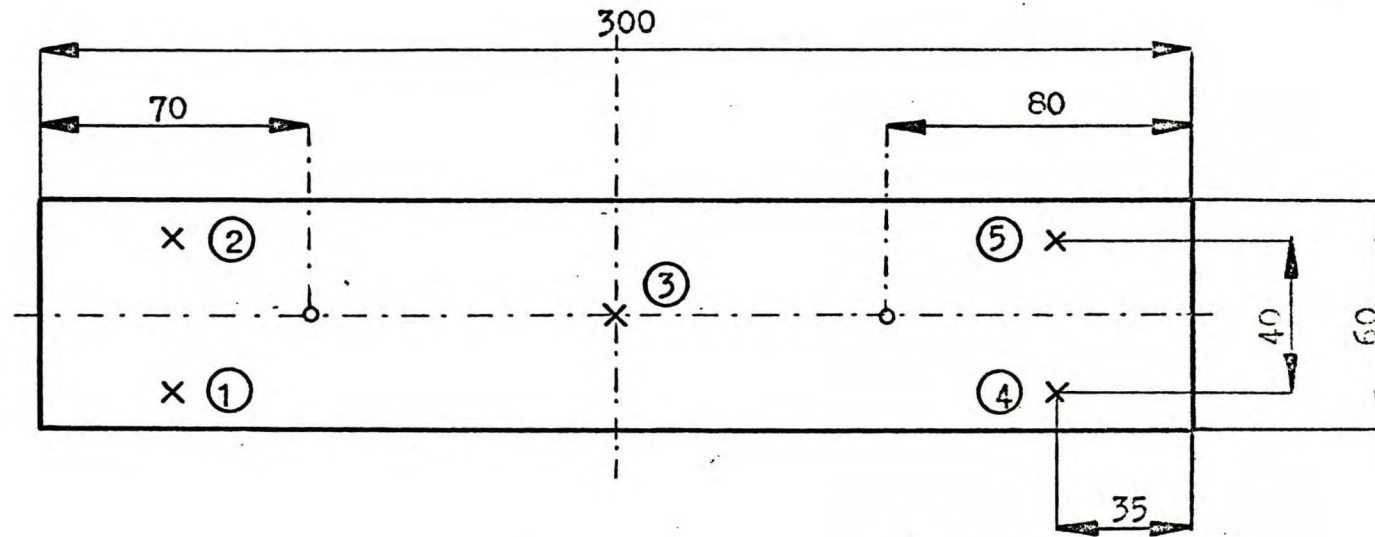
Schemat na rys.20.

Bezpośrednie wyniki pomiarów zamieszczono w tabeli:

Grubość wkładki mm	Wysokość sprasowanej bryłki ołowiu, mm					Średnia wysokość szczeliny mm
	Punkty pomiarowe:					
	1	2	3	4	5	
0,41	0,72	0,75	0,74	0,72	0,75	0,74
0,49	0,79	0,82	0,81	0,79	0,825	0,81
0,60	0,90	0,93	0,92	0,905	0,935	0,92
0,93	1,23	1,26	1,26	1,23	1,27	1,25
1,54	1,85	1,875	1,87	1,85	1,875	1,86

→ I kierunek przepływu

← II kierunek przepływu



x punkt pomiaru wysokości szczeliny

o punkt poboru ciśnienia

Rys.20 Powierzchnia szczeliny mierniczej /pokrywa/

10.8. Wyznaczanie wysokości szczelin w reometrze szczelinowym na podstawie doświadczeń przepływowych. Wyniki pomiarów i obliczeń.

Wzór /39/ przekształcono do postaci dogodnej do obliczeń. Przyjęto wartość $g = 981,23 \text{ cm/s}^2$.

$$\Delta p = \Delta p_{\text{cm}} \text{ sł. cieczy } \rho_0 \cdot g \quad \rho_0 - \text{gęstość cieczy w temperaturze otoczenia.}$$

$$\text{Stała geometryczna przyrządu } \frac{4b}{3L} = \frac{4 \cdot 3,0 \text{ cm}}{3 \cdot 15 \text{ cm}} = 0,26667; \quad 0,26667 \cdot 981,23 \text{ cm/s}^2 = 261,66 \text{ cm/s}^2.$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{m \cdot \nu}{261,66 \cdot \rho_0 \cdot \Delta p_{\text{cm}} \text{ sł. c.}}}$$

m - szybkość masowa przepływu t - temperatura cieczy Δp_1 - spadek ciśnienia na odcinku L przed pobraniem próbki
 ν - lepkość kinematyczna cieczy t_0 - " otoczenia Δp_2 - spadek ciśnienia na odcinku L po pobraniu próbki
 M - masa pobranej próbki cieczy Δp_0 - spadek ciśnienia na odcinku L, średni
 Cz - czas pobierania próbki cieczy

Wkładka 0,41 mm

Przepływ oleju. I kierunek przepływu /patrz rysunek pokrywy szczeliny na stronie poprzedniej/

	M	Cz	m	Δp_1	Δp_2	Δp_0	t	t_0	ν	ρ_0	h
	g	s	g s^{-1}	cm słupa cieczy			$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$\text{cm}^2 \text{ s}^{-1}$	g cm^{-3}	cm
1	200,01	79,4	2,5190	59,15	59,15	59,15	19,7	21,5	0,2924	0,8830	0,03778
2	217,46	99,5	2,1855	52,15	52,25	52,20	19,4	21,75	0,2969	0,88285	0,03776
3	250,05	114,6	2,1819	52,35	52,30	52,32	19,4	21,6	0,2969	0,8829	0,03771
4	153,03	97,8	1,5647	36,6	36,6	36,6	19,4	21,8	0,2969	0,8828	0,03802
5	157,05	100,9	1,5565	36,45	36,55	36,5	19,4	21,85	0,2969	0,88275	0,03799
6	190,70	124,8	1,5280	35,85	35,85	35,85	19,5	21,9	0,2953	0,8827	0,03792
7	133,37	104,5	1,2763	29,7	29,9	29,8	19,5	21,9	0,2953	0,8827	0,03798

Średnia wysokość szczeliny $2h = 0,758 \text{ mm}$

Wkładka 0,41 mm

Przepływ oleju. II kierunek przepływu

	M	Cz	m	Δp_1	Δp_2	Δp_0	t	t_0	ν	ρ_0	h
	g	s	g s^{-1}	cm słupa cieczy			$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$\text{cm}^2 \text{ s}^{-1}$	g cm^{-3}	cm
1	220,58	162,3	1,3591	38,4	38,3	38,35	16,3	16,9	0,3485	0,8860	0,03762
2	157,13	145,1	1,0829	30,25	29,95	30,1	16,6	16,7	0,3431	0,8862	0,03762
3	245,39	154,8	1,5852	43,3	43,1	43,2	16,8	17,0	0,3395	0,8860	0,03774
4	142,90	109,6	1,3038	35,3	35,2	35,25	17,0	17,2	0,3359	0,8858	0,03776
5	272,70	128,4	2,1238	56,6	56,55	56,6	17,3	17,4	0,3307	0,8857	0,03764
6	265,25	186,0	1,4261	37,2	37,6	37,4	17,3	17,6	0,3307	0,8856	0,03790
7	164,25	157,2	1,0448	27,2	27,2	27,2	17,4	17,8	0,3290	0,8855	0,03792

Średnia wysokość szczeliny $2h = 0,755 \text{ mm}$.

Wkładka 0,41 mm

Przepływ wody. II kierunek przepływu

	M	Cz	m	Δp_1	Δp_2	Δp_0	t	t_0	γ	ρ_0	h
	g	s	$g \cdot s^{-1}$	cm słupa cieczy			$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$cm^2 \cdot s^{-1}$	$g \cdot cm^{-3}$	cm
1	438,56	16,6	26,42	18,75	18,80	18,77	20,65	20,5	0,0098834	0,998124	0,03763
2	432,30	19,3	24,99	17,75	17,70	17,72	20,85	20,6	0,0098358	0,998103	0,03753
3	433,32	27,0	15,05	11,30	11,30	11,30	21,3	20,6	0,0097316	0,998103	0,03753
4	441,98	22,7	19,47	12,75	12,60	12,67	21,6	20,7	0,0096630	0,998082	0,03845
5	438,25	18,6	26,25	18,05	18,00	18,02	22,1	20,8	0,0095496	0,998050	0,03763
6	509,23	21,45	23,74	16,10	16,10	16,10	22,5	20,9	0,0094622	0,998039	0,03766

Średnia wysokość szczeliny $2h = 0,752 \text{ mm}$ /bez uwzględnienia punktu czwartego/

$2h = 0,755 \text{ mm}$ /z uwzględnieniem punktu czwartego/

Wkładka 0,42 mm

Przepływ oleju. I kierunek przepływu

	M	Cz	m	Δp_1	Δp_2	Δp_0	t	t_0	γ	ρ_0	h
	g	s	$g \cdot s^{-1}$	cm słupa cieczy			$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$cm^2 \cdot s^{-1}$	$g \cdot cm^{-3}$	cm
1	293,82	89,1	3,1354	57,7	57,8	57,75	19,7	21,8	0,2924	0,8828	0,04119
2	263,50	80,4	3,2774	57,3	57,35	57,30	20,5	22,0	0,2809	0,8827	0,04119
3	294,00	100,5	2,9254	51,7	51,7	51,70	20,3	23,0	0,2838	0,8820	0,04114
4	304,37	104,2	2,9210	51,75	51,7	51,70	20,3	23,0	0,2838	0,8820	0,04112
5	323,63	125,3	2,5828	45,7	45,7	45,70	20,2	23,0	0,2851	0,8820	0,04119
6	397,50	153,7	2,5862	45,75	45,7	45,70	20,2	22,8	0,2851	0,8822	0,04120
7	269,70	126,1	2,1398	37,65	37,65	37,65	20,2	22,9	0,2851	0,8821	0,04125
8	275,98	129,2	2,1361	37,55	37,55	37,55	20,2	22,9	0,2851	0,8821	0,04127

Średnia wysokość szczeliny $2h = 0,825 \text{ mm}$.

Wkładka 0,49 mm

Przepływ oleju. II kierunek przepływu

	M g	Cz s	m g s ⁻¹	Δp_1	Δp_2	Δp_c	t °C	t _o °C	γ cm ² s ⁻¹	ρ_o g cm ⁻³	h cm
				cm słupa cieczy							
1	213,88	94,8	2,2561	41,50	41,50	41,50	19,3	20,4	0,2984	0,8840	0,04124
2	240,02	130,0	1,8463	33,85	33,80	33,82	19,4	20,4	0,2969	0,8840	0,04123
3	245,24	82,4	2,9762	54,40	54,40	54,40	19,6	20,5	0,2939	0,8840	0,04112
4	167,41	113,1	1,4802	26,80	26,80	26,80	19,7	20,4	0,2924	0,8840	0,04119
5	164,61	94,1	1,7493	31,50	31,50	31,50	19,7	20,4	0,2924	0,8840	0,04125
6	259,40	116,6	2,2247	40,10	40,05	40,05	19,8	20,55	0,2909	0,8840	0,04116

Średnia wysokość szczeliny: $2h = 0,824$ mm

Wkładka 0,49 mm

Przepływ wody. II kierunek przepływu

	M g	Cz s	m g s ⁻¹	Δp_1	Δp_2	Δp_c	t °C	t _o °C	$\gamma \cdot 10^2$ cm ² s ⁻¹	ρ_o g cm ⁻³	h cm
				cm słupa cieczy							
1	517,57	17,7	29,24	15,15	15,20	15,17	22,85	23,0	0,93857	0,997563	0,04108
2	444,65	16,1	27,62	14,10	14,10	14,10	23,1	22,95	0,93315	0,997575	0,04122
3	455,65	19,6	23,25	11,90	11,80	11,85	23,55	23,1	0,92354	0,997539	0,04110
4	455,35	18,8	24,22	12,35	12,35	12,35	23,8	23,1	0,91819	0,997539	0,04101

Średnia wysokość szczeliny $2h = 0,822$ mm.

Wkładka 0,60 mm

Przepływ oleju. I kierunek przepływu.

	M g	Cz s	m $g\ s^{-1}$	Δp_1	Δp_2	Δp_0	t C	t_0 C	ν $cm^2\ s^{-1}$	ρ_0 $g\ cm^{-3}$	h cm
				cm słupa cieczy							
1	128,40	52,9	2,4272	29,70	29,80	29,75	19,6	20,6	0,2939	0,8836	0,04698
2	138,05	57,0	2,4219	30,00	30,10	30,05	19,3	20,8	0,2984	0,8835	0,04702
3	228,07	60,6	3,7635	48,25	48,20	48,20	18,9	21,0	0,3045	0,8833	0,04686
4	223,75	59,5	3,7605	48,30	48,30	48,30	18,9	20,9	0,3045	0,8834	0,04682
5	194,41	43,5	4,4692	58,40	58,40	58,40	18,8	21,0	0,3060	0,8833	0,04661
6	255,20	57,1	4,4694	58,50	58,40	58,45	18,8	21,2	0,3060	0,8832	0,04661
7	222,30	100,7	2,2075	28,60	28,40	28,50	18,7	21,0	0,3076	0,8833	0,04685
8	159,55	72,3	2,2068	28,50	28,50	28,50	18,7	21,1	0,3076	0,8833	0,04689

Średnia wysokość szczeliny $2h = 0,937\ mm$.

Wkładka 0,60 mm

Przepływ oleju. II kierunek przepływu.

	M g	Cz s	m $g\ s^{-1}$	Δp_1	Δp_2	Δp_0	t °C	t_0 °C	ν $cm^2\ s^{-1}$	ρ_0 $g\ cm^{-3}$	h cm
				cm słupa cieczy							
1	160,17	117,4	1,3643	17,80	17,90	17,80	18,6	18,8	0,3092	0,8848	0,04679
2	146,07	86,9	1,6809	21,75	21,75	21,75	18,8	19,1	0,3060	0,8846	0,04675
3	154,33	91,8	1,6812	21,75	21,70	21,72	18,8	19,1	0,3060	0,8846	0,04676
4	227,40	68,1	3,3392	42,75	42,60	42,67	19,2	19,3	0,2999	0,8845	0,04663
5	240,13	117,0	2,0524	26,10	26,00	26,05	19,2	19,6	0,2999	0,8843	0,04673
6	250,33	88,1	2,8414	36,10	36,20	36,15	19,3	19,85	0,2984	0,8841	0,04663
7	216,43	97,8	2,2130	27,95	28,00	27,97	19,3	19,9	0,2984	0,8841	0,04673

Średnia wysokość szczeliny $2h = 0,934\ mm$.

Wkładka 0,60 mm

Przepływ wody. II kierunek przepływu

	M P	Cz s	m g s ⁻¹	Δp ₁	Δp ₂ cm słupa cieczy	Δp _c	t °C	t ₀ °C	ν cm ² s ⁻¹	Q ₀ g cm ⁻³	h cm
1	452,00	14,0	32,29	11,10	11,05	11,075	25,35	25,1	0,0088673	0,997044	0,04628
2	470,99	17,1	27,54	9,35	9,35	9,35	25,87	25,25	0,0087645	0,997005	0,04625
3	443,63	13,9	31,92	10,90	10,90	10,90	25,9	25,5	0,0037586	0,996940	0,04616
4	424,75	14,35	29,60	10,10	10,10	10,10	26,17	25,5	0,0087066	0,996940	0,04608

Średnia wysokość szczeliny 2h = 0,924 mm

Wkładka 0,93 mm

Przepływ oleju. I kierunek przepływu

	M g	Cz s	m g s ⁻¹	Δp ₁	Δp ₂ cm słupa cieczy	Δp _c	t °C	t ₀ °C	ν cm ² s ⁻¹	Q ₀ g cm ⁻³	h cm
1	243,87	91,9	2,6536	11,86	11,88	11,87	21,6	23,8	0,2661	0,8815	0,06364
2	275,30	104,1	2,6446	12,08	12,10	12,09	21,6	23,8	0,2661	0,8815	0,06320
3	229,29	62,4	3,6745	17,17	17,17	17,17	21,3	24,1	0,2701	0,8813	0,06306
4	304,55	82,9	3,6737	17,18	17,31	17,25	21,3	24,1	0,2701	0,8813	0,06290
5	266,46	33,25	8,0138	37,65	37,65	37,65	21,6	24,1	0,2661	0,8813	0,06220
6	276,06	34,4	8,0250	37,60	37,60	37,60	21,6	24,1	0,2661	0,8813	0,06267
7	263,05	48,8	5,3904	25,25	25,20	25,22	21,6	24,0	0,2661	0,8814	0,06270

Średnia wysokość szczeliny 2h = 1,258 mm

Wkładka 0,93 mm

Przepływ oleju. II kierunek przepływu. Szczelina bez rozkręcania po doświadczeniu poprzednim

	M g	Cz s	m g s ⁻¹	Δp ₁	Δp ₂ cm słupa cieczy	Δp _c	t °C	t ₀ °C	ν cm ² s ⁻¹	Q ₀ g cm ⁻³	h cm
1	276,35	67,0	4,1245	22,99	23,05	23,02	17,7	19,9	0,3239	0,8841	0,06307
2	364,45	87,9	4,1462	23,00	22,99	23,00	17,9	20,0	0,3205	0,8840	0,06298
3	204,30	59,5	3,4420	18,68	18,68	18,68	18,4	20,35	0,3124	0,8840	0,06290
4	305,88	49,2	6,2171	33,80	33,75	33,78	18,6	20,4	0,3092	0,8840	0,06266
5	334,26	54,0	6,1900	33,50	33,45	33,47	18,6	20,45	0,3092	0,8840	0,06216

Średnia wysokość szczeliny 2h = 1,255 mm.

Wkładka 0,93 mm

Przepływ oleju. II kierunek przepływu

	M g	Cz s	m g s ⁻¹	Δp_1	Δp_2	Δp_c	t °C	t _o °C	ν cm ² s ⁻¹	Q _o g cm ⁻³	h cm
				cm słupa cieczy							
1	331,77	93,0	3,5674	17,73	17,65	17,69	20,2	21,0	0,2851	0,8833	0,06289
2	328,37	104,8	3,1333	15,49	15,50	15,50	20,4	21,5	0,2823	0,8830	0,06274
3	336,75	63,5	5,3031	26,20	26,20	26,20	20,4	21,4	0,2823	0,8831	0,06274
4	351,71	66,3	5,3048	26,20	26,20	26,20	20,5	21,45	0,2809	0,8831	0,06266
5	351,96	40,65	8,6583	42,60	42,60	42,60	20,6	21,45	0,2795	0,8831	0,06264
6	386,19	42,3	8,7043	42,60	42,55	42,58	20,6	21,4	0,2795	0,8831	0,06276
7	342,54	44,0	7,7850	38,20	38,20	38,20	20,6	21,5	0,2795	0,8830	0,06269

Średnia wysokość szczeliny 2h = 1,254 mm.

Wkładka 0,93 mm

Przepływ wody. II kierunek przepływu

	M g	Cz s	m g s ⁻¹	Δp_1	Δp_2	Δp_c	t °C	t _o °C	ν cm ² s ⁻¹	Q _o g cm ⁻³	h cm
				cm słupa cieczy							
1	494,50	13,8	35,83	5,00	4,95	4,97	24,9	25,35	0,0089568	0,996979	0,06279
2	426,51	11,9	35,84	5,00	5,00	5,00	25,05	25,3	0,0089266	0,996992	0,06260
3	452,90	12,9	35,11	4,90	4,85	4,87	25,2	25,3	0,0088970	0,996992	0,06265
4	483,40	13,7	35,29	4,90	4,85	4,87	25,35	25,4	0,0088673	0,996966	0,06269

Średnia wysokość szczeliny 2h = 1,254 mm.

Wkładka 1,54 mm

Przepływ oleju. I kierunek przepływu

	M g	Cz s	m g s ⁻¹	Δ p ₁	Δ p ₂	Δ p ₀	t °C	t ₀ °C	ν cm ² s ⁻¹	ρ ₀ g cm ⁻³	h cm
				cm słupa cieczy							
1	278,51	30,65	9,0868	13,31	13,35	13,33	20,7	21,65	0,2782	0,8829	0,09362
2	367,95	40,7	9,0405	13,40	13,41	13,405	20,7	21,75	0,2782	0,8828	0,09330
3	361,97	39,9	9,0719	13,35	13,34	13,35	20,8	21,95	0,2768	0,8827	0,09340
4	341,23	19,7	17,321	25,50	25,5	25,5	20,9	22,1	0,2756	0,8826	0,09324
5	340,02	19,5	17,437	25,45	25,5	25,5	21,0	22,2	0,2741	0,8825	0,09324
6	335,83	21,0	15,992	23,28	23,23	23,25	21,1	22,2	0,2727	0,8825	0,09330
7	355,96	22,4	15,891	23,22	23,25	23,23	21,2	22,2	0,2714	0,8825	0,09299

Średnia wysokość szczeliny 2h = 1,866 mm

Wkładka 1,54 mm

Przepływ oleju. II kierunek przepływu

	M g	Cz s	m g s ⁻¹	Δ p ₁	Δ p ₂	Δ p ₀	t °C	t ₀ °C	ν cm ² s ⁻¹	ρ ₀ g cm ⁻³	h cm
				cm słupa cieczy							
1	431,16	44,8	9,6241	15,10	15,05	15,07	19,6	20,2	0,2939	0,8839	0,09326
2	390,54	25,2	15,498	24,05	24,05	24,05	19,8	20,4	0,2909	0,8837	0,09324
3	350,02	21,0	16,668	25,75	25,70	25,72	20,0	20,6	0,2880	0,8836	0,09311
4	360,85	45,4	7,9482	12,12	12,10	12,11	20,2	20,6	0,2851	0,8836	0,09320
5	354,35	38,7	9,1563	14,40	14,40	14,40	19,6	19,8	0,2939	0,8841	0,09314
6	390,44	34,3	11,383	17,81	17,85	17,83	19,6	20,1	0,2939	0,8839	0,09326
7	351,07	25,7	13,660	21,15	21,20	21,17	19,8	20,15	0,2909	0,8840	0,09328

Średnia wysokość szczeliny 2h = 1,864 mm.

10.9. Reometr rotacyjny o cylindrach współosiowych.

10.9.1. Informacje o przyrządzie i wyniki jego cechowania.

Podstawy teoretyczne działania przyrządu są omawiane w podręcznikach reometrii i mechaniki płynów.

Stosowano reometr Rheotest RV2 firmy VEB Prüfgerätek-Werk Me-dingen /NRD/ o nieruchomym cylindrze zewnętrznym i wirującym cylindrze wewnętrznym, który obracał się z szybkością kątową stałą w czasie danego pomiaru. Zestaw cylindrów wraz z badaną cieczą był termostatowany z dokładnością $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

Konstrukcja przyrządu zapewniała możliwość nadawania cylindrowi wewnętrznemu obranej znanej szybkości obrotowej /jednej z 24 możliwych/ w zakresie od $4,6 \cdot 10^{-3}$ do 4,04 obrotów/s. Moment obrotowy działający na cylinder wewnętrzny był przekształcany w proporcjonalny sygnał elektryczny odczytywany na skali galwanometru. W instrukcji obsługi przyrządu podano współczynniki Z /zależne od wymiaru stosowanych cylindrów i od nastawionego zakresu naprężeń/ przez które należy mnożyć wskazania mier-nika elektrycznego, aby uzyskać wartość naprężenia ścinającego na ścianie cylindra wewnętrznego.

Informacje dotyczące stosowanych cylindrów podane przez producenta reometru zamieszczono w tabeli.

Oznaczenie cylindra wewnętrznego	Stosunek promienia cylindra wewnętrznego do zewnętrznego	Granica błędu pomiaru lepkości cieczy newtonowskiej
S 1	0,98	$\pm 3 \%$
S 2	0,94	$\pm 3 \%$

Dla zestawów z cylindrem S1 i S2 oszacowano szerokość a_s szczeliny, w której odbywa się ścinanie cieczy. Stosowano wzór:

$$a_s = R_w / s - l / \quad /1D/$$

gdzie s - stosunek promienia cylindra zewnętrznego do wewnętrznego.

Średnice 2 R_w cylindrów wewnętrznych zmierzono mikrometrem.

Wyniki oznaczenia podano w tabeli

Oznaczenie cylindra wewnętrznego	Przeciętny wynik pomiaru średnicy cylindra wewnętrznego g _o mm	Szerokość szczeliny a _s mm
S 1	39,3	0,40
S 2	37,8	1,2

Działanie reometru skontrolowano wykonując pomiary w 20°C z zastosowaniem wzorców wiskozymetrycznych o lepkości znanej w tej temperaturze.

Szybkość ścinania na powierzchni cylindra wewnętrznego można obliczyć dla cieczy newtonowskiej na podstawie wzoru

$$\dot{\gamma} = \frac{2 \Omega}{1-s^{-2}} \quad /2D/$$

gdzie $\Omega = 2\pi N$; N - liczba obrotów cylindra na sekundę.

Szybkości ścinania odpowiadające stosowanym prędkościom kątowym Ω i wartościom s odczytywano z tabeli znajdującej się w instrukcji obsługi przyrządu.

Wyniki pomiarów zamieszczono w rozdziale 10.9.3. Na ich podstawie wykonano wykresy zależności $\log \tau_w$ od $\log \dot{\gamma}_w$. Stwierdzono, że dla naprężeń ścinających na powierzchni cylindra wewnętrznego mniejszych niż 10 N/m² punkty doświadczalne na wykresie odbiegały od prostych o nachyleniu 1. Pomiary, którym odpowiadają naprężenia mniejsze od 10 N/m² uznano za błędne. Nie uwzględniano ich w obliczeniach lepkości wzorców na podstawie wyników pomiarów w Rheoteście ani przy interpretacji wyników późniejszych doświadczeń dotyczących cieczy nienewtonowskich.

Obliczono lepkość wzorców wiskozymetrycznych stosując

wzór
$$\mu = \frac{\tau_w}{\dot{\gamma}_w} \cdot$$

Bezpośrednie wyniki obliczeń znajdują się w rozdziale 10.9.3.

Końcowe rezultaty zestawiono w tabeli:

Cy- lin- der	Ilość punk- tów pomia- rowych w do- świadczeniu $\tau_w \geq 10 \text{ N/m}^2$	Lep- kość wzor- ca cP	Średnia lep- kość zmie- rzona cP	Błąd wyzna- czenia średniej lepkości %		Maksymalny błąd pojedynczego punktu pomiaro- wego ujemny, dodatni %	
S1	3	25,15	26,3	+ 4,4	-	+ 5,7	
S1	3	25,15	26,1	+ 3,9	-	+ 5,7	
S1	7	209,0	213	+ 1,8	- 0,6	+ 4,5	
S2	5	209,0	216	+ 3,2	-	+ 5,1	
S2	8	1842	186 . 10	+ 1,0	- 0,9	+ 4,4	

Błędy oznaczenia przekraczają zakres podany przez producen-
ta /niekiedy prawie dwukrotnie/.

10,9.2. Obliczanie szybkości ścinania płynu nienewtonowskiego

/wzory z literatury/

Przy posługiwaniu się reometrem Rheotest RV2 istnieje ko-
nieczność uwzględniania zmienności naprężenia stycznego w wars-
tewce płynu. Szybkość ścinania cieczy o nieznanymi własnościami
reologicznymi obliczano na podstawie wzorów wyprowadzonych przez
I.M.Kriegera, H.Elroda i S.H.Marona.

Podstawowy wzór opracowany ^{80/} w oparciu o zwykle przyjmo-
wany model fizyczny ścinania cieczy w szczelinie reometru i przy
zastosowaniu licznych matematycznych przekształceń ma postać
naprzemiennego szeregu potęgowego w stosunku do $\ln s$:

$$\gamma_w = \tau / \tau_w = \frac{\Omega}{\ln s} \left[1 + \ln s \frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w} + \frac{(\ln s)^2}{3 \Omega} \frac{d^2 \Omega}{d (\ln \tau_w)^2} + \right. \\ \left. - \frac{(\ln s)^4}{45 \Omega} \frac{d^4 \Omega}{d (\ln \tau_w)^4} + \dots \right] \quad /3D/$$

Pominięcie w obliczeniach czwartego i dalszych wyrazów szeregu spowoduje błąd obliczenia sumy wymoszącej najwyżej

$$\left| \frac{(\ln s)^4}{45 \Omega} \frac{d^4 \Omega}{d (\ln \tau_w)^4} \right|.$$

Dla cieczy o własnościach opisywanych zależnością potęgową Krieger i Elrod wykazali^{80/}, że moduł czwartego wyrazu szeregu jest równy $\frac{(\ln s)^4}{45 n^4}$.

Jeżeli własności reologiczne badanej cieczy można w przybliżeniu opisać zależnością potęgową o wykładniku $n \geq 0,3$, to maksymalne błędy obliczenia sumy związane z pominięciem czwartego i dalszych wyrazów szeregu w równaniu /3D/ w przypadku stosowanego przez nas reometru podaje tablica:

Cylinder	s	ln s	Pominięta reszta szeregu <i>nie przekracza</i>
S1	1,0204	0,0202025	$4,57 \cdot 10^{-7}$
S2	1,0638	0,0618754	$4,02 \cdot 10^{-5}$

Są to liczby znikomo małe w stosunku do pierwszego wyrazu szeregu równego jedności.

Oznaczając $u = \frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w}$ można wzór na szybkość ścinania przedstawić w postaci:

$$\gamma_w = \frac{\Omega}{\ln s} \left[1 + u \ln s + \frac{1}{3} / u \ln s / ^2 + \frac{(\ln s)^2}{3} \frac{du}{d \ln \tau_w} - \dots \right] \quad /4D/$$

Przyjmując, że następujący wyraz jest równy jedności:

$$\alpha / s / = \frac{s^2 - 1}{s^2} / \frac{1}{2 \ln s} + \frac{1}{2} + \frac{\ln s}{6} / \quad /5D/$$

otrzymano^{81/} formę wzoru niekiedy dogodniejszą do wykonywania obliczeń:

$$\gamma_w = \tau_w \phi \left[1 + k_1 \frac{d \log \phi}{d \log \tau_w} + k_2 \left(\frac{d \log \phi}{d \log \tau_w} \right)^2 + k_2 \frac{d^2 \log \phi}{d (\log \tau_w)^2} \right] \quad /6D/$$

gdzie $\phi = \frac{2 \Omega}{\tau_w / (1 - s^2)}$ /jest to odwrotność lepkości pozornej/

$$k_1 = \frac{s^2 - 1}{2 s^2} / 1 + \frac{2}{3} \ln s / \quad k_2 = \frac{s^2 - 1}{6 s^2} \ln s$$

Stałe dla stosowanego przez nas Rheotestu dotyczące wzoru /6D/:

Cylinder	α /s/	k_1	k_2
S1	1,000002	0,0200665	$1,33335 \cdot 10^{-4}$
S2	1,0000005	0,0606008	$1,20038 \cdot 10^{-3}$

Różne, lecz praktycznie równoważne wzory na szybkość ścinania w reometrze pozwalają na porównywanie wyników obliczeń i eliminowanie błędów numerycznych.

10.9.3. Cechowanie reometru Rheotest RV2 przy użyciu wzorców wiskozymetrycznych w temperaturze $20 \pm 0,1$ °C.

Wyniki pomiarów i obliczeń.

Obliczanie lepkości cieczy: $\mu [\text{cP}] = \frac{\tau_w [\text{Nm}^{-2}]}{\dot{\gamma}_w [\text{s}^{-1}]} \cdot 10^3$ Błąd oznaczenia lepkości = $\left(\frac{\mu_{\text{ozn.}} - \mu_{\text{wzorca}}}{\mu_{\text{wzorca}}} \right) \cdot 100 \%$

Cylinder-Sl. Współczynnik Z dla I zakresu naprężeń 0,567; dla II zakresu naprężeń 5,62.

Nr dośw.	Lepkość wzorca cP	Zakres naprężeń	Przełożenie	Odczyt na galvanometrze			Naprężenie styczne τ_w N m ⁻²	Szybkość ścin. $\dot{\gamma}$ s ⁻¹	Lepkość μ cP	log τ_w	log $\dot{\gamma}_w$	Błąd oznaczenia lepkości %
				pierwszy	drugi działek	Średnio						
1	25,15	I	7a	4,0	4,0	4,0	2,268	81,0		0,3556	1,9085	
			8a	7,5	7,5	7,5	4,253	145,8		0,6287	2,1638	
			10a	11,5	11,5	11,5	6,521	243,0		0,8143	2,3856	
				20,5	20,5	20,5	11,62	437,4	26,56	1,0652	2,6409	+ 5,7
			11a	33,5	33,5	33,5	18,99	729	26,05	1,2785	2,8627	+ 3,6
			12a	60,5	60,5	60,5	34,30	1312	26,14	1,5353	3,1180	+ 4,0
2	25,15	I	6a	2,5	2,5	2,5	1,418	48,60		0,1517	1,6866	
			7a	3,5	3,5	3,5	2,184	81,0		0,3395	1,9085	
			8a	7,0	7,0	7,0	3,969	145,8		0,5987	2,1638	
			9a	11,5	11,5	11,5	6,520	243,0		0,8143	2,3856	
			10a	20,5	20,5	20,5	11,62	437,4	26,56	1,0652	2,6409	+ 5,7
			11a	33,0	33,0	33,0	18,71	729	25,67	1,2720	2,8627	+ 2,1
	60,5	60,5	60,5	34,30	1312	26,14	1,5353	3,1180	+ 4,0			
3	209,0	I	2a	2,5	2,5	2,5	1,418	5,40		0,1517	0,7324	
			3a	4,0	4,0	4,0	2,268	9,00		0,3556	0,9542	
			4a	7,0	7,0	7,0	3,969	16,20		0,5987	1,2095	
			5a	11,0	11,0	11,0	6,237	27,00		0,7950	1,4314	
			6a	18,5	18,5	18,5	10,49	48,60	215,8	1,0208	1,6866	+ 3,3
			7a	30,5	30,5	30,5	17,29	81,0	213,5	1,2378	1,9085	+ 2,2
		II	8a	55,0	55,0	55,0	31,18	145,8	213,9	1,4940	2,1638	- 2,4
			9a	90,5	90,5	90,5	51,31	243,0	211,2	1,7102	2,3856	+ 1,1
			10a	17,0	17,0	17,0	95,54	437,4	218,4	1,9862	2,6409	+ 4,5
			11a	27,0	27,0	27,0	151,7	729	208,1	2,1810	2,8627	- 0,5
			12a	48,5	48,5	48,5	272,5	1312	207,8	2,4355	3,1180	- 0,5

Cylinder S2. Współczynnik Z dla I zakresu naprężeń 0,593 ; dla II zakresu naprężeń 5,93

Nr dośw.	Lep- kość wzor- ca cP	Zakres naprę- żeń	Prze- łoże- nie	Odczyt na galwanometrze			Napręże- nie stycz- ne τ_w N m ⁻²	Szybkość ścin. $\dot{\gamma}_w$ s ⁻¹	Lepkość μ cP	log τ_w	log $\dot{\gamma}_w$	Błąd ozna- czenia lepkości %
				pierwszy	drugi działki	średnio						
4	209,0	I	6a	6,5	6,5	6,5	3,854	16,20		0,5861	1,2095	
			7a	10,0	10,0	10,0	5,930	27,00		0,7731	1,4314	
			8a	18,0	18,0	18,0	10,674	48,60	219,5	1,0282	1,6866	+ 5,1
			9a	29,5	29,5	29,5	17,494	81,0	215,9	1,2428	1,9085	+ 3,3
			10a	52,5	52,5	52,5	31,132	145,8	213,5	1,4932	2,1638	+ 2,2
			11a	87,0	87,0	87,0	51,591	243,0	212,3	1,7126	2,3856	+ 1,6
		II	12a	16,0	16,0	16,0	94,88	437,4	216,9	1,9772	2,6409	+ 3,8
5	1842	I	1a	3,0	3,0	3,0	1,779	1,259		2,2502	0,1000	
			2a	5,5	6,5	6,0	3,558	1,800		0,5512	0,2553	
			3a	9,5	9,5	9,5	5,634	3,000		0,7508	0,4771	
			4a	17,5	17,5	17,5	10,38	5,40	1922	1,0162	0,7324	+ 4,4
			5a	28,0	28,0	28,0	16,60	9,00	1844	1,2201	0,9542	+ 0,2
			6a	50,5	50,5	50,5	29,95	16,20	1849	1,4764	1,2095	+ 0,4
			7a	84,0	84,0	84,0	49,81	27,00	1845	1,6973	1,4314	+ 0,2
		II	8a	15,5	15,5	15,5	91,92	48,60	1891	1,9634	1,6866	+ 2,7
			9a	25,5	25,5	25,5	151,2	81,0	1867	2,1796	1,9085	+ 1,4
			10a	45,5	45,5	45,5	269,8	145,8	1850	2,4311	2,1638	+ 0,5
			11a	75,0	74,5	74,8	443,6	243,0	1826	2,6470	2,3856	- 0,9

10.10. Badanie występowania reologicznych efektów przyściennych
Bezpośrednie wyniki pomiarów i obliczeń.

10.10. 1. Oznaczenia i wzory przeliczeniowe stosowane w tablicach dotyczących pomiarów w reometrze szczelinowym.

C - stała geometryczna reometru, cm^3

Cz - czas pobierania próbki cieczy, s

g - przyspieszenie siły ciężkości $981,23 \text{ cm s}^{-2}$

h - połowa wysokości szczeliny, cm

L - długość odcinka pomiarowego szczeliny, $L = 15 \text{ cm}$

m - szybkość masowa przepływu, g s^{-1}

M - masa pobranej próbki cieczy, g

Δp_1 - spadek ciśnienia na 15 cm długości szczeliny przed pobraniem próbki cieczy, cm słupa cieczy

Δp_2 - jak wyżej, lecz po pobraniu próbki cieczy

Δp_c - średni spadek ciśnienia, cm słupa cieczy

Δp - średni spadek ciśnienia $\text{g cm}^{-1} \text{ s}^{-2}$

t - temperatura w termostacie z pompą obiegową, $^{\circ}\text{C}$

t_x - temperatura cieczy opuszczającej reometr, $^{\circ}\text{C}$

t_t - temperatura w termostacie zawierającym reometr, $^{\circ}\text{C}$

t_o - temperatura otoczenia, $^{\circ}\text{C}$

μ - lepkość dynamiczna cieczy, $\text{g cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$

Q - szybkość objętościowa przepływu cieczy, $\text{cm}^3 \text{ s}^{-1}$

ρ - gęstość cieczy w temperaturze pomiaru, g cm^{-3}

ρ_o - gęstość cieczy w temperaturze otoczenia, g cm^{-3}

$\bar{\rho}_o$ - średnia gęstość cieczy w temperaturze otoczenia, g cm^{-3}

τ_w - naprężenie styczne w cieczy przy ścianie szczeliny reometru, $\text{g cm}^{-1} \text{ s}^{-2}$

$$Q = \frac{m}{\rho}; \quad \Delta p_c = \frac{\Delta p_1 + \Delta p_2}{2}; \quad \Delta p = \Delta p_c \cdot g \cdot \bar{\rho}_o$$

$$C = \frac{4b h^3}{3 L}; \quad \mu = C \frac{\Delta p}{Q}; \quad \tau_w = \frac{\Delta p \cdot h}{L}$$

10.10.2. Oznaczenia i wzory przeliczeniowe stosowane w tablicach dotyczących pomiarów w reometrze rotacyjnym Rheotest RV2.

- "a" } litery charakteryzujące serie przełożeń zapewniających
 "b" } znaną liczbę obrotów na minutę cylindra wewnętrznego
- C - stała geometryczna przyrządu, bezwymiarowa
- G - odczyt na galwanometrze, liczba podziałek skali
- G^x - wskazania galwanometru przed ostatecznym odczytem, liczba podziałek skali
- N - liczba obrotów cylindra wewnętrznego na minutę
- P - przełożenie /liczba porządkowa odpowiadająca określonej ilości obrotów w cylindrze na minutę/
- s - stosunek promienia cylindra zewnętrznego do wewnętrznego, bezwymiarowy
- Z - stała cylindra dla obranego zakresu naprężeń stycznych
- ZN - oznaczenie zakresu naprężeń ścinających
- τ_w - naprężenie styczne na powierzchni cylindra wewnętrznego
- Ω - szybkość kątowna cylindra wewnętrznego rad s⁻¹

$$\tau_w = G \cdot Z \quad [\text{Nm}^{-2} = \text{kg m}^{-2} \text{s}^{-2}]$$

$$\phi = \frac{2 \Omega}{\tau_w / (1-s^{-2})} \quad [\text{m s kg}^{-1}]$$

$$\Omega = \frac{2 \pi N}{60} \quad [\text{s}^{-1}]$$

$$C = \left[1 + \ln s + \frac{\ln s/2}{3} - \frac{\ln s/4}{45} \right] / \ln s$$

$$\mu_1 = \frac{1000 \tau_w}{\Omega C} \quad [\text{cP}]$$

$$\mu_2 = \frac{1000}{\phi} \quad [\text{cP}]$$

10.10.3. Badanie wpływu stanu powierzchni szczeliny w reometrze na przepływ wody destylowanej

Wartości liczbowe stosowane w obliczeniach: $c = 1,83789 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^3$, $h = 0,041 \text{ cm}$, $\rho = 0,99823 \text{ g cm}^{-3}$
 Doświadczenie 1 - powierzchnie z terpentyna

	M	Cz	m	Δp_1	Δp_2	Δp_0	t	t_x	t_t	t_0	ρ_0	Q	Δp	τ_w	μ_1
1	529,9	19,45	27,24	15,00	15,00	15,00	20,08		20,00	18,7	0,99849	27,288	14695	40,166	0,00990
2	476,8	17,6	27,09	15,00	15,00	15,00						27,138	14695	40,166	0,00995
3	480,5	17,6	27,30	15,00	15,00	15,00						27,348	14695	40,166	0,00988
4	488,2	17,9	27,27	15,00	14,95	14,97	20,15	20,0	20,0	18,85	0,99846	27,318	14666	40,086	0,00987
5	475,4	23,7	20,06	11,10	11,0	11,05	20,01		20,0			20,096	10825	29,589	0,00990
6	482,9	24,35	19,83	11,00	10,95	10,97						19,865	10747	29,375	0,00994
7	501,1	25,2	19,88	11,00	11,00	11,00						19,915	10776	29,455	0,00994
8	520,3	26,3	19,78	11,00	10,90	10,95	20,08	20,05	20,0	19,2	0,99839	19,815	10727	29,321	0,00995
9	528,9	13,95	37,91	21,00	21,02	21,01	20,1		20,0			37,977	20588	56,259	0,00996
10	530,9	14,0	37,92	21,02	21,02	21,02						37,987	20592	56,286	0,00996
11	951,5	25,0	38,06	21,02	21,01	21,01						38,127	20583	56,259	0,00992
12	1204,7	31,85	37,82	21,01	20,97	20,99						37,887	20563	56,206	0,00998
13	1336,4	28,2	47,39	26,30	26,30	26,30						47,474	25765	70,424	0,00997
14	1397,5	29,2	47,86	26,30	26,35	26,32						47,945	25785	70,478	0,00988
15	1305,0	27,4	47,63	26,35	26,25	26,30						47,714	25765	70,424	0,00992
16	1296,4	27,25	47,57	26,25	26,30	26,27	20,08	20,0	20,05	19,4	0,99835	47,654	25736	70,344	0,00993
17	1363,8	24,1	56,59	31,25	31,30	31,27	20,0	20,0	20,06	19,05	0,99842	56,690	30634	83,733	0,00993
18	1264,9	22,25	56,85	31,35	31,30	31,32						56,951	30683	83,867	0,00990
19	1240,5	21,95	56,51	31,30	31,30	31,30						56,610	30663	83,813	0,00996
20	1267,0	22,4	56,56	31,30	31,30	31,30	19,95	19,9	20,02	19,2	0,99839	56,660	30663	83,813	0,00995
21	1299,0	20,9	62,15	34,65	34,65	34,65						62,260	33945	92,784	0,01002
22	1314,6	20,9	62,90	34,65	34,65	34,65						63,012	33945	92,784	0,00990
23	1351,4	21,8	61,99	34,65	34,60	34,62						62,100	33916	92,703	0,01004
24	1217,0	19,5	62,41	34,60	34,65	34,62	20,08	20,0	20,01	19,05	0,99842	62,521	33916	92,703	0,00997
25	560,6	12,75	43,97	24,15	24,15	24,15	20,05		20,02	19,85	0,99826	44,048	23659	64,667	0,00987
26	1286,8	29,35	43,84	24,15	24,20	24,17						43,918	23659	64,667	0,00990
27	1281,7	29,25	43,82	24,15	24,20	24,17						43,898	23678	64,721	0,00991
28	1187,1	27,1	43,80	24,20	24,15	24,17						43,878	23678	64,721	0,00992
29	1209,8	27,5	43,99	24,15	24,20	24,17	20,0	19,95	20,0	18,7	0,99849	44,068	23678	64,721	0,00988

Do obliczeń spadku ciśnienia przyjęto $\rho_0 = 0,9984 \text{ g cm}^{-3}$. Wyniki obliczeń: $K = 540,58 \text{ g cm}^{-4} \text{ s}^{-1}$, lepkość metodą najmn. kwadratów $\mu =$

$= 0,009935 \text{ g cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$, lepkość $\bar{\mu}$ jako średnia arytmetyczna

Odchylenie standardowe: $0,0004155 \text{ g cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$

<http://rcin.org.pl> wartości z ostatniej kolumny: $0,009931 \text{ g cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$

Doświadczenie 2 - powierzchnie zwilżalne

	M	Cz	m	Δp_1	Δp_2	Δp_0	t	t_x	t_t	t_0	ρ_0	Q	Δp	τ_w	μ_1
1	1327,3	22,8	58,21	32,30	32,30	32,30	20,0	20,0	20,0	17,4	0,99873	58,313	31653	86,517	0,00998
2	1259,1	21,6	58,29	32,30	32,30	32,30						58,393	31653	86,517	0,00996
3	1232,8	21,1	58,15	32,30	32,20	32,25						58,253	31604	86,383	0,00997
4	1258,5	21,5	58,53	32,20	32,25	32,22	20,01		20,06	17,6	0,99869	58,634	31574	86,303	0,00990
5	537,0	22,55	23,81	13,15	13,20	13,17	20,01	19,98	20,07	17,3	0,99875	23,852	12906	35,276	0,00994
6	498,3	20,85	23,90	13,20	13,10	13,15						23,942	12886	35,223	0,00989
7	487,9	20,7	23,57	13,10	13,00	13,05	20,03		20,08	17,8	0,99866	23,612	12788	34,955	0,00995
8	554,1	11,8	46,96	25,95	26,00	25,97	19,91	19,92	20,02	17,75	0,99867	47,043	25449	69,562	0,00994
							20,0		20,08						
9	1249,0	26,5	47,13	26,00	25,95	25,97						47,214	25449	69,562	0,00991
10	1200,5	25,3	47,45	25,95	26,00	25,97						47,534	25449	69,562	0,00984
11	1379,0	29,4	46,90	26,00	25,90	25,95	20,0		20,09	17,65	0,99868	46,983	25430	69,508	0,00995
12	1327,2	20,3	65,38	35,80	35,90	35,85	20,03	20,01	20,05	18,0	0,99862	65,496	35128	96,016	0,00986
13	1256,3	19,4	65,27	35,90	35,90	35,90						65,386	35177	96,150	0,00989
14	1220,7	18,8	64,93	35,90	35,90	35,90						65,045	35177	96,150	0,00994
15	1202,9	18,5	65,02	35,90	35,85	35,87	20,1		20,08	18,22	0,99858	65,135	35147	96,070	0,00992
							20,02								
16	561,7	16,4	34,25	18,90	19,05	18,97	20,05	20,0	20,06	17,9	0,99864	34,311	18588	50,807	0,00996
17	1142,2	33,2	34,40	19,05	18,90	18,97						34,461	18588	50,807	0,00991
18	1195,5	34,9	34,26	18,90	18,85	18,87						34,321	18490	50,539	0,00990
19	1232,2	35,9	34,32	18,85	18,90	18,87	20,09		20,08	18,3	0,99857	34,381	18490	50,539	0,00988
20	1217,3	29,8	40,85	22,55	22,45	22,50	20,04	20,05	20,08	18,3	0,99857	40,922	22047	60,261	0,00990
21	1208,0	29,55	40,88	22,45	22,55	22,50						40,952	22047	60,261	0,00989
22	1059,2	28,0	38,19	21,10	21,00	21,05						38,258	20626	56,378	0,00991
23	1166,9	30,55	38,20	21,00	20,95	20,97	20,0		20,06	18,4	0,99855	38,268	20548	56,163	0,00987
24	1169,9	22,7	51,54	28,65	28,70	28,67	20,0	20,0	20,05	18,35	0,99856	51,631	28092	76,786	0,01000
25	1198,3	23,1	51,87	28,70	28,70	28,70						51,962	28122	76,866	0,00995
26	1224,9	23,6	51,90	28,70	28,75	28,72						51,992	28141	76,920	0,00995
27	1254,4	24,5	51,61	28,75	28,75	28,75	20,0		20,09	18,5	0,99853	51,702	28171	77,000	0,01001

Do obliczeń przyjęto: dla pierwszych jedenastu punktów $\rho_0 = 0,9987 \text{ g cm}^{-3}$, dla pozostałych punktów $\rho_0 = 0,9986 \text{ g cm}^{-3}$

Wyniki obliczeń: $K = 540,07 \text{ g cm}^{-4} \text{ s}^{-1}$, lepkość metodą najmn.kwadratów $\mu = 0,009926 \text{ g cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$

Lepkość μ jako średnia arytmetyczna wartości z ostatniej kolumny: $0,009925 \text{ g cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$

Odchylenie standardowe $0,00004162 \text{ g cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$

Doświadczenie 3 - powierzchnie pokryte smarem silikonowym

	M	Cz	m	Δp_1	Δp_2	Δp_c	t	t_x	t_t	t_o	q_o	Q	Δp	τ_w	μ_1
1	1170,3	21,2	55,20	31,55	31,45	31,50	19,9		20,02	17,7	0,99868	55,298	30864	84,361	0,01026
2	1157,1	21,2	54,58	31,45	31,50	31,47	19,85		20,0			54,677	30835	84,281	0,01036
							19,95								
3	1252,9	23,1	54,24	31,40	31,25	31,32						54,336	30688	83,879	0,01038
4	1191,0	22,0	54,14	31,25	31,15	31,20						54,236	30570	83,558	0,01036
5	1253,6	23,2	54,03	31,15	31,05	31,10	20,12	19,92	20,05	18,5	0,99853	54,126	30472	83,290	0,01035
6	1182,3	25,5	44,62	25,30	25,30	25,30	20,05	19,95	20,0	18,25	0,99857	44,599	24789	67,757	0,01019
7	1245,4	27,9	44,64	25,30	25,30	25,30						44,719	24789	67,757	0,01019
8	1204,9	27,0	44,63	25,30	25,20	25,25						44,709	24740	67,623	0,01017
9	1226,7	27,5	44,61	25,20	25,15	25,17	20,0		20,04	18,6	0,99851	44,689	24662	67,409	0,01014
10	1259,9	54,9	22,95	13,05	12,85	12,95	20,0	19,96	20,04	18,32	0,99857	22,991	12639	34,682	0,01014
11	1285,4	56,4	22,79	12,85	12,85	12,85						22,830	12591	34,414	0,01014
12	1240,0	54,6	22,71	12,85	12,75	12,80						22,750	12542	34,280	0,01013
13	1258,9	56,0	22,48	12,75	12,55	12,65	20,2	20,02	20,02	18,6	0,99851	22,520	12395	33,878	0,01012
							20,05								
14	1256,8	21,3	58,96	33,80	33,75	33,77	20,0	20,0	20,04	18,3	0,99857	59,065	33088	90,441	0,01030
15	1273,4	21,5	59,23	33,75	33,65	33,70						59,335	33020	90,253	0,01023
16	1302,8	20,5	63,84	36,90	36,85	36,87						63,953	36125	98,743	0,01038
17	1289,6	20,3	63,53	36,85	36,85	36,85						63,643	36106	98,689	0,01043
18	1328,6	20,65	64,34	36,85	36,75	36,80	19,82	19,85	20,05	18,45	0,99854	64,454	36057	98,556	0,01028
19	1285,7	31,6	40,69	23,00	22,95	22,97	20,05	19,91	20,05	18,4	0,99855	40,762	22506	61,517	0,01015
20	1246,6	30,5	40,87	22,95	23,00	22,97						40,942	22506	61,517	0,01010
21	1301,8	32,0	40,63	23,00	22,95	22,97						40,752	22506	61,517	0,01015
22	1321,3	32,4	40,78	22,95	23,00	22,97	20,05	19,92	20,05	18,6	0,99851	40,852	22506	61,517	0,01013
23	1224,8	40,85	29,98	16,85	16,75	16,80	20,15	20,1	20,05	18,45	0,99854	30,033	16461	44,993	0,01007
							20,1	20							
24	1343,2	44,8	29,98	16,75	16,75	16,75						30,033	16412	44,859	0,01004
25	1331,5	44,4	29,99	16,75	16,80	16,77						30,043	16431	44,912	0,01005
26	1230,6	41,1	29,94	16,80	16,75	16,77	20,12		20,05	18,7	0,99849	29,993	16431	44,912	0,01007

Do obliczeń przyjęto $q_o = 0,99855 \text{ g cm}^{-3}$. Wyniki: $K = 551,64 \text{ g cm}^{-4} \text{ s}^{-1}$

Łepkość metodą najm. kwadratów: $\mu = 0,01023 \text{ g cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Łepkość jako średnia arytmetyczna wartości z ostatniej kolumny: $\bar{\mu} = 0,01023 \text{ g cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$

Dyspersja standardowa: $0,00011382 \text{ g cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$.

10.10.4. Badanie wpływu wysokości szczeliny na przepływ dwuprocentowego roztworu wodnego poliwinyl-pirolidonu /I seria doświadczeń/ z poliwinyl-pirolidonem.

t_1, t_2 - temperatury roztworu w termostatach z pompami obiegowymi. W doświadczeniach 1 i 2 notowano temperatury w tych termostatach oraz w termostacie zawierającym rzometr. W doświadczeniach następnych temperatury te nie były zapisywane, lecz kontrolowano je w dalszym ciągu. Temperatury we wszystkich trzech termostatach wynosiły stale $20^{\circ}\text{C} + 0,1^{\circ}\text{C}$. $\varrho_0 = 1,002$.

Doświadczenie 1.

$$h = 0,0465 \quad G = 2,68119 \cdot 10^{-5}$$

	M	Cz	m	Δp_1	Δp_2	Δp_0	t_1	t_2	t_t	t_0	Q	Δp	$Q/4b h^2$	$\tau_w = \Delta p \cdot h / L$	μ
1	480,9	27,05	17,78	10,50	10,45	10,47	20,05	20,0	19,95	20,6	17,745	10294	683,88	31,911	0,01555
2	477,4	27,35	17,46	10,45	10,30	10,37	20,0	20,0	20,0	20,65	17,425	10196	671,57	31,607	0,01569
3	447,4	26,1	17,14	10,35	10,10	10,22					17,106	10048	659,26	31,150	0,01575
4	704,0	24,9	28,27	16,55	16,55	16,55	20,05	19,98	20,0	20,7	28,214	16272	1087,35	50,443	0,01546
5	479,2	17,0	28,19	16,55	16,55	16,55					28,134	16272	1084,28	50,443	0,01551
6	445,9	15,7	28,40	16,55	16,60	16,575					28,343	16296	1092,35	50,519	0,01542
7	441,9	17,6	25,11	14,60	14,60	14,60	20,0	19,95	19,96	20,85	25,060	14355	965,81	44,499	0,01536
8	463,8	18,4	25,21	14,60	14,60	14,60					25,160	14355	969,66	44,499	0,01530
9	425,2	17,3	24,58	14,60	14,60	14,60					24,531	14355	945,42	44,499	0,01569
10	512,3	29,65	17,28	10,10	10,10	10,10	20,06	19,95	20,0	20,95	17,246	9930	664,64	30,784	0,01544
11	454,3	26,4	17,21	10,10	10,05	10,075					17,176	9906	661,95	30,708	0,01546
12	485,5	20,3	23,92	13,85	13,90	13,875	20,0	19,95	20,0	21,15	23,872	13642	920,04	42,290	0,01532
13	439,0	18,4	23,86	13,90	13,70	13,80					23,812	13568	917,73	42,061	0,01528
14	475,9	22,45	21,20	11,90	11,90	11,90	20,0	19,95	20,0	21,2	21,158	11700	815,42	36,270	0,01483
15	443,6	21,0	21,12	11,90	11,70	11,80					21,078	11602	812,34	35,965	0,01476
16	434,5	17,4	27,84	16,00	16,05	16,025	20,0	19,95	19,95	21,4	27,784	15756	1070,81	48,843	0,01520
17	427,7	17,85	27,88	16,05	16,00	16,025	20,06	19,95	19,98	21,4	27,824	15756	1072,35	48,843	0,01518

Temperatura w zbiorniku przelewowym zmierzona na zakończenie doświadczenia: $20,1^{\circ}\text{C}$.

Doświadczenie 2.

$h = 0,0375$

$C = 1,40625 \cdot 10^{-5}$

$\bar{Q}_0 = 1,002$

	M	Cz	m	Δp_1	Δp_2	Δp_0	t_1	t_2	t_t	t_0	Q	Δp	$Q/4b h^2$	$\tau_w = \Delta p h / L$	μ
1	477,3	22,35	21,36	23,40	23,15	23,275	20,01	20,05	20,0	22,45	21,317	22884	1263,25	57,210	0,01510
2	452,9	21,3	21,26	23,15	23,15	23,15					21,218	22751	1257,34	56,902	0,01509
3	494,7	23,35	21,19	23,15	23,20	23,175					21,148	22785	1253,20	56,964	0,01515
4	460,8	26,3	17,52	19,55	19,40	19,475	20,0	20,0	20,0	22,6	17,485	19148	1036,15	47,859	0,01540
5	468,3	31,0	15,11	16,70	16,75	16,725	20,01	20,0	20,0	22,7	15,080	16444	893,62	41,110	0,01533
6	657,2	28,5	23,06	25,40	25,10	25,25	20,0	19,95	20,0	22,6	23,014	24826	1363,79	62,064	0,01517
7	443,5	29,7	14,93	16,50	16,50	16,50					14,900	16223	882,97	40,557	0,01531
8	433,6	33,6	12,90	14,10	14,10	14,10					12,874	13863	752,92	34,658	0,01514
9	449,8	35,1	12,81	14,10	14,05	14,075					12,784	13838	751,60	34,596	0,01522
10	456,9	45,2	10,11	11,15	11,10	11,125					10,090	10938	597,92	27,345	0,01524
11	467,4	46,25	10,11	11,10	11,10	11,10					10,090	10913	597,92	27,234	0,01521
12	459,8	29,1	15,30	17,40	17,35	17,375	20,0	19,9	20,0	23,1	15,768	17083	934,43	42,707	0,01523
13	471,3	32,8	14,37	15,70	15,70	15,70				23,15	14,341	15436	849,86	38,590	0,01514
14	503,0	35,0	14,37	15,70	15,70	15,70					14,341	15436	849,86	38,590	0,01514
15	474,7	33,2	14,30	15,70	15,60	15,65					14,271	15337	845,72	38,467	0,01516
16	456,5	40,0	11,41	12,50	12,45	12,475					11,387	12265	674,80	30,663	0,01515
17	464,8	40,1	11,34	12,45	12,35	12,40	20,0	20,0	20,0	23,2	11,317	12192	670,66	30,473	0,01515

Doświadczenie 3.

$$h = 0,041 \quad C = 1,83789 \cdot 10^{-5}$$

	M	Cz	m	Δp_1	Δp_2	Δp_0	t_0	Q	Δp	Q/4b h ²	$\tau_w = \Delta p h / \mu$	μ
1	464,1	18,1	25,64	21,45	21,25	21,35	21,85	25,589	20991	1268,53	57,376	0,01508
2	482,3	18,75	25,72	21,25	20,85	21,05		25,669	20696	1272,49	56,570	0,01482
3	512,5	19,9	25,75	21,00	21,20	21,10		25,699	20745	1273,97	56,704	0,01484
4	519,9	20,3	25,61	21,30	20,95	21,12		25,559	20765	1267,05	56,758	0,01493
5	466,2	18,4	25,34	20,90	20,70	20,80		25,289	20450	1253,69	55,898	0,01486
6	512,6	20,2	25,38	20,70	21,20	20,95		25,329	20598	1255,67	56,301	0,01495
7	473,3	19,4	24,40	20,40	20,35	20,375		24,351	20033	1207,18	54,756	0,01512
8	506,8	20,75	24,42	20,35	20,00	20,175		24,371	19836	1208,17	54,218	0,01496
9	468,1	19,2	24,38	20,00	19,80	19,90		24,331	19566	1206,19	53,479	0,01478
10	484,4	38,4	12,62	10,60	10,55	10,575	21,85	12,595	10397	624,37	28,419	0,01517
11	513,0	40,85	12,56	10,55	10,45	10,50		12,535	10324	621,40	28,218	0,01514
12	493,8	39,6	12,47	10,45	10,40	10,425		12,445	10250	616,95	28,016	0,01514
13	499,8	40,4	12,37	10,40	10,30	10,35		12,345	10176	612,00	27,815	0,01515
14	493,8	40,25	12,27	10,30	10,20	10,25		12,246	10078	607,05	27,546	0,01513
15	471,9	40,1	11,77	9,60	9,45	9,525	22,25	11,747	9365	582,32	25,597	0,01465
16	494,0	42,2	11,71	9,45	9,30	9,375		11,687	9217	579,35	25,194	0,01450
17	482,2	31,7	15,21	12,75	12,55	12,65		15,180	12437	752,51	33,996	0,01506
18	516,3	34,2	15,10	12,55	12,50	12,525		15,070	12314	747,07	33,660	0,01502
19	476,5	33,2	14,35	12,05	12,00	12,025	22,45	14,321	11823	709,96	32,316	0,01517
20	485,8	34,1	14,28	12,00	11,90	11,95		14,251	11749	706,50	32,114	0,01515
21	495,5	24,0	20,65	16,85	16,70	16,775	22,6	20,609	16493	1021,65	45,081	0,01471
22	490,6	23,9	20,53	16,70	17,10	16,90		20,489	16616	1015,72	45,417	0,01490
23	459,0	22,5	20,84	16,90	16,90	16,90		20,798	16616	1031,05	45,417	0,01468
24	485,1	23,3	20,82	17,45	17,35	17,40		20,778	17108	1030,06	46,761	0,01513
25	469,7	22,6	20,78	17,35	17,35	17,35		20,739	17058	1028,08	46,626	0,01512
26	507,0	24,4	20,78	17,35	17,40	17,375		20,739	17037	1028,08	46,693	0,01514
27	453,8	22,15	20,71	17,40	17,35	17,375		20,669	17083	1024,62	46,693	0,01519
28	434,8	28,2	17,19	14,40	14,20	14,30	22,5	17,156	14060	850,47	38,430	0,01506
29	514,9	30,2	17,05	14,25	14,15	14,20		17,016	13961	843,54	38,161	0,01508
30	520,9	30,8	16,91	14,20	14,10	14,15		16,876	13912	836,62	38,027	0,01515
31	518,2	30,8	16,82	14,10	14,00	14,05		16,786	13814	832,16	37,758	0,01512
32	500,0	29,9	16,72	14,00	13,65	14,05		16,687	13814	827,22	37,758	0,01521
33	510,0	33,9	13,11	11,00	11,05	11,025	22,5	13,084	10840	648,61	29,629	0,01523
34	490,6	37,5	13,08	11,05	10,85	10,95		13,054	10766	647,13	29,427	0,01516
35	498,8	38,5	12,95	10,85	10,80	10,825		12,934	10643	641,19	29,091	0,01512
36	493,4	33,3	12,88	10,80	10,70	10,75		12,854	10569	637,23	28,889	0,01511
37	484,8	39,3	12,34	10,05	9,95	10,00	22,55	12,315	9832	610,52	26,874	0,01467
38	503,7	41,7	12,20	9,95	9,75	9,85		12,176	9684	603,59	26,471	0,01462
39	490,3	41,4	11,84	9,95	9,95	9,95		11,816	9783	585,78	26,740	0,01522
40	480,5	40,7	11,81	9,95	9,85	9,90	22,6	11,786	9734	584,30	26,605	0,01518

Temperatura w zbiorniku przelewowym zmierzona na zakończenie doświadczenia: 20,15°C.

Doświadczenie 4.

$h = 0,0465$

$C = 2,68119 \cdot 10^{-5}$

	M	Cz	m	Δp_1	Δp_2	Δp_c	t_0	Q	Δp	$Q/4b h^2$	$\tau_w = \Delta p h/L$	μ
1	488,5	21,9	22,31	13,15	13,25	13,20	22,55	22,265	12978	858,11	40,232	0,01563
2	475,0	21,4	22,20	13,25	13,23	13,24		22,156	13017	853,88	40,354	0,01575
3	523,0	23,3	22,45	13,23	13,10	13,17		22,405	12949	863,50	40,141	0,01550
4	513,8	27,1	18,96	11,00	11,00	11,00	22,7	18,922	10815	729,26	33,527	0,01532
5	523,2	27,8	18,82	11,00	11,00	11,00		18,782	10815	723,88	33,527	0,01544
6	525,4	23,0	18,76	11,00	10,90	10,95		18,723	10766	721,57	33,374	0,01542
7	511,9	28,9	17,71	10,30	10,30	10,30	22,75	17,675	10127	681,18	31,393	0,01536
8	511,2	23,8	17,75	10,30	10,30	10,30		17,715	10127	682,72	31,393	0,01533
9	505,0	23,7	17,60	10,30	10,40	10,35		17,565	10176	676,95	31,546	0,01553
10	507,1	33,0	15,37	8,75	8,70	8,725	22,95	15,339	8578	591,18	25,593	0,01499
11	523,1	34,4	15,21	8,70	8,70	8,70		15,180	8554	585,02	26,517	0,01511
12	503,2	33,2	15,16	8,70	8,70	8,70		15,130	8554	583,10	26,517	0,01516
13	505,2	19,9	25,39	14,70	14,80	14,75	22,95	25,339	14502	976,58	44,956	0,01534
14	539,2	21,15	25,49	14,70	14,70	14,70		25,439	14453	980,43	44,804	0,01523
15	512,1	20,0	25,61	14,70	14,70	14,70		25,559	14453	985,04	44,804	0,01516
16	519,3	20,5	25,33	14,70	14,55	14,625		25,279	14379	974,27	44,575	0,01525
17	507,1	23,3	21,76	12,50	12,65	12,575	23,15	21,717	12364	836,96	38,327	0,01526
18	510,1	24,55	20,78	12,65	12,70	12,675		20,739	12462	799,26	38,632	0,01511
19	496,2	23,0	21,57	12,35	12,35	12,35		21,527	12142	829,65	37,642	0,01512
20	502,3	23,3	21,56	12,35	12,30	12,325		21,517	12118	829,27	37,565	0,01510
21	523,3	24,4	21,45	12,30	12,35	12,325	23,25	21,407	12118	825,04	37,565	0,01518

Temperatura w zbiorniku przelewowym zmierzona na zakończenie doświadczenia $20,15^{\circ}\text{C}$.

Doświadczenie 5

 $h = 0,0375$ $C = 1,40625 \cdot 10^{-5}$

	M	Cz	m	ΔP_1	ΔP_2	ΔP_c	t_0	Q	Δp	$Q/4b h^2$	$\tau_w = \frac{\Delta P_c}{L}$	μ
1	465,9	20,3	22,95	24,85	24,85	24,85	21,8	22,904	24432	1357,29	61,081	0,01570
2	519,9	22,8	22,80	24,85	24,80	24,825		22,754	24408	1348,41	61,019	0,01508
3	510,5	22,25	22,94	24,80	24,80	24,80		22,894	24383	1356,69	60,958	0,01498
4	505,2	33,2	15,22	16,25	16,30	16,275	21,8	15,190	16001	900,13	40,004	0,01481
5	457,3	30,3	15,09	16,30	16,15	16,225		15,060	15952	892,44	39,881	0,01490
6	444,1	29,6	15,00	16,15	16,05	16,10		14,970	15829	887,11	39,573	0,01487
7	496,0	33,25	14,92	16,05	16,15	16,10		14,890	15829	882,38	39,573	0,01495
8	480,3	32,4	14,82	16,15	16,20	16,175		14,790	15903	876,47	39,758	0,01512
9	467,3	50,2	9,31	9,95	9,95	9,95	21,9	9,291	9783	550,60	24,457	0,01481
10	476,8	51,3	9,29	9,95	9,90	9,925		9,271	9758	549,42	24,395	0,01480
11	480,0	51,7	9,28	9,90	9,85	9,875		9,261	9709	548,83	24,273	0,01474
12	487,1	52,9	9,21	9,85	10,05	9,95		9,192	9783	544,69	24,457	0,01497
13	466,9	38,45	12,14	13,15	13,05	13,10	21,9	12,116	12880	717,97	32,200	0,01495
14	488,1	40,2	12,14	13,05	13,05	13,05		12,116	12831	717,97	32,077	0,01489
15	485,4	40,2	12,075	13,05	12,95	13,00		12,056	12782	714,42	31,954	0,01491
16	472,5	39,45	11,98	12,95	12,85	12,90		11,956	12683	708,51	31,708	0,01492
17	465,2	25,2	18,46	19,80	19,85	19,825	21,9	18,423	19492	1091,74	48,729	0,01488
18	447,0	24,2	18,47	19,85	19,85	19,85		18,433	19516	1092,33	48,791	0,01489
19	493,8	26,8	18,425	19,85	19,75	19,80		18,393	19467	1089,97	48,668	0,01488
20	477,1	24,0	19,88	21,45	21,50	21,475	21,9	19,840	21114	1175,72	52,785	0,01497
21	482,0	24,2	19,92	21,50	21,40	21,45		19,880	21089	1178,09	52,724	0,01492
22	489,0	24,65	19,84	21,40	21,40	21,40	21,9	19,800	21040	1173,36	52,601	0,01494

Temperatura w zbiorniku przelewowym zmierzona na zakończenie doświadczenia 20,15°C.

Doświadczenie 6.

$$h = 0,041 \quad \epsilon = 1,83789 \cdot 10^{-5}$$

	M	Cz	m	Δp_1	Δp_2	Δp_c	t_0	Q	Δp	$Q/4b h^2$	$\tau_w = \Delta p h^2 / Q$	μ
1	467,8	40,0	11,695	9,65	9,65	9,65	19,35	11,677	9488	578,85	25,933	0,01493
2	506,7	43,6	11,62	9,65	9,65	9,65		11,597	9488	574,90	25,933	0,01504
3	482,2	41,7	11,56	9,65	9,65	9,65		11,537	9488	571,93	25,933	0,01511
4	498,0	26,3	18,93	15,85	15,85	15,85	19,45	18,892	15584	936,56	42,595	0,01516
5	498,4	26,55	18,77	15,85	15,75	15,80		18,733	15534	928,64	42,461	0,01524
6	510,4	27,4	18,63	15,75	15,65	15,70		18,593	15436	921,71	42,192	0,01526
7	485,6	26,0	18,68	15,65	15,70	15,675		18,643	15412	924,19	42,125	0,01519
8	504,7	27,1	18,62	15,70	15,50	15,60		18,583	15338	921,22	41,923	0,01517
9	519,4	19,8	26,23	21,95	21,90	21,925	19,5	26,178	21556	1297,72	58,921	0,01513
10	509,0	19,3	26,37	21,90	21,90	21,90		26,317	21532	1304,65	58,854	0,01504
11	514,6	19,75	26,06	21,90	21,90	21,90		26,008	21532	1289,31	58,854	0,01522
12	491,0	18,9	25,98	21,90	21,85	21,875		25,928	21507	1285,35	58,787	0,01525
13	511,4	22,4	22,83	19,05	19,10	19,075	19,6	22,784	18754	1129,51	51,262	0,01513
14	476,0	20,9	22,775	19,10	19,10	19,10		22,735	18779	1127,03	51,329	0,01518
15	500,5	22,0	22,750	19,10	19,10	19,10		22,705	18779	1125,55	51,329	0,01520
16	507,0	22,4	22,634	19,10	19,10	19,10		22,585	18779	1119,61	51,329	0,01528
17	514,9	31,95	16,12	13,35	13,30	13,325	19,63	16,088	13101	797,53	35,810	0,01497
18	512,6	32,1	15,97	13,30	13,30	13,30		15,938	13076	790,11	35,742	0,01508
19	522,9	32,7	15,99	13,30	13,20	13,25		15,958	13027	791,10	35,602	0,01500
20	513,3	32,15	15,97	13,20	13,20	13,20	19,65	15,938	12978	790,11	35,474	0,01497

Temperatura w zbiorniku przelewowym po zakończeniu doświadczenia: 20,0°C.

10,10.5. Sposób pokrywania powierzchni szczeliny reometru szczelinowego warstwą szorstką oraz wyznaczanie wysokości szczelin o powierzchni szorstkiej na podstawie doświadczeń przepływowych.

Lakier olejno-żywiczny w stanie ciekłym rozprowadzono bez użycia pędzla po powierzchni szczeliny należącej do pokrywy reometru. Następnie powierzchnię ustawiono poziomo /sprawdzono to uprzednio poziomnicą/. Nieutwardzoną powierzchnię lakieru pokryto równomiernie grubą warstwą proszku węgla aktywnego sięgając go z gęstego sita. W tym stanie pozostawiono powierzchnię aż do stwardnienia lakieru. Nadmiar węgla aktywnego usunięto przez wydmuchanie.

Charakterystyka stosowanego proszku.

Węgiel aktywny był to produkt handlowy cz.d.a. wytwarzany przez Zakłady Elektrod Węglowych w Raciborzu. Jego masa właściwa oznaczona metodą piknometryczną wynosiła $1,82 \text{ g/cm}^3$.

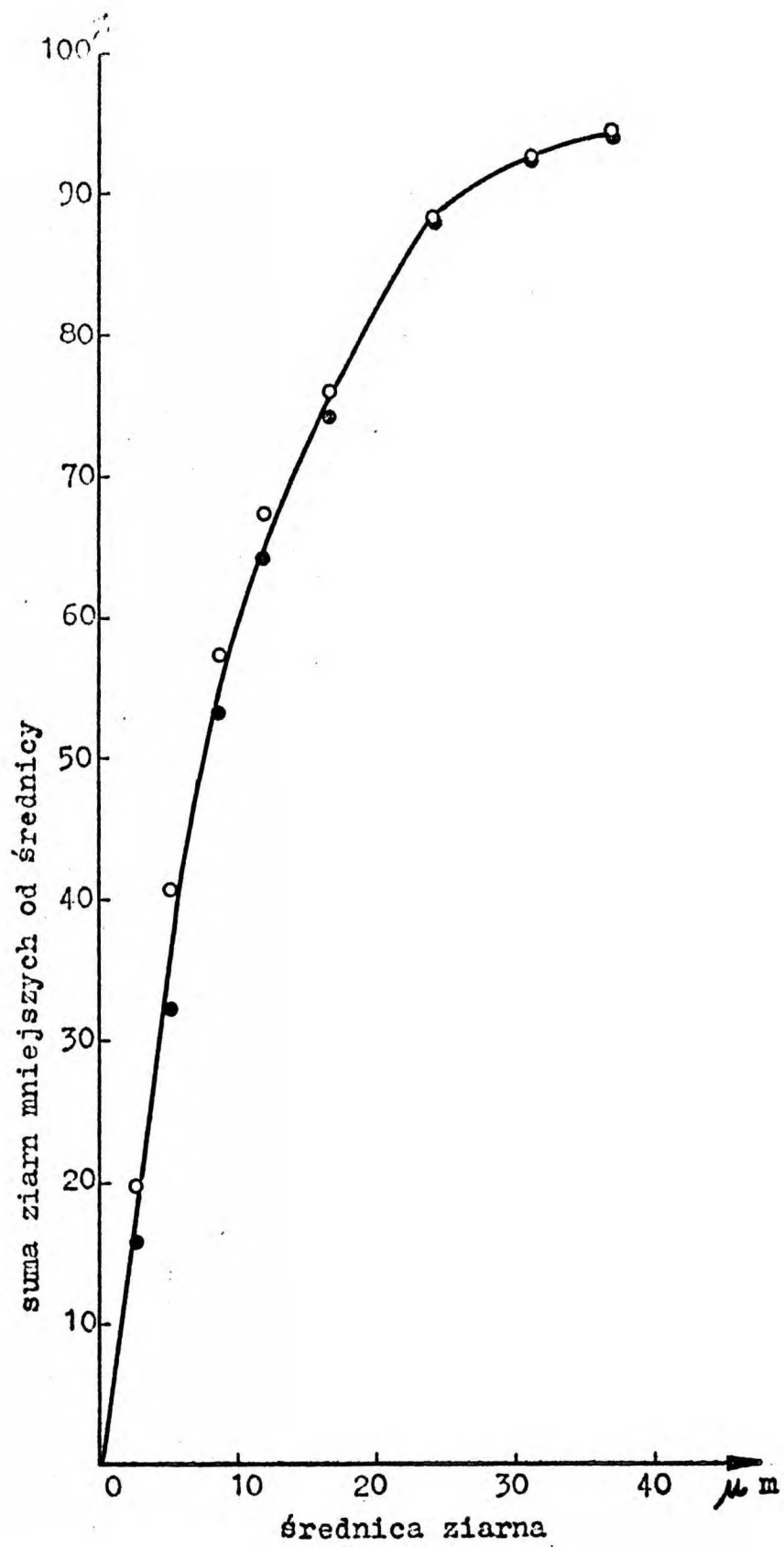
Analizę uziarnienia przeprowadzono przy użyciu separatora "Bahco" odwirowując w spiralnym strumieniu powietrza coraz to większe ziarna i oznaczając wagowo ubytki masy próbki proszku. Wyniki analizy uziarnienia wykonanej dla dwóch próbek proszku przedstawia wykres /rys.21/.

Wysokość szczelin o powierzchni szorstkiej wyznaczono na podstawie doświadczeń przepływowych.

Aparaturę zestawiono zgodnie ze schematem na rys.9b.

Temperatura we wszystkich trzech termostatach wynosiła $20 \pm 0,1^\circ\text{C}$ i była stale kontrolowana w czasie pomiarów.

Doświadczenia przeprowadzono stosując przepływ wody destylowanej przez szczelinę w kierunku II. Lepkość kinematyczna wody w 20°C wynosi: $\nu = 1,0038 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1} = 1,0038 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$.



Rys.21 Wyniki analizy granulometrycznej węgla aktywnego

Doświadczenie 1

Stosowany wzór obliczeniowy: $h = \sqrt[3]{\frac{m}{26021,28 \cdot \Delta p_c}}$ [cm]

Wkładka 0,42 mm $\bar{Q}_0 = 0,99825$

	M	Cz	m	Δp_1	Δp_2	Δp_c	t_0	Q_0	h
1	504,2	25,35	19,89	12,70	12,65	12,675	19,9	0,998250	0,03922
2	512,3	26,0	19,72	12,65	12,68	12,67			0,03911
3	526,7	26,5	19,88	12,68	12,65	12,67			0,03921
4	432,7	17,7	27,27	17,65	17,70	17,675	19,8	0,998270	0,03899
5	523,8	19,1	27,42	17,70	17,68	17,69			0,03905
6	514,0	18,6	27,63	17,68	17,68	17,68			0,03916
7	514,2	21,6	23,81	15,55	15,55	15,55			0,03890
8	555,5	23,3	23,84	15,55	15,55	15,55			0,03891
9	523,1	21,85	23,94	15,55	15,52	15,535			0,03898
10	509,7	34,3	14,86	9,67	9,62	9,645	19,81	0,998268	0,03898
11	511,8	34,2	14,96	9,62	9,69	9,655			0,03905
12	518,1	34,7	14,93	9,69	9,69	9,69			0,03898
13	515,9	24,95	20,68	13,34	13,35	13,345	19,98	0,998233	0,03905
14	528,0	25,8	20,47	13,35	13,34	13,345			0,03892
15	547,0	26,65	20,53	13,34	13,40	13,37	20,1	0,998208	0,03893

Średnia wysokość meniskiny jako średnia arytmetyczna wyników oznaczeń: 0,03903 cm.

Doświadczenie 2.

Wkładka 0,60 mm

$$\varrho_0 = 0,99815$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{m}{26018,68 \cdot p}} \text{ cm}$$

	M	Cz	m	Δp_1	Δp_2	Δp_c	t_0	ϱ_0	h
1	487,9	16,2	30,12	13,05	13,05	13,05	20,55	0,998112	0,04460
2	516,1	17,1	30,18	13,05	13,05	13,05			0,04463
3	535,1	17,8	30,06	13,05	13,20	13,125			0,04448
4	510,9	19,1	26,74	11,65	11,60	11,625	20,3	0,998167	0,04455
5	512,2	19,0	26,96	11,60	11,60	11,60			0,04470
6	532,2	19,9	26,74	11,60	11,60	11,60			0,04458
7	503,2	20,8	24,19	10,50	10,65	10,575	20,1	0,998208	0,04447
8	481,0	19,7	24,42	10,65	10,55	10,60			0,04457
9	497,1	20,6	24,13	10,55	10,50	10,525			0,04450
10	518,2	19,3	26,85	11,75	11,65	11,70	20,75	0,998071	0,04451
11	539,8	19,95	27,06	11,65	11,65	11,65			0,04469
12	504,2	18,9	25,68	11,65	11,70	11,675	20,45	0,998135	0,04445

Temperatura w zbiorniku przelewowym zmierzona na zakończenie doświadczenia: 20,08°C.

Położa wysokości szczeliny jako średnia arytmetyczna wyników oznaczeń: 0,04456 cm.

10.10.6. Badanie wpływu szorstkiej powierzchni szczeliny na przepływ dwuprocentowego roztworu wodnego poliwinylpirolidonu /II seria doświadczeń z poliwinylpirolidonem/. Grubość wkładki: 0,49 mm. $h = 0,039$ $C = 1,58184 \cdot 10^{-5}$.

Doświadczenie 1.

Dla punktów od 1 do nr 10 $\bar{Q}_0 = 1,002$; dla nr 11 i 12 $\bar{Q}_0 = 1,001$; od 13 do 26 $\bar{Q}_0 = 1,002$; dla nr 27 i 28 $\bar{Q}_0 = 1,001$.

	M	Cz	m	Δp_1	Δp_2	Δp_c	t_0	Q	Δp	$Q/4b h^2$	τ_w	μ
1	703,4	34,3	20,51	19,40	19,50	19,45	23,2	20,469	19123	1121,47	49,720	0,01478
2	740,2	36,1	20,51	19,50	19,55	19,575		20,469	19246	1121,47	50,040	0,01487
3	742,0	36,3	20,44	19,55	19,40	19,475		20,399	19148	1117,64	49,784	0,01485
4	711,5	34,9	20,39	19,40	19,50	19,45		20,349	19123	1114,91	49,720	0,01487
5	748,0	32,6	22,94	21,70	21,80	21,75	23,3	22,894	21384	1254,34	55,600	0,01478
6	738,5	32,45	22,76	21,80	21,80	21,80		22,715	21434	1244,50	55,727	0,01493
7	743,8	32,5	22,89	21,80	21,60	21,70		22,844	21335	1251,61	55,472	0,01477
8	742,0	32,7	22,69	21,60	21,80	21,70		22,645	21335	1240,67	55,472	0,01490
9	741,0	45,4	16,32	15,65	15,55	15,60	23,4	16,287	15338	892,36	39,878	0,01490
10	733,4	45,5	16,12	15,55	15,35	15,50		16,088	15239	881,43	39,623	0,01498
11	749,2	46,9	15,97	15,60	15,70	15,65		15,938	15387	873,23	40,006	0,01527
12	752,9	45,9	16,40	15,50	15,65	15,625	23,5	16,367	15362	896,74	39,942	0,01485
13	735,0	67,8	10,84	10,45	10,08	10,26	23,4	10,818	10088	592,72	26,228	0,01475
14	713,5	68,3	10,45	10,08	10,20	10,14		10,429	9970	571,40	25,921	0,01512
15	691,0	50,4	13,71	13,10	13,05	13,075	22,1	13,683	12855	749,65	33,424	0,01486
16	692,1	51,8	13,31	13,05	13,05	13,05		13,283	12831	727,78	33,360	0,01528
17	705,1	40,0	17,62	17,45	17,50	17,47		17,585	17176	963,45	44,659	0,01545
18	732,9	41,1	17,83	17,50	17,50	17,50		17,794	17206	974,93	44,735	0,01530
19	779,9	44,4	17,565	17,50	17,55	17,52	22,25	17,535	17226	960,71	44,786	0,01554
20	716,8	52,55	13,64	13,30	13,00	13,15	23,15	13,613	12929	745,82	33,615	0,01502
21	671,5	49,7	13,51	13,00	13,25	13,12		13,483	12899	738,72	33,539	0,01513
22	710,0	53,0	13,40	13,25	13,25	13,25		13,373	13027	732,70	33,871	0,01541
23	740,6	50,9	14,55	14,00	13,95	13,97		14,521	13735	795,58	35,712	0,01496
24	680,3	47,0	14,41	13,95	13,95	13,95		14,381	13716	787,93	35,660	0,01509
25	685,0	47,9	14,30	13,95	14,00	13,97	22,55	14,271	13735	781,91	35,712	0,01522
26	698,9	40,8	17,13	16,70	16,80	16,75		17,096	16468	936,65	42,818	0,01524
27	720,4	42,5	16,91	16,80	16,65	16,72		16,876	16439	924,62	42,741	0,01541
28	688,6	41,65	16,53	16,65	16,40	16,52	23,85	16,497	16242	903,85	42,230	0,01557

Doświadczenie 2.

$$\bar{Q}_0 = 1,001$$

	M	Cz	m	Δp_1	Δp_2	Δp_c	t_0	Q	Δp	$Q/4b h^2$	$\zeta_w = \Delta p h/L$	μ
1	723,3	40,05	18,06	18,05	18,20	18,12	23,6	18,024	17798	987,51	46,274	C,01562
2	731,2	39,8	18,37	18,15	17,95	18,05		18,333	17729	1004,46	46,095	C,01530
3	736,1	40,3	18,28	17,95	18,00	17,97		18,244	17650	999,54	45,891	C,01530
4	719,3	39,65	18,14	18,00	18,25	18,12		18,104	17798	991,88	46,274	C,01555
5	753,8	40,65	18,54	18,25	18,05	18,15		18,503	17827	1013,75	46,351	C,01524
6	726,6	40,2	18,015	18,05	18,30	18,17	23,9	17,984	17847	985,32	46,402	C,01570
7	734,1	39,65	18,515	18,80	18,10	18,45	24,0	18,483	18122	1012,66	47,117	C,01551
8	703,3	38,1	18,46	18,10	18,40	18,25		18,423	17925	1009,38	46,606	C,01539
9	724,9	38,9	18,635	18,40	18,20	18,30		18,603	17974	1019,22	46,734	C,01528
10	753,8	41,4	18,21	18,20	18,55	18,37		18,174	18043	995,71	46,912	C,01570
11	725,4	39,15	18,53	18,55	18,15	18,35		18,493	18024	1013,20	46,861	C,01542
12	726,9	39,5	18,40	18,15	18,25	18,20		18,363	17876	1006,10	46,478	C,01540
13	751,1	40,5	18,55	18,25	18,20	18,225		18,513	17901	1014,30	46,542	C,01530
14	739,1	39,65	18,66	18,20	18,30	18,25		18,623	17925	1020,31	46,606	C,01523
15	711,2	38,5	18,47	18,30	-	18,30	24,2	18,433	17974	1009,92	46,734	C,01542
16	721,3	47,5	15,185	15,70	15,25	15,48	24,2	15,160	15205	830,58	39,532	C,01537
17	673,5	44,85	15,02	15,25	14,93	15,09		14,990	14822	821,28	38,536	C,01564
18	722,5	49,0	14,745	14,59	14,80	14,69		14,721	14429	806,52	37,515	C,01550
19	715,1	49,2	14,535	14,80	14,60	14,70		14,511	14439	795,03	37,540	C,01574
20	698,8	48,3	14,47	14,60	14,50	14,55		14,441	14291	791,21	37,157	C,01565
21	691,1	48,4	14,22	14,50	14,75	14,62		14,192	14360	777,54	37,336	C,01601
22	732,4	55,2	13,27	13,75	13,65	13,70		13,244	13456	725,59	34,986	C,01607
23	736,5	54,8	13,44	13,70	13,65	13,67		13,413	13427	734,89	34,910	C,01583
24	742,0	47,1	15,75	15,40	15,75	15,50	24,45	15,719	15224	861,20	39,583	C,01532
25	702,3	44,5	15,78	15,40	15,45	15,42		15,749	15146	862,84	39,379	C,01521
26	741,2	47,3	15,67	15,35	15,30	15,32		15,639	15047	856,82	39,123	C,01522
27	754,5	48,3	15,62	15,25	15,00	15,12		15,589	14851	854,09	38,613	C,01507
28	707,1	46,2	15,305	15,25	15,00	15,12		15,279	14851	837,14	38,613	C,01537
29	688,9	65,3	10,55	10,88	10,80	10,84	24,15	10,529	10647	576,87	27,683	C,01600
30	653,1	63,7	10,25	10,65	10,60	10,62		10,230	10431	560,46	27,121	C,01513
31	698,2	69,15	10,10	10,58	10,70	10,64		10,080	10451	552,26	27,172	C,01640
32	692,2	69,7	9,93	10,40	10,55	10,48		9,910	10294	542,96	26,763	C,01643
33	695,1	70,8	9,82	10,35	10,50	10,42		9,800	10235	536,95	26,610	C,01652
34	433,0	47,3	9,15	9,85	9,85	9,85		9,132	9575	500,31	25,154	C,01676
35	676,4	74,5	9,08	9,85	9,87	9,86		9,062	9585	496,49	25,180	C,01591
36	717,7	39,6	18,12	18,00	18,10	18,05	24,65	18,084	17729	990,79	46,095	C,01551
37	739,4	40,8	18,12	18,05	18,00	18,02		18,084	17699	990,79	46,019	C,01548
38	745,1	41,4	18,00	17,90	17,75	17,82		17,964	17503	984,22	45,508	C,01541
39	728,6	40,5	17,99	17,55	17,50	17,52		17,954	17208	983,68	44,742	C,01516
40	729,8	40,3	18,11	17,50	17,45	17,47		18,074	17159	990,24	44,614	C,01502
41	738,8	40,8	18,11	17,45	17,35	17,40		18,074	17090	990,24	44,435	C,01496
42	750,0	38,15	19,66	19,50	19,30	19,40	24,8	19,621	19055	1074,99	49,543	C,01536
43	746,7	37,4	19,955	19,40	19,05	19,30	24,7	19,930	18957	1091,94	49,287	C,01505

10.10.7. Wybór stopnia wielomianu aproksymującego zależność $Q/4b h^2$ od $\Delta p h/L$ dla doświadczeń z dwuprocentowym wodnym roztworem poliwinylpirolidonu.

Posługując się programem aproksymacji wielomianami metodą najmniejszych kwadratów^{79/} obliczono na maszynie cyfrowej Hewlett-Packard współczynniki wielomianów stopnia pierwszego, drugiego i trzeciego aproksymujących zależność $Q/4b h^2$ od τ_w .

Obliczenia wykonano dla sześciu doświadczeń z roztworem poliwinylpirolidonu /I seria/ oraz, ze względów porównawczych, dla drugiego doświadczenia z przepływem wody /rozdział 10.10.3/.

Wyniki obliczeń zaokrąglone do dwóch cyfr po przecinku zamieszczono w tabelicy / B_0 oznacza wyraz wolny wielomianu/. Z sensu fizycznego zależności $\frac{Q}{4b h^2}$ od τ_w wynika, że wielomian musi być funkcją monotonicznie rosnącą oraz, że $B_0 \leq 0$. Jeżeli $B_0 < 0$, co wskazuje, że roztwór ma granicę płynięcia, powinno to ujawnić się we wszystkich doświadczeniach.

Natomiast z tabelicy współczynników widać, że współczynniki B_0 przyjmują prawie jednakowo często wartości ujemne i dodatnie. Te ostatnie nie mają sensu fizycznego. Wartości bezwzględne liczb B_0 dodatnich i ujemnych na ogół nie różnią się co do rzędu wielkości dla wielomianów obranego stopnia. Świadczy to, że badana ciecz nie wykazuje granicy płynięcia.

Różne od zera wartości B_0 wynikają z błędów doświadczalnych i mogą ulegać zwiększeniu wskutek nieprawidłowego obrania stopnia wielomianu aproksymującego. Pojawienie się współczynników B_0 o różnym znaku i dużej wartości bezwzględnej skłania do odrzucenia wielomianu stopnia trzeciego jako funkcji aproksymującej.

Współczynniki wielomianów aproksymujących zależność $\frac{Q}{4b h^2}$ od τ_w .

		Numer dośw.	Roztwór wodny 2 % poliwinylpirolidonu						Woda
			I seria doświadczeń						
		współczynniki	1	2	3	4	5	6	2
STOPIEŃ WIELOMIANU	pierwszy	B ₀	- 3,70	-5,05	-8,20	11,81	9,24	11,92	2,94
		B ₁	21,80	22,06	22,43	21,39	22,10	21,74	33,54
	drugi	B ₀	-256,86	33,20	51,30	192,62	-6,31	31,11	20,97
		B ₁	34,79	20,22	19,30	11,03	22,91	20,79	32,95
		B ₂	-0,16	0,02	0,04	0,14	-0,01	0,01	0,00
	trzeci	B ₀	-3023,83	-49,47	380,37	-352,24	90,84	-149,70	-197,69
		B ₁	244,49	26,42	-6,49	58,38	15,25	34,85	44,24
		B ₂	-5,36	-0,13	0,68	-1,20	0,18	-0,34	-0,18
		B ₃	0,04	0,00	-0,01	0,01	0,00	0,00	0,00

Współczynniki B_2 są znacznie niższe od B_1 . Udział wartości członów wielomianu o różnych stopniach zmiennej niezależnej τ_w można ocenić na podstawie obliczeń, które wykonano dla najniższego stosowanego w tych doświadczeniach naprężenia stycznego przy ścianie $24,2 \text{ dyn/cm}^2$ i najwyższego $62,1 \text{ dyn/cm}^2$. W tabelicy podano wyniki obliczeń jako średnie arytmetyczne dla par doświadczeń wykonanych przy tej samej wysokości szczeliny (w sek^{-1}).

		Naprężenie przy ścianie szczeliny					
		$24,2 \text{ cm}^{-1} \text{ g s}^{-2}$			$62,1 \text{ cm}^{-1} \text{ g s}^{-2}$		
stopień wielomianu	Sto- pień członów wielo- mianu	Doświadczenia			Doświadczenia		
		2 1 5	3 1 6	1 1 4	2 1 5	3 1 6	1 1 4
pierwszy	0	2,1	1,9	4,1	2,1	1,9	4,1
	1	534,4	534,5	522,5	1371,4	1371,6	1340,9
drugi	0	13,4	41,2	-32,1	13,4	41,2	-32,1
	1	521,9	485,1	554,4	1339,2	1244,8	1422,6
	2	3,3	14,3	-4,8	21,8	94,7	-31,8

Wkład wyrazów z τ_w^2 do wartości wielomianów jest niewielki. Natomiast zwiększanie stopnia wielomianu powoduje wzrost wartości bezwzględnych współczynników B_0 , które powinny być równe zeru.

Zależność $\frac{Q}{4b h^2}$ od τ_w uznano więc za funkcję liniową przechodzącą przez początek układu współrzędnych.

10.10.8. Badanie wpływu stanu powierzchni cylindrów i szerokości szczeliny w reometrze rotacyjnym na ścinanie 6,6 % roztworu wodnego alkoholu poliwinylowego.

Doświadczenie 1.

Cylinder Sl. Cylinder wewnętrzny moczony przez 4 doby w terpentynie, następnie lekko wytarty. $s = 1,0204$

$$1 - s^{-2} = 0,03958463 \quad C = 50,50556$$

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	μ_1	μ_2
1			6	7,8	4,423	9	0,9425	10,767	-	-
2			7	12,9	7,314	15	1,5708	10,851	-	-
3	I	0,567	8	22,0	12,474	27	2,8274	11,452	87,35	87,32
4			9	35,95	20,384	45	4,7124	11,681	85,65	85,61
5			10	65,0	36,855	81	8,4823	11,628	86,03	86,00
6			11	11,0	61,820	135	14,1372	11,554	86,58	86,55
7	II	5,62	12	19,4	109,028	243	25,4469	11,792	84,83	84,80
8			11	11,0	61,820	135	14,1372	11,554	86,58	86,55
9			10	65,0	36,855	81	8,4823	11,628	86,03	86,00
10			9	35,8	20,299	45	4,7124	11,729	85,29	85,26
11	I	0,567	8	21,9	12,417	27	2,8274	11,505	86,95	86,92
12			7	12,8	7,258	15	1,5708	10,935	-	-
13			6	7,9	4,479	9	0,9425	10,631	-	-

W obliczeniach lepkości nie uwzględniano punktów 1,2,12 i 13.

Doświadczenie 2.

Cylinder SI. Powierzchnie cylindrów reometru zwilżalne /po myciu wapnem hydr./

$$s = 1,0204; 1-s^{-2} = 0,03958463 \quad C = 50,50556$$

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	μ_1	μ_2
1			6	7,8	4,423	9	0,9425	10,767	-	-
2			7	12,7	7,201	15	1,5708	11,021	-	-
3	I	0,567	8	21,8	12,361	27	2,8274	11,557	86,56	86,53
4			9	35,2	19,958	45	4,7124	11,929	83,86	83,83
5			10	63,95	36,260	81	8,4823	11,819	84,64	84,61
6			11	11,0	61,820	135	14,1372	11,554	86,58	86,55
7	II	5,62	12	19,0	106,780	243	25,4469	12,041	83,08	83,05
8			11	11,0	61,820	135	14,1372	11,554	86,58	86,55
9			10	63,75	36,146	81	8,4823	11,856	84,37	84,35
10			9	35,3	20,015	45	4,7124	11,896	84,10	84,06
11	I	0,567	8	21,6	12,247	27	2,8274	11,664	85,76	85,73
12			7	12,6	7,144	15	1,5708	11,109	-	-
13			6	7,8	4,423	9	0,9425	10,767	-	-

W obliczeniach lepkości nie uwzględniano punktów 1,2,12 i 13.

Doświadczenie 3.

Cylinder SI. Powierzchnie cylindrów reometru pokryte smarem silikonowym. $s = 1,0204$

$$1-s^{-2} = 0,03958463 \quad C = 50,50556$$

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	μ_1	μ_2
1			6	7,9	4,479	9	0,9425	10,631	-	-
2			7	13,0	7,371	15	1,5708	10,767	-	-
3	I	0,567	8	22,3	12,644	27	2,8274	11,298	88,54	88,51
4			9	36,7	20,809	45	4,7124	11,442	87,43	87,40
5			10	67,1	38,046	81	8,4823	11,264	88,81	88,78
6			11	11,8	66,316	135	14,1372	10,771	92,88	92,84
7	II	5,62	12	20,2	113,524	243	25,4469	11,325	88,33	88,30
8			11	11,8	66,316	135	14,1372	10,771	92,88	92,84
9			10	67,7	38,386	81	8,4823	11,165	89,60	89,57
10			9	37,6	21,319	45	4,7124	11,168	89,57	89,54
11	I	0,567	8	23,0	13,041	27	2,8274	10,954	91,32	91,29
12			7	13,45	7,626	15	1,5708	10,407	-	-
13			6	8,2	4,649	9	0,9425	10,242	-	-

W obliczeniach lepkości nie uwzględniano punktów 1,2,12 i 13.

Doświadczenie 4.

Cylinder Sl. Na powierzchni obydwu cylindrów cienka warstwa smaru silikonowego
 $s = 1,0204 \text{ l-s}^{-2} = 0,03958463$ $C = 50,50556$

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	ϕ	μ_1	μ_2
1			6	7,9	4,479	9	0,9425	10,631	-	-
2			7	12,95	7,343	15	1,5708	10,809	-	-
3	I	0,567	8	22,2	12,587	27	2,8274	11,349	88,14	88,11
4			9	36,0	20,412	45	4,7124	11,664	85,76	85,73
5			10	65,65	37,224	81	8,4823	11,513	86,89	86,86
6			11	11,2	62,944	135	14,1372	11,348	88,16	88,12
7	II	5,62	12	19,6	110,152	243	25,4469	11,672	85,71	85,68
8			11	11,2	62,944	135	14,1372	11,348	88,16	88,12
9			10	65,35	37,053	81	8,4823	11,566	86,49	86,46
10			9	36,1	20,469	45	4,7124	11,632	86,00	85,97
11	I	0,567	8	22,2	12,587	27	2,8274	11,349	88,14	88,11
12			7	12,5	7,343	15	1,5708	10,809	-	-
13			6	7,8	4,423	9	0,9425	10,767	-	-

W obliczeniach lepkości nie uwzględniano punktów 1,2, 12 i 13.

Doświadczenie 5

Cylinder Sl. Powierzchnie cylindrów zwilżalne $s = 1,0204$ $1-s^{-2} = 0,03958463$
 $C = 50,50556$.

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	ϕ	μ_1	μ_2
1			6	7,8	4,423	9	0,9425	10,767		
2			7	12,5	7,088	15	1,5708	11,198		
3	I	0,567	8	21,8	12,361	27	2,8274	11,557	86,56	86,53
4			9	35,3	20,015	45	4,7124	11,896	84,10	84,06
5			10	64,0	36,288	81	8,4823	11,810	84,71	84,67
6			11	11,1	62,382	135	14,1372	11,450	87,37	87,34
7	II	5,62	12	19,1	107,342	243	25,4469	11,978	83,52	83,49
8			11	11,1	62,382	135	14,1372	11,450	87,37	87,34
9			10	64,0	36,288	81	8,4823	11,810	84,71	84,67
10			9	35,2	19,958	45	4,7124	11,929	83,86	83,83
11	I	0,567	8	21,9	12,417	27	2,8274	11,505	86,95	86,92
12			7	12,5	7,088	15	1,5708	11,198		
13			6	7,9	4,479	9	0,9425	10,631		

W obliczeniach lepkości nie uwzględniono punktów 1,2, 12 i 13.

Doświadczenie 6.

Cylinder S2. Powierzchnie cylindrów zwilżalne $s = 1,0638$ $1-s^{-2} = 0,1163505$
C = 17,182132

	ZN	Z	Γ "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	μ_1	μ_2
1			8	7,2	4,270	27	2,8274	11,383	-	-
2			9	11,9	7,057	45	4,7124	11,479	-	-
3			10	21,2	12,572	81	8,4823	11,598	86,26	86,22
4	I	0,593	11	34,3	20,340	135	14,1372	11,947	83,74	83,70
5			12	61,9	36,707	243	25,4469	11,917	83,95	83,91
6			11	34,4	20,399	135	14,1372	11,913	83,98	83,94
7			10	21,2	12,572	81	8,4823	11,598	86,26	86,22
8			9	12,0	7,116	45	4,7124	11,383	-	-
9			8	7,2	4,270	27	2,8274	11,383	-	-

W obliczeniach lepkości nie uwzględniano punktów 1,2, 8 i 9.

Doświadczenie 7.

Cylinder S2. Powierzchnie cylindrów zwilżalne $s = 1,0638$ $1-s^{-2} = 0,1163505$
C = 17,182132

	ZN	Z	Γ "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	μ_1	μ_2
1			8	7,5	4,448	27	2,8274	10,928	-	-
2			9	11,9	7,057	45	4,7124	11,479	-	-
3			10	21,2	12,572	81	8,4823	11,598	86,26	86,22
4			11	34,2	20,281	135	14,1372	11,982	83,49	83,46
5	I	0,593	12	62,2	36,885	243	25,4469	11,859	84,36	84,32
6			11	34,4	20,399	135	14,1372	11,913	83,98	83,94
7			10	21,2	12,572	81	8,4823	11,598	86,26	86,22
8			9	12,2	7,235	45	4,7124	11,197	-	-
9			8	7,35	4,359	27	2,8274	11,151	-	-

W obliczeniach lepkości nie uwzględniano punktów 1,2, 8 i 9.

Obliczono współczynniki B wielomianów stopnia pierwszego, drugiego i trzeciego aproksymujących metodą najmniejszych kwadratów zależność szybkości kątowej cylindra wewnętrznego od naprężenia stycznego przy ścianie. Obliczono także wartości członów wielomianów różnych stopni odpowiadające najmniejszemu i największemu stosowanemu naprężeniom stycznym τ_{w_1} i τ_{w_2} . Przykładowo zostaną podane wyniki tych obliczeń dla doświadczenia 2:

Stopień wielomianu	Współczynniki wielomianu		Wartości członów wielomianu rad s ⁻¹		
	oznaczenie i miano	wartość	$\tau_{w_1}=12,247 \text{ Nm}^{-2}$	$\tau_{w_2}=106,78 \text{ Nm}^{-2}$	
I	B ₀ s ⁻¹	-0,1173	-0,12	-0,12	
	B ₁ m s kg ⁻¹	0,2363	2,89	25,23	
II	B ₀ s ⁻¹	0,2706	0,27	0,27	
	B ₁ m s kg ⁻¹	0,2152	2,64	22,98	
	B ₂ m ² s ³ kg ⁻²	0,0002	0,03	2,28	
III	B ₀ s ⁻¹	-0,4449	-0,44	-0,44	
	B ₁ m s kg ⁻¹	0,2790	3,42	29,79	
	B ₂ m ² s ³ kg ⁻²	-0,0012	-0,18	-13,68	
	B ₃ m ³ s ⁵ kg ⁻³	0,0000	0,00	0,00	

Rozważania analogiczne, jak przeprowadzone uprzednio dla roztworu poliwinylpirolidonu /rozdz.10.10.7/ wskazują, że zależność Ω od τ_w jest funkcją liniową przechodzącą przez początek układu współrzędnych.

10.10.9. Badanie wpływu stanu powierzchni i wysokości szczeliny na przepływ 0,2 % wodnego roztworu soli sodowej karboksymetylocelulozy
 W obliczeniach stosowano wartość $\rho = 0,9982$.

Doświadczenie 1. Powierzchnie szczeliny pokryte smarem silikonowym $h = 0,041$ $\rho_0 = 0,9983$

	M	Cz	m	Δp_1	Δp_2	Δp_0	t	t^x	t_t	t_0	Q	τ_w	$\frac{Q}{4b h^2}$	γ
1	1262,9	106,0	11,91	37,30	37,15	37,22	20,10	19,95	20,02	16,2	11,93	99,71	591,49	1909,21
2	497,5	42,2	11,79	37,05	37,05	37,05					11,81	99,25	585,53	1889,98
3	501,0	42,8	11,71	37,05	37,05	37,05					11,73	99,25	581,55	1877,13
4	497,0	42,6	11,67	37,05	37,00	37,02	20,03	20,05	20,02	16,8	11,69	99,17	579,57	1870,74
5	494,5	25,9	19,09	56,40	56,40	56,40	19,90	20,00	20,03	17,0	19,12	151,08	948,07	3060,18
6	515,3	26,9	19,16	56,40	56,40	56,40					19,19	151,08	951,54	3071,39
7	482,1	25,2	19,13	56,40	56,35	56,37					19,16	151,00	950,05	3066,58
8	502,5	26,35	19,07	56,35	56,40	56,37	19,91	20,02	20,02	17,15	19,10	151,00	947,07	3056,96
9	489,4	136,4	3,59	14,10	14,35	14,22	20,20 19,95	20,02	20,02	17,45	3,60	38,09	178,29	575,49
10	496,3	143,2	3,47	14,55	14,70	14,62	19,91 20,08	19,92	20,02	17,35	3,48	39,16	172,33	556,25
11	482,6	62,2	7,76	27,20	27,50	27,35	20,04		20,00	16,9	7,77	73,27	385,39	1243,96
12	511,6	66,4	7,70	27,50	27,10	27,30					7,71	73,13	382,41	1234,34
13	508,9	65,6	7,76	27,10	27,50	27,30					7,77	73,13	385,39	1243,96
14	504,8	65,1	7,75	27,50	27,60	27,55	20,00	20,00	20,03	17,3	7,76	73,80	384,89	1242,35
15	520,2	41,1	12,66	41,35	41,35	41,35	19,90		20,00	17,1	12,68	110,77	628,73	2029,42
16	505,0	39,9	12,66	41,35	41,45	41,40					12,68	110,90	628,73	2029,42
17	519,0	40,95	12,67	41,45	41,30	41,37					12,69	110,82	629,23	2031,03
18	496,8	39,3	12,64	41,30	41,30	41,30	19,90	19,92	20,02	17,5	12,66	110,63	627,74	2026,22
19	489,8	35,9	13,64	44,05	44,15	44,10	19,90		20,05	17,2	13,66	118,14	677,40	2186,51
20	500,8	33,15	15,11	47,80	47,70	47,75					15,14	127,91	750,41	2422,18
21	481,2	32,1	14,99	47,70	47,80	47,75					15,02	127,91	744,45	2402,94
22	496,8	33,0	15,05	47,80	47,75	47,77	19,85	19,92	20,05	17,15	15,08	127,91	747,43	2412,56

$$\frac{d \ln \frac{Q}{4b h^2}}{d \ln \tau_w} = 1,22780$$

Doświadczenie 2. Powierzchnie zwilżalne $h = 0,041$ $e_0 = 0,9987$

	M	Cs	n	Δp_1	Δp_2	Δp_0	t	t^x	t_t	t_0	Q	τ_w	$\frac{Q}{4b h^2}$	γ
1	519,0	27,5	18,87	56,75	56,70	56,72	19,93	19,87	20,05	17,3	18,90	151,93	937,14	3044,21
2	530,2	28,3	18,73	56,70	56,50	56,60	20,20 19,95	19,9	20,05	17,3	18,76	151,61	930,19	3021,63
3	529,6	28,2	18,78	56,50	56,50	56,50					18,81	151,34	932,67	3029,69
4	531,0	28,5	18,63	56,50	56,45	56,47	19,90	19,85	20,05	17,3	18,66	151,26	925,22	3005,48
5	528,1	45,65	11,57	38,40	38,30	38,35	20,10	20,00	20,08	17,3	11,59	102,72	574,60	1866,53
6	526,7	45,3	11,63	38,30	38,55	38,42					11,65	102,91	577,58	1876,21
7	504,8	43,7	11,95	38,55	38,40	38,47					11,57	103,04	573,61	1863,31
8	525,4	45,1	11,65	38,40	38,65	38,52	20,02	20,08	20,08	17,45	11,67	103,18	578,57	1879,43
9	510,9	133,2	3,84	16,20	15,90	16,05	20,1	20,00	20,06	17,6	3,85	42,99	190,71	619,50
10	523,9	135,9	3,86	15,95	15,80	15,87					3,87	42,51	191,70	622,72
11	506,8	131,1	3,87	15,80	16,00	15,90					3,88	42,59	192,20	624,34
12	493,8	128,35	3,85	15,90	15,90	15,90	20,1	19,98	20,1	17,45	3,86	42,59	191,20	621,09
13	487,6	31,95	15,26	48,15	48,05	48,10	20,02	20,00	20,08	17,5	15,29	128,84	757,86	2451,83
14	523,9	34,45	15,21	48,05	47,95	48,00					15,24	128,57	755,38	2453,78
15	516,9	34,2	15,11	47,95	47,90	47,92					15,14	128,36	750,41	2437,63
16	524,1	34,5	15,19	47,90	47,90	47,90	19,95		20,1	17,55	15,22	128,30	754,38	2450,53
17	498,8	72,0	6,93	25,65	25,65	25,65	20,1	19,92	20,08	17,45	6,94	68,70	344,17	1118,00
18	518,0	74,7	6,93	25,25	25,65	25,45					6,94	68,17	344,17	1118,00
19	507,9	73,7	6,89	25,65	25,40	25,52					6,90	68,36	342,18	1111,54
20	499,9	73,2	6,83	25,40	25,40	25,40	20,05	20,00	20,08	17,55	6,84	68,03	339,20	1101,86

$$\frac{d \ln \frac{Q}{4b h^2}}{d \ln \tau_w} = 1,2484$$

Doświadczenie 3. Powierzchnie szczeliny po doświadczeniu 2 /bez rozkręcania/ $h = 0,041$ $\rho_0 = 0,9985$

	M	Cz	m	ΔP_1	ΔP_2	ΔP_0	t	t^x	t_b	t_0	q	τ_w	$\frac{q}{4b h^2}$	γ
1	549,6	28,0	19,63	58,05	58,05	58,05	20,09		20,08	17,8	19,67	155,46	974,89	3161,47
2	495,2	25,4	19,50	58,05	58,05	58,05					19,54	155,46	968,43	3140,52
3	507,7	26,0	19,53	58,05	58,05	58,05					19,57	155,46	969,92	3145,35
4	563,4	28,9	19,49	58,05	58,05	58,05	20,10	20,01	20,08	18,2	19,53	155,46	967,93	3138,90
5	523,3	36,7	14,26	42,20	45,15	45,17	20,10		20,08	18,3	14,29	120,97	708,20	2296,62
6	514,1	36,2	14,20	45,15	45,20	45,17					14,23	120,97	705,22	2286,96
7	530,1	37,5	14,14	45,20	45,10	45,15					14,17	120,91	702,24	2277,29
8	541,4	38,4	14,10	44,90	44,90	44,90	20,10	20,05	20,08	18,5	14,13	120,24	700,25	2270,84
9	513,0	165,6	3,10	13,15	13,20	13,17	20,15		20,08	18,55	3,11	35,27	153,96	499,28
10	503,2	161,5	3,12	13,30	13,25	13,27					3,13	35,54	154,95	502,49
11	497,6	160,6	3,10	13,25	13,20	13,27					3,11	35,54	153,96	499,28
12	510,2	163,9	3,11	13,20	13,20	13,20	20,00	19,98	20,08	18,7	3,12	35,35	154,45	500,87
13	526,5	73,5	7,16	26,20	26,30	26,25	20,05		20,05	18,9	7,17	70,30	355,59	1153,14
14	546,8	76,5	7,15	26,30	26,30	26,30					7,16	70,43	355,09	1151,52
15	503,1	71,0	7,09	26,30	26,20	26,25					7,10	70,30	352,11	1141,86
16	518,0	72,1	7,18	26,20	26,40	26,30					7,19	70,43	356,58	1156,35
17	502,0	50,25	9,99	34,20	34,05	34,12	20,09	20,00	20,08	18,8	10,01	91,37	496,13	1608,90
18	514,9	52,1	9,88	34,05	34,15	34,10					9,90	91,32	490,67	1591,19
19	527,0	52,8	9,98	34,60	34,50	34,55					10,00	92,53	495,64	1607,31
20	557,8	55,2	10,11	34,50	34,40	34,45	20,00	20,00	20,08	19,05	10,13	92,26	502,09	1628,23

$$\frac{d \ln \frac{q}{4b h^2}}{d \ln \tau_w} = 1,2429$$

Doświadczenie 4. Powierzchnie szczeliny po doświadczeniu 3. $h = 0,0465$ $e_0 = 0,9934$

	M	Cz.	m	ΔP_1	ΔP_2	ΔP_0	t	t^x	t_t	t_0	q	τ_w	$\frac{q}{4b h^2}$	γ
1	1259,2	51,1	24,64	51,70	51,50	51,60	20,09		19,95	19,50	24,68	156,71	951,34	3037,00
2	1255,0	50,8	24,70	51,50	51,55	51,52					24,74	156,46	953,66	3034,53
3	1274,8	51,6	24,71	51,55	51,55	51,55					24,75	156,55	954,04	3035,76
4	1246,0	50,5	24,67	51,55	51,60	51,57	20,08	20,10	20,00	19,25	24,71	156,62	952,50	3030,77
5	533,4	29,8	17,90	40,25	40,25	40,25	20,20 20,20		20,0	19,20	17,93	122,24	691,11	2242,53
6	486,1	27,2	17,87	40,25	40,30	40,27					17,90	122,30	689,95	2238,32
7	536,8	30,15	17,80	40,00	39,95	39,97					17,83	121,39	687,25	2230,06
8	510,8	28,7	17,80	39,95	39,95	39,95	20,00	20,00	19,95	19,20	17,83	121,33	687,25	2230,06
9	565,4	118,1	4,79	13,85	13,75	13,80	20,00		19,95	19,10	4,80	41,91	184,94	600,11
10	549,2	115,9	4,74	13,75	13,70	13,72					4,75	41,67	183,01	593,85
11	533,3	113,0	4,72	13,70	13,70	13,70					4,73	41,61	182,24	591,35
12	509,7	108,3	4,71	13,65	13,55	13,60	20,00	19,90	20,00	19,2	4,72	41,30	181,35	590,09
13	562,8	42,7	13,18	31,60	31,60	31,60	20,10		19,99	19,3	13,20	95,97	503,87	1551,23
14	545,4	41,2	13,24	31,60	31,65	31,62					13,26	96,03	511,19	1653,76
15	548,1	41,5	13,21	31,65	31,60	31,62					13,23	96,03	510,03	1653,00
16	537,7	40,9	13,15	31,60	31,60	31,60	20,05	20,00	20,00	19,2	13,17	95,97	507,72	1647,50
17	551,8	54,8	10,07	25,40	25,30	25,35	20,05		20,00	19,1	10,09	76,99	388,30	1261,62
18	548,0	54,4	10,07	25,30	25,40	25,35					10,09	76,99	388,30	1261,62
19	532,8	52,8	10,09	25,40	25,40	25,40					10,11	77,14	389,57	1264,12
20	541,5	53,8	10,07	25,40	25,40	25,40	20,00	20,00	19,98	19,2	10,09	77,14	388,30	1261,62
21	552,8	77,3	7,15	19,30	19,30	19,30	20,10		19,98	19,15	7,16	58,61	276,06	895,79
22	525,8	73,6	7,14	19,30	19,30	19,30					7,15	58,61	275,67	894,52
23	532,7	74,2	7,18	19,30	19,35	19,32					7,19	58,67	277,22	899,55
24	565,3	78,9	7,16	19,35	19,25	19,30	20,15	20,02	20,02	19,2	7,17	58,61	276,44	897,02

$$\frac{d \ln \frac{q}{4b h^2}}{d \ln \tau_w} = 1,2449$$

Doświadczenie 5. Powierzchnie szczeliny zwilżalne, po doświadczeniach poprzednich $h = 0,041$ $q_0 = 0,9985$

	M	Cz	m	Δp_1	Δp_2	Δp_0	t	t^x	t_t	t_0	Q	τ_w	$\frac{Q}{4b h^2}$	γ
1	1184,1	60,7	19,51	59,55	59,50	59,52	20,05		20,00	18,05	19,55	159,39	968,93	3129,45
2	1292,5	66,3	19,49	59,55	59,45	59,50					19,53	159,34	967,93	3125,22
3	1312,2	67,3	19,50	59,45	59,55	59,50					19,54	159,34	968,43	3127,84
4	1333,8	68,6	19,44	59,55	59,50	59,52	19,90	19,90	20,00	18,2	19,48	159,39	965,45	3118,21
5	1231,1	93,1	13,22	43,90	43,95	43,92	19,90		20,00	18,2	13,24	117,62	656,55	2120,53
6	1264,4	95,7	13,21	43,95	43,85	43,90	19,85 20,00		20,00	18,4	13,23	117,56	656,05	2118,91
7	1284,8	97,3	13,20	43,85	43,75	43,80					13,22	117,30	655,55	2117,30
8	1139,0	86,5	13,17	43,75	43,65	43,70	20,00	19,95	20,00	18,4	13,19	117,03	654,06	2112,48
9	516,0	156,7	3,29	14,15	14,00	14,07	20,05		20,05	18,65	3,30	37,68	163,39	527,72
10	535,0	163,8	3,27	14,00	13,90	13,95	20,1		20,03	18,85	3,28	37,36	162,40	524,52
11	521,8	161,0	3,24	13,90	13,85	13,87					3,25	37,14	160,91	519,71
12	520,4	161,5	3,22	13,85	13,80	13,82	20,15		20,02	18,8	3,23	37,01	159,92	516,51
13	543,6	68,3	7,96	29,25	29,15	29,20	20,12	19,98	20,02	18,7	7,97	78,20	395,32	1276,80
14	528,9	66,4	7,97	29,20	29,15	29,17	20,02		20,00	18,9	7,98	78,12	395,81	1278,39
15	544,0	68,7	7,92	29,10	29,00	29,05	20,05	20,00	20,00	18,95	7,93	77,80	393,33	1270,38
16	544,5	69,1	7,88	29,00	28,95	28,97	20,02		20,00	18,95	7,89	77,58	391,34	1263,95
17	574,2	53,7	10,69	37,05	36,50	36,97					10,71	99,01	530,90	1714,70
18	558,0	52,3	10,67	36,90	36,90	36,90	20,05		20,00	19,2	10,69	98,82	529,90	1711,47
19	536,1	50,5	10,62	36,90	36,75	36,82					10,64	98,60	527,42	1703,45
20	557,6	52,4	10,64	36,70	36,70	36,70	20,03	20,00	20,03	19,05	10,66	98,28	528,41	1705,55

$$\frac{d \ln \frac{Q}{4b h^2}}{d \ln \tau_w} = 1,2298$$

Doświadczenie 6. Powierzchnie szczeliny pokryte smarem silikonowym $h = 0,041$ $q_0 = 0,9984$

	M	Cs	m	Δp_1	Δp_2	Δp_0	t	t^x	t_t	t_0	q	τ_w	$\frac{q}{4b h^2}$	γ
1	1256,8	118,0	10,65	37,80	37,90	37,85	20,05		19,95	19,25	10,67	101,35	528,91	1709,10
2	1227,0	115,3	10,64	37,90	37,65	37,77	20,15	20,00	19,98	19,1	10,66	101,14	528,41	1707,49
3	533,0	50,5	10,55	37,60	37,45	37,52					10,57	100,47	523,95	1693,05
4	519,0	49,3	10,53	37,45	37,40	37,42	20,05	19,95	20,00	19,15	10,55	100,20	522,95	1689,84
5	524,1	166,7	3,14	13,85	13,80	13,82	20,00		19,95	19,2	3,15	37,01	155,94	503,90
6	531,1	169,7	3,13	13,80	13,80	13,80					3,14	36,95	155,45	502,30
7	519,6	166,8	3,12	13,80	13,70	13,75					3,13	36,82	154,95	500,69
8	497,1	159,9	3,11	13,70	13,65	13,67	20,09	20,00	20,00	19,25	3,12	36,60	154,45	499,09
9	1298,3	67,5	19,23	59,90	60,05	59,97	20,00		20,00	19,1	19,26	160,58	955,02	3086,01
10	1263,8	65,6	19,27	60,05	60,00	60,02	20,10		20,00	19,4	19,30	160,72	957,01	3092,43
11	1270,9	66,0	19,26	60,00	60,00	60,00					19,29	160,66	956,51	3090,82
12	1276,9	66,3	19,26	60,00	60,00	60,00	20,02	20,05	20,00	19,4	19,29	160,66	956,51	3090,82
13	552,9	70,3	7,86	29,30	29,35	29,32	20,08		20,00	19,4	7,87	78,51	390,35	1261,36
14	536,3	68,5	7,83	29,35	29,30	29,32	20,15	20,05	20,00	19,5	7,84	78,51	388,86	1256,55
15	532,7	68,0	7,83	29,25	29,25	29,25					7,84	78,32	388,86	1256,55
16	521,3	66,7	7,82	29,25	29,30	29,27	20,05	20,02	20,00	19,5	7,83	78,38	388,37	1254,94
17	1188,2	86,5	13,74	45,95	46,00	45,97	20,05		20,00	19,55	13,76	123,10	682,37	2204,98
18	1155,0	84,3	13,70	46,00	45,95	45,97					13,72	123,10	680,38	2198,56
19	1220,1	89,1	13,69	46,00	46,00	46,00					13,71	123,18	679,89	2196,95
20	1216,8	88,9	13,69	46,00	45,95	45,97	19,95	20,00	20,00	19,55	13,71	123,10	679,89	2196,95

$$\frac{d \ln \frac{q}{4b h^2}}{d \ln \tau_w} = 1,23135$$

Doświadczenie 7. Powierzchnie szczeliny zwilżalne $h = 0,041$ $\varrho_0 = 0,9984$

	M	Cs	m	Δp_1	Δp_2	Δp_0	t	t^x	t_t	t_0	q	τ_w	$\frac{q}{4b h^2}$	γ
1	1281,9	64,3	19,94	59,50	59,50	59,50	20,02		20,00	18,9	19,98	159,33	990,28	3201,47
2	1284,2	64,5	19,91	59,50	59,50	59,50	20,10		20,00	19,1	19,95	159,33	988,79	3196,65
3	1315,8	66,2	19,88	59,50	59,55	59,52					19,92	159,38	987,30	3191,84
4	1325,5	66,7	19,87	59,55	59,50	59,52	20,10	20,00	19,95	19,2	19,91	159,38	986,81	3190,23
5	485,9	135,4	3,59	14,90	14,82	14,86	20,05		20,00	19,2	3,60	39,79	178,29	576,39
6	523,3	146,1	3,58	14,82	14,85	14,83	20,00		20,00	19,2	3,59	39,71	177,79	574,79
7	520,8	145,1	3,59	14,80	14,85	14,82					3,60	39,68	178,29	576,39
8	503,1	140,3	3,59	14,85	14,85	14,85	20,05	20,00	19,95	19,2	3,60	39,76	178,29	576,39
9	527,7	46,5	11,35	38,25	38,20	38,22	20,06		20,00	19,4	11,37	102,34	563,68	1822,30
10	1289,4	113,8	11,33	38,20	38,15	38,17	20,00		20,02	19,35	11,35	102,21	562,68	1819,09
11	1286,9	113,6	11,33	38,15	38,20	38,17					11,35	102,21	562,68	1819,09
12	1243,3	109,8	11,32	38,20	38,20	38,20	20,00	20,00	20,00	19,4	11,34	102,29	562,19	1817,48
13	537,9	80,0	6,72	25,50	24,95	24,97	20,01		20,00	19,5	6,73	66,86	333,74	1078,93
14	538,1	80,4	6,69	24,95	24,95	24,95	20,08		20,00	19,5	6,70	66,81	332,25	1074,11
15	527,8	78,9	6,69	25,00	25,00	25,00					6,70	66,94	332,25	1074,11
16	517,0	77,1	6,71	25,00	24,95	24,97	20,06	20,06	20,05	19,55	6,72	66,86	333,24	1077,33
17	1251,3	77,0	16,25	50,90	50,85	50,87	20,02		20,00	19,52	16,28	136,22	807,02	2609,02
18	1232,3	75,8	16,26	50,85	50,85	50,85	20,1		20,00	19,6	16,29	136,16	807,52	2610,63
19	1266,7	78,1	16,22	50,85	50,85	50,85					16,25	136,16	805,53	2604,21
20	1233,6	76,1	16,23	50,85	50,90	50,87	20,07	19,98	20,00	19,62	16,26	136,22	806,03	2605,81

$$\frac{d \ln \frac{q}{4b h^2}}{d \ln \tau_w} = 1,23289$$

Doświadczenie 8. Powierzchnie szczeliny zwilżalne, po poprzednim doświadczeniu $h = 0,063$ $\epsilon_0 = 0,9932$

	M	Cz	m	ΔP_1	ΔP_2	ΔP_0	t	t^x	t_t	t_0	Q	τ_w	$\frac{Q}{4b h^2}$?
1	1283,8	33,7	38,09	33,30	33,65	33,72	20,05	20,00	20,02	19,8	38,16	138,72	801,18	2592,75
2	1290,6	33,8	38,18	33,90	33,85	33,87	20,10	20,00	20,05	19,8	38,25	139,33	803,07	2604,83
3	1337,4	35,1	38,10	33,95	34,00	33,97					38,17	139,74	801,39	2599,44
4	1318,0	34,7	37,98	34,00	33,95	33,97	19,95	19,95	20,04	19,8	38,05	139,74	798,87	2591,25
5	1186,3	106,8	11,11	12,60	12,65	12,62	20,00		20,08	19,7	11,13	51,92	233,69	758,00
6	1245,6	112,3	11,09	12,65	12,60	12,62	20,00		20,05	19,8	11,11	51,92	233,27	756,63
7	1239,0	111,6	11,10	12,60	12,55	12,57					11,12	51,71	233,48	757,32
8	1336,5	120,6	11,08	12,55	12,55	12,55	19,95	20,00	20,05	19,9	11,10	51,63	233,06	755,95
9	1321,7	61,3	21,56	21,70	21,65	21,67	20,00		20,05	20,02	21,60	89,14	453,49	1470,97
10	1223,3	56,8	21,54	21,65	21,60	21,62	20,05		20,05	20,0	21,58	88,94	453,07	1469,60
11	1255,9	58,4	21,51	21,60	21,55	21,57					21,55	88,73	452,44	1467,56
12	1267,9	58,7	21,60	21,55	21,70	21,62	20,08	19,95	20,06	19,95	21,64	88,94	454,33	1473,70
13	1362,2	46,3	29,42	27,75	27,80	27,77	20,00		20,08	19,95	29,47	114,24	618,82	2007,23
14	1325,0	45,0	29,44	27,80	27,80	27,80	20,00		20,05	20,10	29,49	114,36	619,24	2008,59
15	1275,0	43,4	29,38	27,75	27,80	27,77					29,43	114,24	617,98	2004,50
16	1338,0	45,5	29,41	27,80	27,80	27,80	20,20 20,00	20,00	20,10	20,05	29,46	114,36	618,61	2006,55
17	1270,5	73,7	17,24	18,05	18,05	18,05	20,00		20,10	20,02	17,27	74,25	362,62	1176,23
18	1198,2	69,6	17,22	18,05	18,10	18,07	20,00		20,10	20,12	17,25	74,34	362,20	1174,86
19	1214,0	70,3	17,27	18,10	18,10	18,10					17,30	74,46	363,26	1178,27
20	1232,0	71,4	17,25	18,10	18,05	18,07	20,00	20,00	20,10	20,20	17,28	74,34	362,84	1176,91

$$\frac{d \ln \frac{Q}{4b h^2}}{d \ln \tau_w} = 1,24365$$

10.10.10. Badanie wpływu stanu powierzchni cylindrów w reometrze rotacyjnym na ścinanie dwuprocentowego roztworu wodnego soli sodowej karboksymetylocelulozy.

Seria 1. Roztwór otrzymany poprzedniego dnia. Wskazania galwanometru odczytywano po ich pozornym ustaleniu się.

Doświadczenie 1.

Cylinder S2. Przed doświadczeniem obydwa cylindry reometru moczone przez 1 godz. w terpentynie, następnie je lekko wytarto.

$s = 1,0638$

	ZN	Z	P "g"	G	τ_w	H	Ω	Φ	G^z	γ
1			4	22,2	13,165	3	0,3142	0,4102		5,6663
2			5	29,1	17,256	5	0,5236	0,5216		9,4438
3			6	41,2	24,432	9	0,9425	0,6631		16,999
4	I	0,593	7	53,6	31,785	15	1,5708	0,8495	56,5; 55,5; 54,8; 54,1; 53,6	28,332
5			8	74,0	43,882	27	2,8274	1,1076	75,0 ; 74,0	50,997
6			9	99,5	59,004	45	4,7124	1,3729	99,5; 99,2; 99,5	84,995
7			10	14,2	84,206	81	8,4823	1,7315	14,4; 14,3; 14,2	152,99
8			11	18,5	109,705	135	14,1372	2,2151	18,8; 18,5	254,98
9	II	5,93	12	24,8	147,064	243	25,4469	2,9743	24,9; 24,8	458,97 456,30
10			11	18,2	107,926	135	14,1372	2,2516		253,50
11			10	13,8	81,834	81	8,4823	1,7817		152,10
12			9	92,5	54,853	45	4,7124	1,4767		84,500
13			8	68,8	40,798	27	2,8274	1,1913		50,700
14	I	0,593	7	48,5	28,761	15	1,5708	0,9388		28,167
15			6	36,2	21,467	9	0,9425	0,7547		16,900
16			5	25,9	15,359	5	0,5236	0,5860		9,3889
17			4	19,5	11,564	3	0,3142	0,4670	19,0; 19,5	5,6333

Pochodne $\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w}$ krzywa wstępująca 1,80074
krzywa zstępująca 1,70288

Pochodne $\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w}$ krzywa wstępująca 0,80074
krzywa zstępująca 0,70288

Doświadczenie 2.

Cylinder S1. Cylinder wewnętrzny moczone przed doświadczeniem przez 1 godz. w terpentynie.

$$s = 1,0204$$

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	G^x	γ
1	I	0,567	4	39,4	22,340	3	0,3142	0,7105	72,5; 72,0; 70,8	16,147
2			5	51,8	29,371	5	0,5236	0,9007		26,912
3			6	70,8	40,144	9	0,9425	1,1862		48,441
4			7	94,2	53,411	15	1,5708	1,4859		80,735
5	II	5,62	8	13,9	78,118	27	2,8274	1,8287		145,32
6			9	17,9	100,598	45	4,7124	2,3668		242,20
7			10	24,0	134,380	81	8,4823	3,1774		435,97
8			11	31,0	174,220	135	14,1372	4,0998		726,61
9			12	41,0	230,420	243	25,4469	5,5798		1307,90
10			11	29,9	168,038	135	14,1372	4,2507		1303,86
11			10	23,0	129,260	81	8,4823	3,3155		724,36
12			9	16,6	93,292	45	4,7124	2,5521		434,62
13	8	12,6	70,812	27	2,8274	2,0174	241,45			
14	I	0,567	7	83,0	47,061	15	1,5708	1,6864		144,87
15			6	61,6	34,927	9	0,9425	1,3634		80,485
16			5	43,0	24,381	5	0,5236	1,0851		48,291
17			4	31,3	17,747	3	0,3142	0,8944		26,828
										16,097

Pochodne $\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w}$ krzywa wstępująca 1,85616
 krzywa zstępująca 1,70093

Pochodne $\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w}$ krzywa wstępująca 0,85616
 krzywa zstępująca 0,70093

Doświadczenie 3.

Cylinder S1. Cylindry przed doświadczeniem wmyto wapnem hydratyzowanym, wypłukano, zewnątrz wysuszone, wewnętrzny szybko wytarto i włożono do cieczy.

$$s = 1,0204$$

	ZN	Z	$\frac{P}{s}$	G	τ_w	N	Ω	Φ	G^*	γ
1	I	0,567	4	39,0	22,113	3	0,3142	0,7178	40,0; 39,5; 39,2; 38,9; 39,0	16,152
2			5	52,0	29,484	5	0,5236	0,8973	52,1; 51,8; 52,0	26,920
3			6	70,8	40,144	9	0,9425	1,1862	72,3; 71,8; 71,3; 70,8	48,456
4			7	93,9	53,241	15	1,5708	1,4906	94,2; 93,9	80,759
5	II	5,62	8	13,9	78,118	27	2,8274	1,8287		145,37
6			9	17,9	100,598	45	4,7124	2,3668		242,28
7			10	24,0	134,880	81	8,4823	3,1774	24,1; 24,0	436,10
8			11	30,08	169,050	135	14,1372	4,2252		726,83
9			12	40,0	224,800	243	25,4469	5,7193	41,5; 41,2; 40,0	1308,30
10			10	22,4	125,888	135	14,1372	5,6739		
11			11	29,0	162,980	81	8,4823	2,6296		
12			9	16,0	89,920	45	4,7124	2,6478		
13	8	12,0	67,440	27	2,8274	2,1183				
14	:	0,567	7	78,9	44,736	15	1,5708	1,7740		
15			6	58,1	32,943	9	0,9425	1,4455		
16			5	40,0	22,680	5	0,5236	1,1664		
17			4	29,8	16,897	3	0,3142	0,9394	29,2; 29,8	

Pochodne $\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w}$ krzywa wstępująca 1,87136
 krzywa zstępująca -

Pochodne $\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w}$ krzywa wstępująca 0,87136
 krzywa zstępująca -

Obliczeń dla krzywej zstępującej nie przeprowadzono / omyłka w kolejności nastawiania szybkości obrotów cylindra wewnętrznego reometru/.

Doświadczenie 4.

Cylinder S2. Cylinder wewnętrzny wymyto przed doświadczeniem wapnem hydratyzowanym, wypłukano i wysuszone

$$s = 1,0638$$

	ZN	Z	P "g"	G	τ_w	N	Ω	Φ	G ^x	γ
1			4	22,9	13,580	3	0,3142	0,3977	23,3; 23,0; 22,9	5,6706
2			5	30,1	17,849	5	0,5236	0,5042		9,4511
3	I	0,593	6	41,0	24,313	9	0,9425	0,6663	42,1; 41,0	17,012
4			7	54,6	32,378	15	1,5708	0,8339	55,9; 54,6	28,353
5			8	75,0	44,475	27	2,8274	1,0928	75,2; 75,0	51,036
6			9	98,9	58,648	45	4,7124	1,3812	100,0; 99,9; 99,2; 98,9	85,060
7			10	14,6	86,578	81	8,4823	1,6841		153,11
8			11	18,8	111,484	135	14,1372	2,1798	18,9; 18,8	255,18
9	II	5,93	12	24,8	147,064	243	25,4469	2,9743	25,0; 24,8	459,32
10			11	17,9	106,147	135	14,1372	2,2894		455,69
11			10	13,9	82,427	81	8,4823	1,7689		253,16
12			9	91,0	53,963	45	4,7124	1,5011		151,90
13			8	67,5	40,028	27	2,8274	1,2142		84,387
14	I	0,593	7	47,8	28,345	15	1,5708	0,9526		50,632
15			6	35,0	20,755	9	0,9425	0,7806	35,6; 35,0	28,129
16			5	24,9	14,766	5	0,5236	0,6095		16,877
17			4	19,0	11,267	3	0,3142	0,4793		9,3763

Pochodne $\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w}$ krzywa wstępująca 1,81356
 krzywa zstępująca 1,68041

Pochodne $\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w}$ krzywa wstępująca 0,81356
 krzywa zstępująca 0,68041

Cylinder S1. Przed doświadczeniem cylindry wymyto wapnem hydratyzowanym, wypłukano, zewnętrzny wysuszono, wewnętrzny szybko wytarto i zanurzono w oleczy. $s = 1,0204$

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	G^x	γ
1	I	0,567	4	39,0	22,113	3	0,3142	0,7178	40,0; 39,5; 39,0; 38,5; 39,0	16,152
2			5	51,8	29,371	5	0,5236	0,9007	52,2 ; 51,8	26,919
3			6	70,1	39,747	9	0,9425	1,1980	72,0; 71,5; 71,0; 70,1	48,455
4			7	93,2	52,844	15	1,5708	1,5018	94,5; 94,3; 93,2	80,758
5	II	5,62	8	13,9	78,118	27	2,8274	1,8287		145,36
6			9	17,9	100,598	45	4,7124	2,3668	18,1 ; 17,9	242,27
7			10	24,1	135,442	81	8,4823	3,1642		436,09
8			11	30,1	169,162	135	14,1372	4,2224	31,0 ; 30,1	726,82
9			12	39,5	221,990	243	25,4469	5,7917	41,1; 41,0; 40,1; 40,0; 39,5	1308,28 1305,84
10			11	28,9	162,418	135	14,1372	4,3978		725,47
11			10	21,1	118,582	81	8,4823	3,6141		435,28
12	I	0,567	9	16,2	91,044	45	4,7124	2,6151		241,82
13			8	12,0	67,440	27	2,8274	2,1183		145,09
14			7	78,0	44,226	15	1,5708	1,7945		80,607
15	II	5,62	6	57,7	32,716	9	0,9425	1,4555	57,0 ; 57,7	48,364
16			5	40,0	22,680	5	0,5236	1,1664		26,869
17	I	0,567	4	39,6	22,453	3	0,3142	0,7069		16,122
18			12	38,2	214,684	243	25,4469	5,9888		

Po 30 min. ścinania

19	II	5,62	12	30,0	168,600	243	25,4469	7,6257
----	----	------	----	------	---------	-----	---------	--------

Pochodne $\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w}$ krzywa wstępująca 1,87069
krzywa zstępująca 1,77707

Po dalszym 20 min. ścinania

20	II	5,62	12	29,2	164,104	243	25,4469	7,8346
----	----	------	----	------	---------	-----	---------	--------

Pochodne $\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w}$ krzywa wstępująca 0,37069
krzywa zstępująca 0,77707

Seria 2. Roztwór otrzymany cztery dni przed pomiarami. Wszystkie doświadczenia wykonano przy zastosowaniu cylindra S1. Po włączeniu przyrządu, pierwszego odczytu dokonywano po 5 min, następnym co 2 minuty.

Doświadczenie 1.

Przed doświadczeniem cylinder wewnętrzny był moczony przez dwie doby w terpentynie. Cylinder zewnętrzny był zwilżalny.

$$s \approx 1,0204$$

	ZN	Z	P n ₂ n	G	τ_w	N	Ω	Φ	G^x	γ
1			4	37,8	21,433	3	0,3142	0,7406		16,096
2	I	0,567	5	49,0	27,783	5	0,5236	0,9522		26,827
3			6	68,9	39,066	9	0,9425	1,2189		48,288
4			7	90,8	51,484	15	1,5708	1,5415		80,480
5			8	13,1	73,622	27	2,8274	1,9404		144,86
6			9	17,2	96,664	45	4,7124	2,4631		241,44
7			10	23,0	129,260	81	8,4823	3,3155		434,59
8			11	29,2	164,104	135	14,1372	4,3526		724,32
9	II	5,62	12	38,3	215,246	243	25,4469	5,9731	38,7 ± 38,3	1303,78
10			11	27,2	152,864	135	14,1372	4,6726		1302,11
11			10	20,1	112,962	81	8,4823	3,7939		723,40
12			9	15,0	84,300	45	4,7124	2,8243		434,04
13			8	10,8	60,696	27	2,8274	2,3536		241,13
14			7	71,0	40,257	15	1,5708	1,9714		144,68
15	I	0,567	6	52,0	29,484	9	0,9425	1,6151		80,377
16			5	36,1	20,469	5	0,5236	1,2924		48,226
17			4	26,2	14,855	3	0,3142	1,0685		26,792
										16,076

Pochodne $\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w}$ krzywa wstępująca 1,69810
 krzywa zstępująca 1,63385

Pochodne $\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w}$ krzywa wstępująca 0,69310
 krzywa zstępująca 0,63385

Doświadczenie 2.

Obydwa powierzchnie cylindrów zwilżalne. $s = 1,0204$

	ZN	Z	P_{sat}	G	τ_w	N	Ω	Φ	γ
1	I	0,567	4	37,8	21,433	3	0,3142	0,7406	16,152
2			5	50,8	28,804	5	0,5236	0,9184	25,919
3			6	69,9	39,633	9	0,9425	1,2015	48,455
4			7	92,0	52,164	15	1,5708	1,5214	80,758
5	II	5,62	8	13,6	76,432	27	2,8274	1,8690	145,36
6			9	17,8	100,036	45	4,7124	2,3801	242,27
7			10	23,6	132,632	81	8,4823	3,2312	436,09
8			11	29,8	167,476	135	14,1372	4,2649	726,82
9			12	38,2	214,684	243	25,4469	5,9888	1308,28
10			11	27,6	155,112	135	14,1372	4,6049	723,63
11			10	20,1	112,962	81	8,4823	3,7939	434,18
12			9	15,0	84,300	45	4,7124	2,8243	241,21
13	8	11,2	62,944	27	2,8274	2,2696	144,73		
14	I	0,567	7	72,6	41,164	15	1,5708	1,9280	80,404
15			6	53,0	30,051	9	0,9425	1,5846	48,242
16			5	36,8	20,866	5	0,5236	1,2679	25,801
17			4	27,0	15,309	3	0,3142	1,0368	16,081

Pochodne $\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w}$ krzywa wstępująca 1,87032
 krzywa zstępująca 1,65022

Pochodne $\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w}$ krzywa wstępująca 0,87032
 krzywa zstępująca 0,65022

Doświadczenie 3.

Cylinder wewnętrzny pokryto przed doświadczeniem smarem silikonowym.

Cylinder zewnętrzny był zwilżalny. $s = 1,0204$

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	γ
1			4	39,1	22,170	3	0,3142	0,7160	16,155
2			5	51,1	28,974	5	0,5236	0,9131	26,925
3	I	0,567	6	70,7	40,087	9	0,9425	1,1879	48,465
4			7	93,1	52,788	15	1,5708	1,5035	80,774
5			8	13,9	78,118	27	2,8274	1,8287	145,39
6			9	17,9	100,598	45	4,7124	2,3668	242,32
7			10	23,7	133,194	81	8,4823	3,2176	436,18
8			11	29,9	168,038	135	14,1372	4,2507	726,97
9	II	5,62	12	38,9	218,618	243	25,4469	5,8810	1308,54
10			11	27,7	155,674	135	14,1372	4,5883	1302,27 723,48
11			10	20,8	116,896	81	8,4823	3,6662	434,09
12			9	15,0	84,300	45	4,7124	2,8243	241,16
13			8	11,0	61,820	27	2,8274	2,3108	144,70
14			7	72,1	40,881	15	1,5708	1,9414	80,387
15	I	0,567	6	53,0	30,051	9	0,9425	1,5846	48,232
16			5	37,1	21,036	5	0,5236	1,2576	26,796
17			4	27,0	15,309	3	0,3142	1,0368	16,077

Pochodne $\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w}$ krzywa wstępująca 1,88035
 krzywa zstępująca 1,63999

Pochodne $\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w}$ krzywa wstępująca 0,38025
 krzywa zstępująca 0,63999

Doświadczenie 4.

Przed doświadczeniem powierzchnię cylindra wewnętrznego pokryto smarem silikonowym.

Powierzchnia cylindra zewnętrznego była zwilżalna. $s = 1,0204$

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	γ		
1	I	0,567	4	38,2	21,659	3	0,3142	0,7328	16,151		
2			5	50,6	28,690	5	0,5236	0,9221	26,918		
3			6	69,5	39,407	9	0,9425	1,2084	48,452		
4			7	91,2	51,710	15	1,5708	1,5348	+ 80,753		
5			8	13,7	76,994	27	2,8274	1,8554	145,36		
6			9	17,9	100,60	45	4,7124	2,3668	242,26		
7			10	23,7	133,19	81	8,4823	3,2176	436,07		
8			11	30,2	169,72	135	14,1372	4,2085	726,78		
9			II	5,62	12	38,0	213,56	243	25,4469	6,0203	1308,20
10			11	27,2	152,86	135	14,1372	4,6726	723,35		
11			10	20,8	116,90	81	8,4823	3,6662	434,01		
12			9	15,0	84,300	45	4,7124	2,8243	241,12		
13			8	11,0	61,820	27	2,8274	2,3108	144,67		
14			7	70,8	40,144	15	1,5708	1,9770	80,372		
15	I	0,567	6	52,2	29,597	9	0,9425	1,6089	48,223		
16			5	36,1	20,469	5	0,5236	1,2924	26,791		
17			4	26,2	14,855	3	0,3142	1,0685	16,074		

Pochodne $\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w}$ krzywa wstępująca 1,86752
 krzywa zstępująca 1,63040

Pochodne $\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w}$ krzywa wstępująca 0,86752
 krzywa zstępująca 0,63040

Doświadczenie 5.

Powierzchnia cylindra zewnętrznego została przed doświadczeniem pokryta smarem silikonowym. Powierzchnia cylindra wewnętrznego była zwilżalna.

$$s = 1,0204$$

	ZN	Z	P "a"n	G	τ_w	N	Ω	Φ	γ
1	I	0,567	4	38,9	22,056	3	0,3142	0,7196	16,154
2			5	51,5	29,201	5	0,5236	0,9060	26,923
3			6	70,1	39,747	9	0,9425	1,1980	48,461
4			7	92,6	52,504	15	1,5708	1,5116	80,769
5	II	5,62	8	13,9	78,118	27	2,8274	1,8287	145,38
6			9	17,9	100,60	45	4,7124	2,3668	242,31
7			10	24,1	135,44	81	8,4823	3,1642	436,15
8			11	30,2	169,72	135	14,1372	4,2085	729,92
9			12	38,3	215,25	243	25,4469	5,9731	1308,46
10			11	27,8	156,24	135	14,1372	4,5718	1302,37
11			10	21,0	118,02	81	8,4823	3,6313	723,54
12			9	15,1	84,862	45	4,7124	2,8056	434,12
13	8	11,4	64,068	27	2,8274	2,2297	241,18		
14	I	0,567	7	73,0	41,391	15	1,5708	1,9174	144,71
15			6	53,5	30,335	9	0,9425	1,5698	80,393
16			5	37,2	21,092	5	0,5236	1,2542	48,236
17			4	27,0	15,309	3	0,3142	1,0368	26,798

Pochodne $\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w}$ krzywa wstępująca 1,87747
 krzywa zstępująca 1,64392

Pochodne $\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w}$ krzywa wstępująca 0,87747
 krzywa zstępująca 0,64392

10.10.11. Badanie wpływu kształtu i wymiarów szczeliny na ścinanie 2% wodnego roztworu soli sodowej karboksymetylocelulozy.

Doświadczenia porównawcze w reometrach szczelinowym i rotacyjnym.

Doświadczenie 1.

Roztwór otrzymano poprzedniego dnia /16.IV.75r/. Po jednej godzinie podawania przez pompę zębatą pobrano próbki roztworu "A" i "B". Próbka "A" została zanalizowana na przyrządzie Rheotest RV2 w dn.17.IV. Temp.cieczy w czasie pomiaru: $20 \pm 0,1$ °C.

Cylinder S1. $s = 1,0204$

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	γ
1			1	6,0	3,402				
2			2	10,0	5,670				
3			3	13,5	7,654				
4	I	0,567	4	21,5	12,190	3	0,3142	1,3021	16,071
5			5	30,0	17,010	5	0,5236	1,5552	26,785
6			6	42,5	24,098	9	0,9425	1,9761	48,213
7			7	60,0	34,020	15	1,5708	2,3329	80,355
8			8	87,0	49,329	27	2,8274	2,8960	144,64
9			9	12,5	70,250	45	4,7124	3,3892	241,06
10	II	5,62	10	17,5	98,350	81	8,4823	4,3576	433,91
11			11	23,0	129,26	135	14,1372	5,5259	723,19
12			12	31,5	177,03	243	25,4469	7,2626	1301,74

$$\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w} = 1,6197$$

$$\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w} = 0,6197$$

W tym samym czasie wykonywano pomiary w reometrze szczelinowym. Bezpośrednie wyniki zestawiono w tabeli:

Wyniki pomiarów w reometrze szczelinowym

$t_t = 20 \pm 0,1$ °C. Grubość wkładki: 0,93 mm.

$h = 0,063$ $\varrho = \varrho_0 = 1,007$

	M	Cz	m	Δp_1	Δp_2	Δp_c	t_x	t_0	Q	Δp	$\frac{Q}{4b h^2}$	$\bar{\tau}_w$	\bar{r}
1	284,9	366,1	0,7771	52,30	52,10	52,20			0,7717	51579	16,203	216,63	54,81
2	296,6	380,9	0,7786	52,15	52,65	52,40	20,1	24,3	0,7732	51776	16,234	217,46	54,81
3	313,6	619,2	0,5064	37,40	37,15	37,27			0,5029	36826	10,558	154,67	35,72
4	339,9	673,5	0,5046	37,10	36,75	36,95			0,5011	36510	10,521	153,34	35,59
5	369,0	731,7	0,5043	36,70	36,50	36,60			0,5008	36164	10,515	151,89	35,57
6	413,8	913,6	0,4529	33,70	33,40	33,55	20,2	24,5	0,4498	33151	9,443	139,23	31,84
7	452,1	367,3	1,2308	69,20	69,65	69,42			1,2222	68594	25,662	288,09	86,81
8	419,4	338,7	1,2382	69,75	69,85	69,80			1,2296	68969	25,817	289,67	87,33
9	461,8	512,6	0,9008	55,95	55,55	55,75			0,8945	55086	18,782	231,36	63,53
10	453,6	504,3	0,8994	55,50	55,40	55,45			0,8931	54790	18,753	230,12	63,13
11	471,7	764,0	0,6174	42,40	41,90	42,15			0,6131	41648	12,873	174,92	43,54
12	424,1	687,8	0,6166	41,90	41,80	41,85			0,6123	41352	12,856	173,68	43,49
13	402,2	360,9	1,1144	64,30	64,40	64,35	20,2	24,7	1,1067	63584	23,235	267,05	78,60

$$\frac{d \ln \frac{Q}{4b h^2}}{d \ln \bar{\tau}_w} = 1,38268$$

Wyniki oznaczeń w reometrze rotacyjnym wykonanych 18.IV.1974 r.

Próbka cieczy "B" pobrana 17 kwietnia przed doświadczeniem w reometrze szczelinowym.

Temperatura cieczy: $20 \pm 0,1$ °C. Cylinder S1. $s = 1,0204$

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	γ
1			1	5,5	3,119				
2			2	9,0	5,103				
3			3	13,0	7,371				
4	I	0,567	4	20,0	11,340	3	0,3142	1,3997	16,064
5			5	27,0	15,309	5	0,5236	1,7280	26,773
6			6	40,0	22,680	9	0,9425	2,0995	48,192
7			7	55,0	31,185	15	1,5708	2,5449	80,320
8			8	80,5	45,643	27	2,8274	3,1298	144,58
9			9	11,5	64,630	45	4,7124	3,6839	240,96
10	II	5,62	10	16,5	92,730	81	8,4823	4,6216	433,73
11			11	22,0	123,64	135	14,1372	5,7771	722,88
12			12	30,0	168,60	243	25,4469	7,6257	1301,18

$$\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w} = 1,5978$$

$$\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w} = 0,5978$$

Wyniki pomiarów w reometrze rotacyjnym.

Próbka cieczy "C" pobrana 17 kwietnia 1974r po doświadczeniu w reometrze szczelinowym.

Temp.cieczy: $20 \pm 0,1$ °C. Cylinder S1. $s = 1,0204$

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	γ
1			1	4,0	2,268				
2			2	6,0	3,402				
3			3	9,0	5,103				
4	I	0,567	4	15,0	8,505				
5			5	22,0	12,474	5	0,5236	2,1208	26,720
6			6	34,0	19,278	9	0,9425	2,4701	48,093
7			7	50,0	28,350	15	1,5708	2,7994	80,161
8			8	75,0	42,525	27	2,8274	3,3593	144,29
9			9	11,0	61,82	45	4,7124	3,8514	240,48
10	II	5,62	10	15,5	87,11	81	8,4823	4,9198	432,87
11			11	21,0	118,02	135	14,1372	6,0522	721,44
12			12	29,0	162,98	243	25,4469	7,8887	1298,60

$$\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w} = 1,4986$$

$$\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w} = 0,4986$$

Doświadczenie 2.

Badana ciecz była mieszaniną cieczy stosowanej w poprzednim doświadczeniu i roztworu otrzymanego miesiąc wcześniej.

Wyniki pomiarów w reometrze rotacyjnym. Próbka "A" pobrana 22.IV.1974r po 1 godzinie cyrkulacji w reometrze szczelinowym. Temp.cieczy w czasie pomiarów: $20 \pm 0,1$ °C.

Cylinder S1. Data pomiaru: 22 kwietnia 1974 r. $s = 1,0204$

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	γ
1			1	2,5	1,418				
2			2	4,5	2,552				
3			3	7,0	3,969				
4			4	11,0	6,237				
5	I	0,567	5	16,5	9,355				
6			6	25,5	14,459	9	0,9425	3,2935	48,046
7			7	37,0	20,979	15	1,5708	3,7830	80,077
8			8	57,5	32,603	27	2,8274	4,3817	144,14
9			9	81,5	46,210	45	4,7124	5,1523	240,23
10			10	12,5	70,250	81	8,4823	6,1006	432,41
11	II	5,62	11	17,5	98,35	135	14,1372	7,2626	720,69
12			12	24,5	137,69	243	25,4469	9,3376	1297,24

$$\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w} = 1,4465$$

$$\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w} = 0,4465$$

Wyniki pomiarów w reometrze szczelinowym wykonywanych w tym samym czasie /22.IV.1974 r./

$t_t = 20 \pm 0,1$ °C. Grubość wkładki 0,93 mm.

$h = 0,063$ $Q = Q_0 = 1,007$

	M	Cs	m	Δp_1	Δp_2	Δp_0	t_x	t_0	Q	Δp	$\frac{Q}{4b h^2}$	τ_w	γ
1	461,3	651,8	0,7077	29,40	29,35	29,37	19,9	20,0	0,7028	29020	14,756	121,89	48,33
2	462,9	656,4	0,7052	29,35	29,10	29,22			0,7003	28872	14,703	121,26	48,16
3	435,5	216,1	2,0152	66,80	66,65	66,72			2,0012	65926	42,017	276,89	137,62
4	435,8	216,1	2,0166	66,55	66,35	66,45			2,0026	65659	42,046	275,77	137,72
5	444,6	220,8	2,0135	66,35	66,25	66,30			1,9995	65511	41,932	275,15	137,50
6	494,6	220,4	2,2441	72,00	72,10	72,05			2,2285	71193	46,790	299,01	153,25
7	454,6	202,5	2,2449	72,10	71,95	72,02			2,2293	71163	46,806	298,88	153,31
8	488,4	407,8	1,1976	44,25	43,75	44,00			1,1893	43476	24,970	182,60	81,79
9	518,4	432,9	1,1975	43,75	43,55	43,65			1,1892	43131	24,968	181,15	81,78
10	477,5	329,5	1,4491	50,95	50,70	50,82			1,4390	50215	30,214	210,90	98,96
11	443,4	305,2	1,4528	50,70	50,80	50,75			1,4427	50146	30,291	210,61	99,21
12	437,4	282,0	1,5510	54,65	54,20	54,42			1,5402	53772	32,339	225,84	105,92
13	455,5	293,8	1,5503	54,20	53,95	54,07			1,5395	53426	32,324	224,39	105,87
14	482,0	310,6	1,5518	53,95	53,90	53,92	20,1	24,0	1,5410	53278	32,355	223,77	105,97
15	452,7	427,4	1,0591	40,15	39,85	40,00			1,0517	39524	22,082	166,00	72,33
16	395,0	372,5	1,0604	39,85	39,65	39,75			1,0530	39277	22,109	164,96	72,42

$$\frac{d \ln \frac{Q}{4b h^2}}{d \ln \tau_w} = 1,27535$$

Wyniki oznaczeń w reometrze rotacyjnym wykonanych 23 kwietnia 1974 r.
 Próbką cieczy "B" pobrana 22 kwietnia przed doświadczeniem w reometrze
 szczelinowym. Temperatura cieczy: $20 \pm 0,1$ °C.

Cylinder S1 $s = 1,0204$

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	γ
1			1	2,5	1,418				
2			2	4,0	2,268				
3			3	6,0	3,402				
4			4	9,0	5,103				
5	I	0,567	5	14,0	7,938				
6			6	22,5	12,758	9	0,9425	3,7326	48,006
7			7	32,5	18,427	15	1,5708	4,3068	80,009
8			8	50,0	28,350	27	2,8274	5,0390	144,02
9			9	73,0	41,391	45	4,7124	5,7523	240,03
10			10	11,5	64,63	81	8,4823	6,6311	432,05
11	II	5,62	11	16,0	89,92	135	14,1372	7,9435	720,08
12			12	23,0	129,26	243	25,4469	9,9466	1296,15

$$\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w} = 1,4043$$

$$\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w} = 0,4043$$

Wyniki pomiarów w reometrze rotacyjnym.

Próbka cieczy "C" pobrana 22 kwietnia 1974r po doświadczeniu w reometrze szczelinowym. Temperatura cieczy $20 \pm 0,1$ °C.

Cylinder S1 $s = 1,0204$

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	γ
1			1	2,0	1,134				
2			2	4,0	2,268				
3			3	5,5	3,119				
4	I	0,567	4	9,0	5,103				
5			5	13,5	7,654				
6			6	21,5	12,190	9	0,9425	3,9062	47,987
7			7	31,5	17,861	15	1,5708	4,4435	79,979
8			8	50,0	28,350	27	2,8274	5,0390	143,96
9			9	72,0	40,824	45	4,7124	5,8322	239,94
10			10	11,0	61,82	81	8,4823	6,9325	431,88
11	II	5,62	11	16,0	89,92	135	14,1372	7,9435	719,81
12			12	23,0	129,26	243	25,4469	9,9466	1295,65

$$\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w} = 1,38508$$

$$\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w} = 0,38508$$

Doświadczenie 3.

Badano roztwór stosowany uprzednio w doświadczeniu 2.

Wyniki pomiarów w reometrze rotacyjnym dla próbki "A" pobranej 25.IV.1974r.

po jednej godzinie cyrkulacji w reometrze szczelinowym. Temp.cieczy: $20 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

Cylinder S1. $s = 1,0204$

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	γ
1			1	2,0	1,134				
2			2	3,0	1,701				
3			3	5,0	2,835				
4			4	8,5	4,820				
5	I	0,567	5	13,0	7,371				
6			6	21,0	11,907	9	0,9425	3,9992	47,986
7			7	31,0	17,577	15	1,5708	4,5152	79,977
8			8	48,5	27,500	27	2,8274	5,1948	143,96
9			9	71,0	40,257	45	4,7124	5,9143	239,93
10			10	11,0	61,82	81	8,4823	6,9325	431,88
11	II	5,62	11	15,5	87,11	135	14,1372	8,1997	719,80
12			12	22,5	126,45	243	25,4469	10,1676	1295,63

$$\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w} = 1,3844$$

$$\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w} = 0,3844$$

Wyniki wykonywanych w tym samym czasie /25.IV.1974r/ pomiarów w reometrze szczelinowym.

$t_t = 20 \pm 0,1^\circ\text{C}$. Grubość wkładki 0,93 mm.

$h = 0,063$ $\varrho = \varrho_0 = 1,007$

	M	Cz	m	ΔP_1	ΔP_2	ΔP_c	t_x	t_o	ϱ	Δp	$\frac{\varrho}{4b h^2}$	τ_w	γ
1	406,3	644,3	0,6306	23,00	23,10	23,05	20,1	22,8	0,6252	22776	13,148	95,56	42,75
2	413,2	663,1	0,6231	23,10	23,10	23,10			0,6188	22325	12,992	95,87	42,25
3	464,2	205,9	2,2544	65,10	64,80	64,95			2,2387	64177	47,004	269,54	152,86
4	466,7	204,6	2,2810	64,80	64,70	64,75			2,2651	63979	47,559	263,71	154,66
5	435,2	191,2	2,2761	64,70	64,70	64,70			2,2603	63930	47,457	268,51	154,33
6	480,4	172,2	2,7897	76,00	75,60	75,80			2,7703	74898	58,166	314,57	189,16
7	477,8	170,9	2,7957	75,60	75,60	75,60			2,7763	74700	58,291	313,74	189,56
8	433,9	155,4	2,7921	75,60	75,50	75,55			2,7727	74651	58,216	313,53	189,32
9	418,6	207,4	2,0183	58,85	58,60	58,72			2,0043	58021	42,082	243,69	136,85
10	437,2	216,7	2,0175	58,60	58,65	58,62			2,0035	57922	42,055	243,27	136,80
11	499,4	312,4	1,5985	48,95	48,65	48,80			1,5874	48219	33,329	202,52	108,39
12	467,1	292,6	1,5963	48,65	48,60	48,62			1,5852	48041	33,283	201,77	108,24
13	470,4	551,3	0,8532	29,90	29,30	29,60			0,8473	29248	17,739	122,84	57,95
14	447,9	530,5	0,8442	29,30	29,00	29,15			0,8383	28903	17,602	120,97	57,24
15	446,8	388,8	1,1491	37,30	37,10	37,20			1,1411	36757	23,959	154,38	77,91
16	450,7	393,3	1,1459	37,10	37,00	37,05	20,15	23,85	1,1379	36609	23,892	153,76	77,70

$$\frac{d \ln \frac{\varrho}{4b h^2}}{d \ln \tau_w} = 1,25202$$

Wyniki pomiarów w reometrze rotacyjnym wykonanych 26.IV.1974 r.
 Próbką cieczy pobrana 25 kwietnia po doświadczeniu w reometrze
 szczelinowym. Dla próbki "B" pomiarów nie wykonywano.

Temp.cieczy: $20 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$. Cylinder S1. Pierwsza porcja roztworu.

$$s = 1,0204$$

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	γ
1			1	1,5	0,850				
2			2	2,5	1,418				
3			3	4,5	2,551				
4			4	5,5	3,119				
5	I	0,567	5	11,0	6,237				
6			6	18,0	10,206	9	0,9425	4,6657	47,940
7			7	27,0	15,309	15	1,5708	5,1841	79,899
8			8	43,0	24,381	27	2,8274	5,8593	143,82
9			9	64,0	36,288	45	4,7124	6,5612	239,70
10			10	97,5	55,283	81	8,4823	7,7523	431,46
11			11	14,5	81,49	135	14,1372	8,7652	719,09
12	II	5,62	12	21,0	118,02	243	25,4469	10,8939	1294,37

$$\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w} = 1,3355$$

$$\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w} = 0,3355$$

Druga porcja roztworu

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	γ
1			1	1,5	0,850				
2			2	2,5	1,418				
3			3	4,5	2,551				
4			4	7,5	4,253				
5	I	0,567	5	11,5	6,520				
6			6	18,0	10,206	9	0,9425	4,6657	47,859
7			7	27,0	15,309	15	1,5708	5,1841	79,765
8			8	42,0	23,814	27	2,8274	5,9988	143,58
9			9	63,5	36,004	45	4,7124	6,6128	239,29
10			10	96,5	54,716	81	8,4823	7,8326	430,73
11	II	5,62	11	14,5	81,490	135	14,1372	8,7652	717,88
12			12	21,0	118,02	243	25,4469	10,8939	1292,19

$$\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w} = 1,3344$$

$$\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w} = 0,3344$$

Doświadczenie 4.

Badany roztwór otrzymano cztery dni wcześniej. W dniu poprzedzającym doświadczenie cyrkulował w aparaturze reometru szczelinowego przez 5 godzin, a w dniu doświadczenia /7 maja 1974r/ przez 1 godzinę. Następnie pobrano próbki cieczy "A" i "B".

Wyniki pomiarów wykonanych 7 maja dla próbki cieczy "A" w reometrze rotacyjnym.

Temperatura pomiarów $25 \pm 0,1$ °C. Cylinder S1 $s = 1,0204$

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	γ
1			1	2,5	1,418				
2			2	4,5	2,551				
3			3	7,0	3,969				
4			4	11,5	6,520				
5	I	0,567	5	16,5	9,356				
6			6	25,0	14,175	9	0,9425	3,3593	48,069
7			7	36,5	20,696	15	1,5708	3,8348	80,115
8			8	56,0	31,752	27	2,8274	4,4991	144,21
9			9	79,0	44,793	45	4,7124	5,3154	240,34
10			10	12,0	67,440	81	8,4823	6,3548	432,62
11	II	5,62	11	16,5	92,73	135	14,1372	7,7027	721,03
12			12	23,5	132,07	243	25,4469	9,7350	1297,86

$$\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w} = 1,4703$$

$$\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w} = 0,4703$$

Wyniki pomiarów wykonanych 7 maja 1974 r. dla próbki cieczy "A" w reometrze rotacyjnym. Temperatura cieczy: $25 \pm 0,1$ °C.

Cylinder S2 $s = 1,0638$

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	γ
1			2	1,5	0,889				
2			3	2,5	1,482				
3			4	4,0	2,372				
4			5	6,5	3,854				
5	I	0,593	6	10,5	6,227				
6			7	16,0	9,488				
7			8	25,0	14,825	27	2,8274	3,2784	49,887
8			9	36,0	21,348	45	4,7124	3,7944	83,145
9			10	55,5	32,912	81	8,4823	4,4302	149,66
10			11	78,5	46,550	135	14,1372	5,2204	249,44
11	II	5,93	12	11,5	68,195	243	25,4469	6,4142	448,99

$$\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w} = 1,4329$$

$$\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w} = 0,4329$$

W tym samym czasie wykonywano pomiary w reometrze szczelinowym.

Wyniki pomiarów wykonanych 7 maja 1974 r. w reometrze szczelinowym

$t_t = 25 \pm 0,1$ °C. Grubość wkładki 0,93 mm.

$h = 0,063$ $\varrho = \varrho_0 = 1,007$

	M	Cz	m	Δp_1	Δp_2	Δp_c	t_x	t_o	Q	Δp	$\frac{Q}{4b h^2}$	τ_w	τ
1	498,6	490,0	1,0175	43,45	42,40	42,92	25,1	25,0	1,0104	42109	21,215	173,12	69,82
2	569,1	559,3	1,0657	42,40	42,20	42,30			1,0583	41797	22,220	175,55	73,12
3	543,3	533,6	1,0181	42,20	42,25	42,22			1,0110	41718	21,227	175,21	69,66
4	301,4	728,3	0,4138	20,85	21,20	21,02			0,4109	20770	8,628	87,23	28,39
5	325,1	787,3	0,4129	21,20	21,00	21,10			0,4100	20849	8,609	87,57	28,33
6	572,9	401,8	1,4253	55,40	55,55	55,48			1,4159	54820	29,728	230,24	97,63
7	614,5	428,1	1,4354	55,55	55,75	55,65			1,4254	54988	29,923	230,95	98,40
8	694,7	356,1	1,9508	70,60	70,20	70,40			1,9372	69562	40,674	292,16	133,66
9	690,8	352,4	1,9602	70,20	70,30	70,25			1,9466	69414	40,870	291,54	134,50
10	703,2	332,1	2,1174	73,90	74,30	74,10			2,1027	73218	44,148	307,52	145,29
11	690,6	324,6	2,1275	74,30	74,30	74,30			2,1127	73416	44,359	308,35	145,98
12	578,9	366,5	1,5795	59,40	59,10	59,30			1,5685	58594	32,933	245,10	108,38
13	667,7	422,0	1,5822	59,10	59,25	59,18			1,5712	58476	32,989	245,60	108,57
14	655,9	561,1	1,1689	47,40	46,60	47,00			1,1608	46441	24,372	195,05	80,21
15	636,2	544,0	1,1694	46,60	46,70	46,65			1,1613	46095	24,382	192,60	80,24
16	676,2	574,1	1,1773	46,70	46,70	46,70	25,2	26,0	1,1696	46144	24,557	193,81	80,82

$$\frac{d \ln \frac{Q}{4b h^2}}{d \ln \tau_w} = 1,29095$$

Wyniki oznaczeń w reometrze rotacyjnym wykonanych 8 maja 1974 r.
 Próbką cieczy "B" pobrana 7 maja przed doświadczeniem w reometrze
 szczelinowym. Temp. cieczy: $25 \pm 0,1$ °C.

Cylinder S1 $s = 1,0204$

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	γ
1			1	1,5	0,850				
2			2	3,0	1,701				
3			3	5,0	2,835				
4			4	8,0	4,536				
5	I	0,567	5	13,0	7,371				
6			6	20,5	11,623	9	0,9425	4,0967	48,024
7			7	29,0	16,443	15	1,5708	4,8266	80,040
8			8	45,0	25,515	27	2,8274	5,5989	144,07
9			9	65,5	37,139	45	4,7124	6,4109	240,12
10			10	99,0	56,133	81	8,4823	7,6348	432,21
11	II	5,62	11	14,0	78,68	135	14,1372	9,0782	720,36
12			12	20,5	115,21	243	25,4469	11,1596	1296,64

$$\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w} = 1,4233$$

$$\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w} = 0,4233$$

Wyniki pomiarów w reometrze rotacyjnym wykonanych 8 maja 1974 r.
 Próbkę cieczy "B" pobrana 7 maja przed doświadczeniem w reometrze
 szczelinowym. Temperatura cieczy: $25 \pm 0,1$ °C.
 Cylinder S2. $s = 1,0638$

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	γ
1			1	0,5	0,297				
2			2	1,5	0,890				
3			3	2,0	1,186				
4			4	3,5	2,075				
5			5	5,5	3,261				
6	I	0,593	6	8,0	4,744				
7			7	12,0	7,116				
8			8	19,5	11,563	27	2,8274	4,2031	49,742
9			9	28,5	16,901	45	4,7124	4,7930	82,903
10			10	44,0	26,092	81	8,4823	5,5881	149,22
11			11	63,5	37,656	135	14,1372	6,4535	248,71
12			12	95,0	56,335	243	25,4469	7,7646	447,67

$$\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w} = 1,3842$$

$$\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w} = 0,3842$$

Próbka cieczy "C" pobrana 7 maja 1974 r. po doświadczeniu w reometrze szczelinowym.
 Temperatura cieczy $25 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$. Oznaczenie wykonano 8 maja.
 Cylinder S1 $s = 1,0204$

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	γ
1			1	2,5	1,417				
2			2	4,0	2,268				
3			3	6,0	3,402				
4	I	0,567	4	10,0	5,670				
5			5	15,5	8,788				
6			6	23,5	13,324	9	0,9425	3,5737	48,041
7			7	34,0	19,278	15	1,5708	4,1168	80,068
8			8	53,0	30,051	27	2,8274	4,7538	144,12
9			9	75,5	42,809	45	4,7124	5,5618	240,20
10			10	11,5	64,630	81	8,4823	6,6311	432,37
11	II	5,62	11	16,0	89,920	135	14,1372	7,9435	720,61
12			12	23,0	129,26	243	25,4469	9,9466	1297,10

$$\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w} = 1,4411$$

$$\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w} = 0,4411$$

Wyniki pomiarów wykonanych 8 maja 1974r w reometrze rotacyjnym
 dla próbki cieczy "C". Temperatura cieczy: $25 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$. Cylinder S2. $s = 1,0638$

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	γ
1			1	0,5	0,296				
2			2	1,5	0,890				
3			3	2,5	1,482				
4			4	3,5	2,075				
5	I	0,593	6	6,0	3,558				
6			6	9,5	5,633				
7			7	15,0	8,895				
8			8	23,0	13,639	27	2,8274	3,5635	49,804
9			9	33,5	19,865	45	4,7124	4,0776	83,007
10			10	51,5	30,539	81	8,4823	4,7743	149,41
11			11	73,0	43,289	135	14,1372	5,6137	249,02
12	II	5,93	12	11,0	65,23	243	25,4469	6,7058	448,24

$$\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w} = 1,4050$$

$$\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w} = 0,4050$$

Doświadczenie 5.

Badano ciecz stosowaną w doświadczeniu poprzednim /roztwór otrzymany 10 dni wcześniej/.
Po 1 godzinie cyrkulowania w reometrze szczelinowym pobrano próbkę cieczy "A" dla której natychmiast wykonano pomiary w reometrze rotacyjnym.

Wyniki pomiarów wykonanych 13 maja 1974 r.w reometrze rotacyjnym dla próbki cieczy "A".

Temperatura cieczy: $25 \pm 0,1$ °C.

Cylinder S1 $s = 1,0204$

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	γ
1			1	2,5	1,418				
2			2	3,5	1,984				
3			3	5,5	3,119				
4			4	8,5	4,819				
5	I	0,567	5	13,0	7,371				
6			6	21,0	11,907	9	0,9425	3,9992	48,019
7			7	30,5	17,294	15	1,5708	4,5892	80,031
8			8	47,5	26,933	27	2,8274	5,3042	144,06
9			9	68,5	38,840	45	4,7124	6,1301	240,09
10			10	10,5	59,01	81	8,4823	7,2626	432,17
11	II	5,62	11	15,0	84,30	135	14,1372	8,4730	720,28
12			12	21,0	118,02	243	25,4469	10,8939	1296,51

$$\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w} = 1,4181$$

$$\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w} = 0,4181$$

Wyniki pomiarów wykonanych 13 maja 1974 r. w reometrze rotacyjnym dla próbki cieczy "A".

Temperatura cieczy: $25 \pm 0,1$ °C.

Cylinder S2 $s = 1,0638$

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	γ
1			1	0,5	0,296				
2			2	1,5	0,890				
3			3	2,0	1,186				
4			4	3,5	2,075				
5	I	0,593	5	5,0	2,965				
6			6	8,0	4,744				
7			7	13,0	7,709				
8			8	20,0	11,860	27	2,8274	4,0980	49,573
9			9	29,5	17,494	45	4,7124	4,6305	82,621
10			10	46,5	27,575	81	8,4823	5,2877	148,72
11			11	67,0	39,731	135	14,1372	6,1164	247,86
12	II	9,93	12	10,5	62,265	243	25,4469	7,0251	446,15

$$\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w} = 1,3275$$

$$\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w} = 0,3275$$

W tym samym czasie wykonywano doświadczenia w reometrze szczelinowym.

Wyniki pomiarów wykonanych w reometrze szczelinowym

$t_t = 25 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$. Grubość wkładki 0,60 mm. $h = 0,0455$

$Q = Q_0 = 1,007$

	M	Cz	m	Δp_1	Δp_2	Δp_c	t_x	t_o	q	Δp	$\frac{Q}{4b h^2}$	τ_w	γ
1	414,0	486,3	0,8513	63,40	63,80	63,60	24,8	19,2	0,8454	62843	32,581	194,81	107,00
2	441,3	519,7	0,8491	63,80	64,40	64,10			0,8432	63337	32,497	196,35	106,72
3	454,4	416,3	1,0915	79,80	80,00	79,90			1,0839	78949	41,774	244,74	137,19
4	448,8	408,4	1,0989	80,00	80,10	80,05			1,0913	79097	42,057	245,20	138,12
5	468,2	707,0	0,6622	53,40	52,60	53,00			0,6576	52369	25,344	162,34	83,23
6	461,4	697,5	0,6615	52,50	52,50	52,55			0,6569	51925	25,317	150,97	83,14
7	460,5	763,4	0,6032	49,15	48,65	48,90			0,5990	48318	23,086	143,79	75,81
8	488,3	817,5	0,5973	48,65	48,00	48,32			0,5931	47745	22,860	148,01	75,07
9	442,3	1182,3	0,3741	34,40	-	34,40			0,3715	33991	14,318	105,37	47,02
10	487,6	451,9	1,0790	76,30	76,30	76,30			1,0715	75392	41,296	233,71	135,61
11	462,0	426,4	1,0835	76,30	76,30	76,30	25,0	19,9	1,0760	75392	41,468	233,71	136,18

$$\frac{d \ln \frac{Q}{4b h^2}}{d \ln \tau_w} = 1,28399$$

Wyniki oznaczeń wykonanych w reometrze rotacyjnym 14 maja 1974 r.

Próbka cieczy "C" pobrana 13 maja po doświadczeniu w reometrze szczelinowym.

Temp. cieczy $25 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

Cylinder S1 $s = 1,0204$.

	ZN	Z	P "g"	G	τ_w	N	Ω	Φ	γ
1			1	1,5	0,850				
2			2	3,0	1,701				
3			3	4,5	2,552				
4			4	7,0	3,969				
5	I	0,567	5	11,5	6,521				
6			6	17,5	9,923				
7			7	26,0	14,742	15	1,5708	5,3835	79,964
8			8	40,5	22,963	27	2,8274	6,2210	143,94
9			9	61,0	34,587	45	4,7124	6,3839	239,89
10			10	93,0	52,731	81	8,4823	8,1274	431,81
11	II	5,62	11	13,5	75,87	135	14,1372	9,4145	719,68
12			12	19,5	109,59	243	25,4469	11,7319	1295,42

$$\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w} = 1,3761$$

$$\frac{d \log \Phi}{2 \log \tau_w} = 0,3761$$

Wyniki pomiarów wykonanych w reometrze rotacyjnym 14 maja 1974 r.
 dla próbki cieczy "C". Temperatura cieczy $25 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$.
 Cylinder S2. $s = 1,0638$

	ZN	Z	P "a"	G	τ_w	N	Ω	Φ	γ
1			2	0,5	0,297				
2			3	1,5	0,890				
3			4	2,5	1,482				
4			5	3,5	2,076				
5	I	0,593	6	6,5	3,854				
6			7	10,5	6,227				
7			8	17,0	10,081	27	2,8274	4,8211	49,529
8			9	25,0	14,825	45	4,7124	5,4640	82,549
9			10	39,5	23,423	81	8,4823	6,2248	148,59
10			11	58,5	34,690	135	14,1372	7,0051	247,65
11			12	90,0	53,37	243	25,4469	8,1960	445,76

$$\frac{d \ln \Omega}{d \ln \tau_w} = 1,3130$$

$$\frac{d \log \Phi}{d \log \tau_w} = 0,3130$$

10.11. Wyprowadzenie wzoru /27/ na szybkość ścinania cieczy nienewtonowskiej w reometrze Marona-Belnera.

Różniczkując równanie /11/ stronami względem τ_w

otrzymuje się:

$$\frac{d \Phi_k}{d \tau_w} = 4 \left[-\frac{\Phi_k}{\tau_w} + \frac{f / \tau_w}{\tau_w^2} \right], \quad /7D/$$

a więc

$$\frac{f / \tau_w}{\tau_w} = \Phi_k \left/ 1 + \frac{1}{4} \frac{d \ln \Phi_k}{d \ln \tau_w} \right/ . \quad /8D/$$

Podstawiając do wzoru /10/ zależności /21/, /22/ i /23/ otrzymuje się

$$\Phi_k = -\frac{m_p}{c_2 \varrho} . \quad /9D/$$

Równanie /8D/ przybiera postać

$$\frac{f / \tau_w}{\tau_w} = -\frac{m_p}{c_2 \varrho} \left[1 + \frac{1}{4} \frac{d \ln / - \frac{m_p}{c_2 \varrho} /}{d \ln \tau_w} \right] . \quad /10D/$$

Korzystając z zależności /21/, /22/, /24/ i /26/ można wykazać, że

$$\frac{d \ln / - \frac{m_p}{c_2 \varrho} /}{d \ln \tau_w} = \frac{2 L_k}{R c_2 \varrho} \frac{\tau_w}{m_p} \frac{d m_p}{d h^x} =$$

$$= h^x \frac{dt}{d \log h^x} \frac{d m_p}{d h^x} = \frac{1}{2,303} \left(\frac{dt}{d \log h^x} \right)^2 \frac{d m_p}{dt} . \quad /11D/$$

Podstawienie ostatniej zależności do równania /10D/ prowadzi do wzoru /27/.

10.12. Wyprowadzenie wzoru /30/ opracowanego dla kanału otwartego przez G.Astaritę, G.Marrucci i G.Palumbo^{11/}.

Prędkość poślizgu, która z założenia jest funkcją naprężenia stycznego przy dnie kanału, można rozważać jako funkcję dwóch zmiennych: grubości warstwy cieczy i sinusa kąta nachylenia kanału

$$v_p = v_p / \tau_w / = v_p / h, \sin \alpha / . \quad /12D/$$

Pochodne w punkcie P^x :

$$\begin{aligned} \left(\frac{d \ln v_p}{d \ln \tau_w} \right)_{\tau_w = \tau_w^x} &= \left(\frac{\partial \ln v_p}{\partial \ln h} \right)_{\alpha^x} \cdot \left(\frac{\partial \ln h}{\partial \ln \tau_w} \right)_{\alpha^x} = \\ &= \left(\frac{\partial \ln v_p}{\partial \ln \sin \alpha} \right)_{h^x} \cdot \left(\frac{\partial \ln \sin \alpha}{\partial \ln \tau_w} \right)_{h^x} . \end{aligned} \quad /13D/$$

Ze wzoru /41/ podającego naprężenie styczne przy dnie kanału wynika, że

$$\left(\frac{\partial \ln h}{\partial \ln \tau_w} \right)_{\alpha} = \left(\frac{\partial \ln \sin \alpha}{\partial \ln \tau_w} \right)_{h} = 1 \quad /14D/$$

oraz, że w punkcie P^x

$$\tau_w^x = \rho g h^x \sin \alpha^x .$$

Zależność /13D/ upraszcza się do postaci

$$\left(\frac{d \ln v_p}{d \ln \tau_w} \right)_{\tau_w = \tau_w^x} = \left(\frac{\partial \ln v_p}{\partial \ln h} \right)_{\alpha^x} = \left(\frac{\partial \ln v_p}{\partial \ln \sin \alpha} \right)_{h^x} . \quad /15D/$$

Szybkość objętościowa cieczy na jednostkę szerokości kanału, podana zależnością /31/, jest dla płynu o stałej gęstości funkcją grubości warstwy cieczy i kąta nachylenia kanału, co wynika ze wzoru /41/.

Obliczenie odpowiednich pochodnych cząstkowych prowadzi do następujących zależności:

$$\left(\frac{\partial \ln q}{\partial \ln \sin \alpha}\right)_{h^x} = \frac{h^x v_p}{q^x} \left(\frac{\partial \ln v_p}{\partial \ln \sin \alpha}\right)_{h^x} - 2 \left/ 1 - \frac{v_p h^x}{q^x} \right/ +$$

$$+ \frac{(h^x)^2}{q^x} \cdot f(\tau_w^x). \quad /16D/$$

$$\left(\frac{\partial \ln q}{\partial \ln h}\right)_{\alpha^x} = \frac{h^x v_p}{q^x} \left[1 + \left(\frac{\partial \ln v_p}{\partial \ln h}\right)_{\alpha^x} \right] + \frac{(h^x)^2}{q^x} \left(-\frac{dv}{dy}\right)_{y=h^x}$$

/17D/

Ostatnie człony po prawej stronie równań /16D/ i /17D/ są sobie równe.

Na podstawie zależności /16D/, /17D/ i /15D/ otrzymuje się:

$$\left(\frac{\partial \ln q}{\partial \ln \sin \alpha}\right)_{h^x} = \left(\frac{\partial \ln q}{\partial \ln h}\right)_{\alpha^x} - 2 + \frac{h^x v_p}{q^x}. \quad /18D/$$

Biorąc pod uwagę, że

$$\left(\frac{\partial \ln h}{\partial \ln \sin \alpha}\right)_{q^x} = - \frac{\left(\frac{\partial \ln q}{\partial \ln \sin \alpha}\right)_{h^x}}{\left(\frac{\partial \ln q}{\partial \ln h}\right)_{\alpha^x}} \quad /19D/$$

i uwzględniając oznaczenia /28/ i /29/, otrzymuje się z równania /18D/ wzór /30/.



Biblioteka Instytutu Chemii Fizycznej PAN

F-B.151/76/2



70000000012668