

Wojciech SPISAK, Leon TRONIEWSKI,
Roman ULBRICH

Institut Budowy Maszyn

Wyższa Szkoła Inżynierska w Opolu

STRUKTURA PRZEPIŁYU DWUFAZOWEGO GAZ-CIECZ

Streszczenie: W pracy przedstawiono klasyfikację rodzajów przepływu dwufazowego gaz-ciecz w rurach pionowej i poziomej. Opisano metodę identyfikacji rodzaju przepływu. Przedstawiono osobliwości związane z przepływem cieczy o znacznej lepkości.

Określenie rodzaju przepływu jest jednym z istotnych zagadnień przy projektowaniu urządzeń, w których występuje przepływ dwufazowy. Problem ten nabiera szczególnego znaczenia w odniesieniu do procesów, którym towarzyszy zmiana parametrów fizycznych czynników (lepkość, gęstość, napięcie powierzchniowe itp.) w trakcie przepływu. Z sytuacją taką mamy do czynienia np. w reaktorach do sulfonowania gazowym SO_2 , czy też w wyparkach ciekawo-kowarstewkowych. W związku z tym konieczne jest dysponowanie pewnymi metodami pozwalającymi stwierdzić rodzaj przepływu dwufazowego w danych warunkach hydrodynamicznych.

Klasyfikacja rodzajów przepływu dwufazowego opiera się na wizualnej ocenie struktury płynącej mieszaniny dwufazowej, przy czym znaczenie decydujące mają wzdłużny i promieniowy rozkład faz. Na rys. 1 i 2 podano ogólnie przyjęte klasyfikacje rodzajów przepływu dwufazowego gaz-ciecz w rurach pionowej i poziomej. Powszechnie przyjęta jest identyfikacja rodzaju przepływu dwufazowego gaz-ciecz w oparciu o obserwację wizualną; badania własne [1] w pełni potwierdziły obiektywność tej metody. W wielu przypadkach jednak, gdy obserwacja wizualna jest niemożliwa lub utrudniona (wysokie ciśnienie, przepływ w kanałach o złożonej geometrii, ciecz nieprzeźroczysta), bardzo cenne informacje o strukturze płynącej mieszaniny dwufazowej można uzyskać analizując charakter zmian wybranych parametrów w funkcji czasu. Na rys.3 pokazano schemat aparatury do identyfikacji rodzajów przepływu w rurze pionowej przez pomiar rezystancji mieszaniny dwufazowej na promieniu pomiędzy dwiema elektrodami. wykorzystuje się przy tym znaczną różnicę w oporności gazu i cieczy. Zarejestrowane zmiany napięcia U_{2F} pomiędzy elektrodami poddaje się obróbce statystycznej i otrzymuje histogramy (rys.4), przy czym rzędna

$$Y = \frac{U_{2F} - U_L}{U_G - U_L} \quad (1)$$

zaś U_i i U_G są napięciami mierzonymi odpowiednio dla rury zalanej cieczą oraz rury pustej. Histogramy takie dla poszczególnych rodzajów przepływu różnią się znacznie i dają podstawę do obiektywnej oceny rodzaju przepływu dwufazowego.

Na rys.5 pokazano schemat metody odwzorowania powierzchni zifalowanej przy przepływie pierścieniowym. Zliczając fale na kolejnych poziomach h (rys.6) dokonano odwzorowania powierzchni międzyfalowej; na rys. 6 pokazano również wyznaczone średnie wartości grubości filmu cieczy. Pełny opis tej metody można znaleźć w pracy [2] .

Jakościowo odmienne wyniki uzyskuje się podczas badań przepływu dwufazowego gazu i cieczy o znacznej lepkości. W przypadku mieszanin typu powietrze-olej często zawodzą przedstawione uprzednio elektryczne metody badań, co wynika z faktu, iż zarówno olej, jak i powietrze są dobrymi izolatorami o zbliżonych wartościach stałej dielektrycznej. w związku z tym struktury określono w oparciu o bezpośrednie obserwacje przepływającej mieszaniny. Po raz pierwszy, w odniesieniu do badań znanych z literatury [3] obserwacje prowadzono w świetle przechodzącym a nie odbitym. Zastosowanie światła przechodzącego o znacznej wartości strumienia świetlnego umożliwiło wykorzystanie metod fotograficznych i filmowych do rejestracji form.

W rezultacie badań dla przepływu z dołu do góry stwierdzono, że wzrost lepkości fazy ciekłej w zakresie do $2,0 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ nie powoduje zmian jakościowych w charakterze obserwowanych struktur, a jedynie zmienia zakres ich występowania, co zilustrowano na mapie (rys.7) .

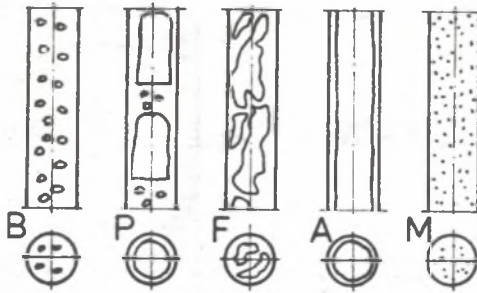
W przypadku przepływu z góry na dół wpływ lepkości na struktury i zakresy ich występowania jest znacznie większy. Podczas badań z udziałem cieczy o lepkości od $0,18 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ do $2,0 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ wyróżniono 8 form przepływu przedstawionych schematycznie na rys.8. W stosunku do systematyk proponowanych przez innych autorów [4,5] wyszczególniono dwie nowe formy, dla których zaproponowano nazwy przepływu rdzeniowego i stalaktytowego.

Jako przepływ rdzeniowy określono strukturę charakteryzującą się bardzo grubą warstwą cieczy przepływającej ze stosunkowo dużą prędkością; faza gazowa tworzy ciągły rdzeń zajmujący centralne miejsce w kanale. Charakterystyczną cechą przepływu stalaktytowego, zbliżonego nieco do przepływu korkowego, jest dodatkowe przemieszczanie się cieczy wzdłuż osi gazowych korków.

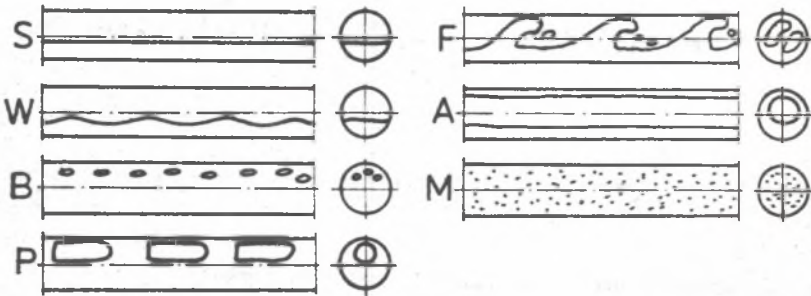
Przykładowy wykres obrazujący zakresy występowania poszczególnych struktur przepływu dwufazowego gaz-ciecz wysokolepka przy przepływie z góry na dół przedstawiono na rys.8.

W celu dalszego udoskonalenia identyfikacji poszczególnych struktur prowadzone są prace [6] nad wdrożeniem metod optycznych z wykorzystaniem wiązki lasera, technik światłowodowych a także metod szybkiego filmowania do badań mieszanin dwufazowych typu powietrze-olej.

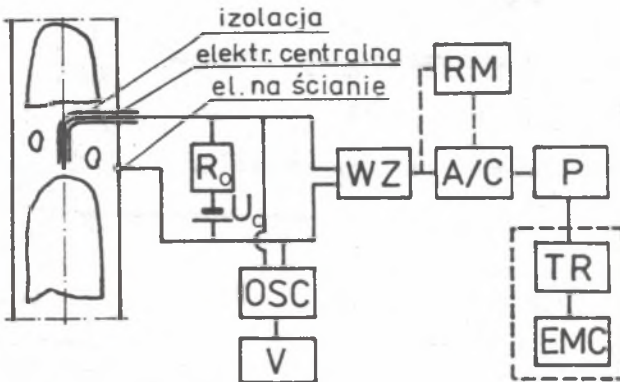
Należy podkreślić, że metody eksperymentalne nie wyczerpują w pełni zagadnienia identyfikacji struktur dwufazowych. Istnieje cały szereg prac teoretycznych na temat przewidywania możliwości pojawienia się określonego rodzaju przepływu dwufazowego, w oparciu o analizę stanu energetycznego



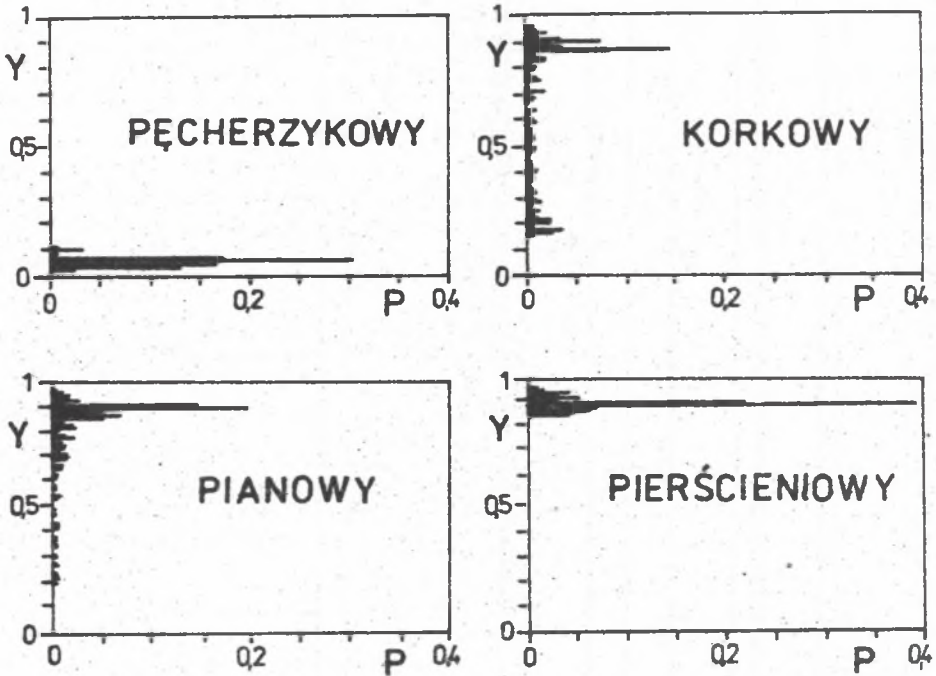
Rys.1. Rodzaje przepływu dwufazowego w rurze pionowej;
B-pęcherzykowy, P-korkowy, F-pianowy, A-pierścieniowy, M-mgłowy



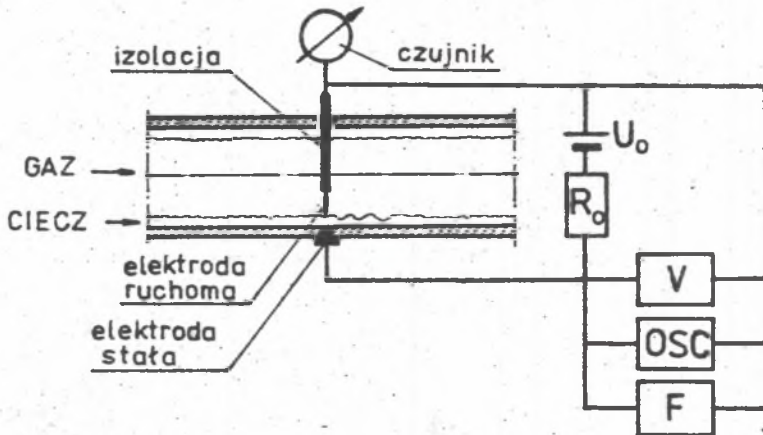
Rys.2. Rodzaje przepływu dwufazowego w rurze poziomej;
S-rozwarstwiony, W-falowy, B-pęcherzykowy, P-korkowy, F-rzutowy, A-pierścieniowy, M-mgłowy



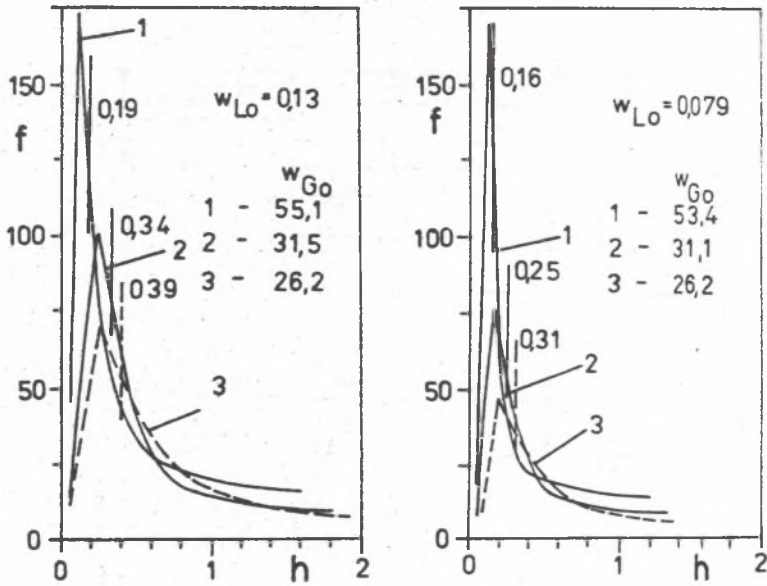
Rys.3. Oporowa metoda identyfikacji rodzaju przepływu;
V-woltomierz, OSC-oscyloskop, WZ-wzmacniacz,
A/C-przetwornik analogowo-cyfrowy, P-perforator,
EMC-minikomputer, RM-rejestrator magnetyczny



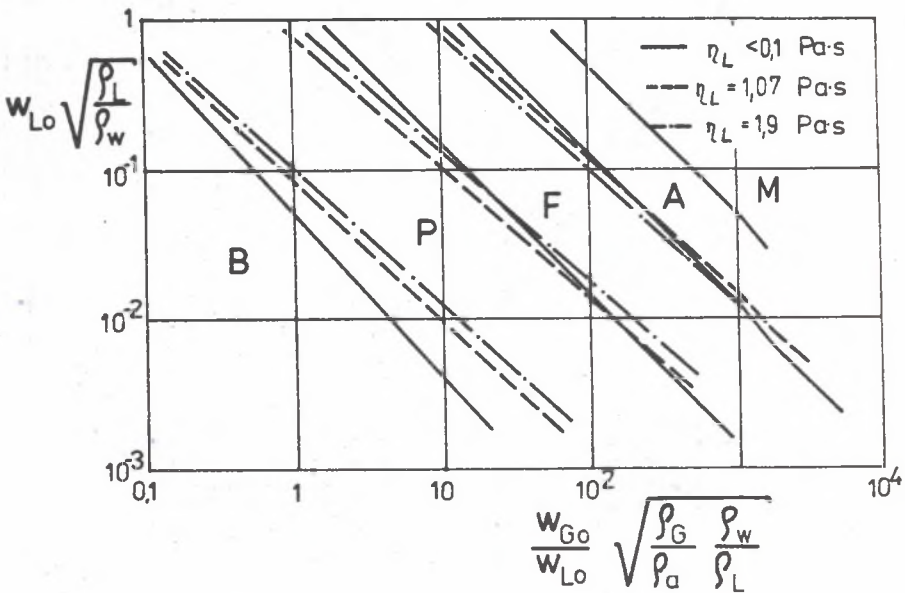
Rys.4. Histogramy dla poszczególnych rodzajów przepływu dwufazowego w rurze pionowej



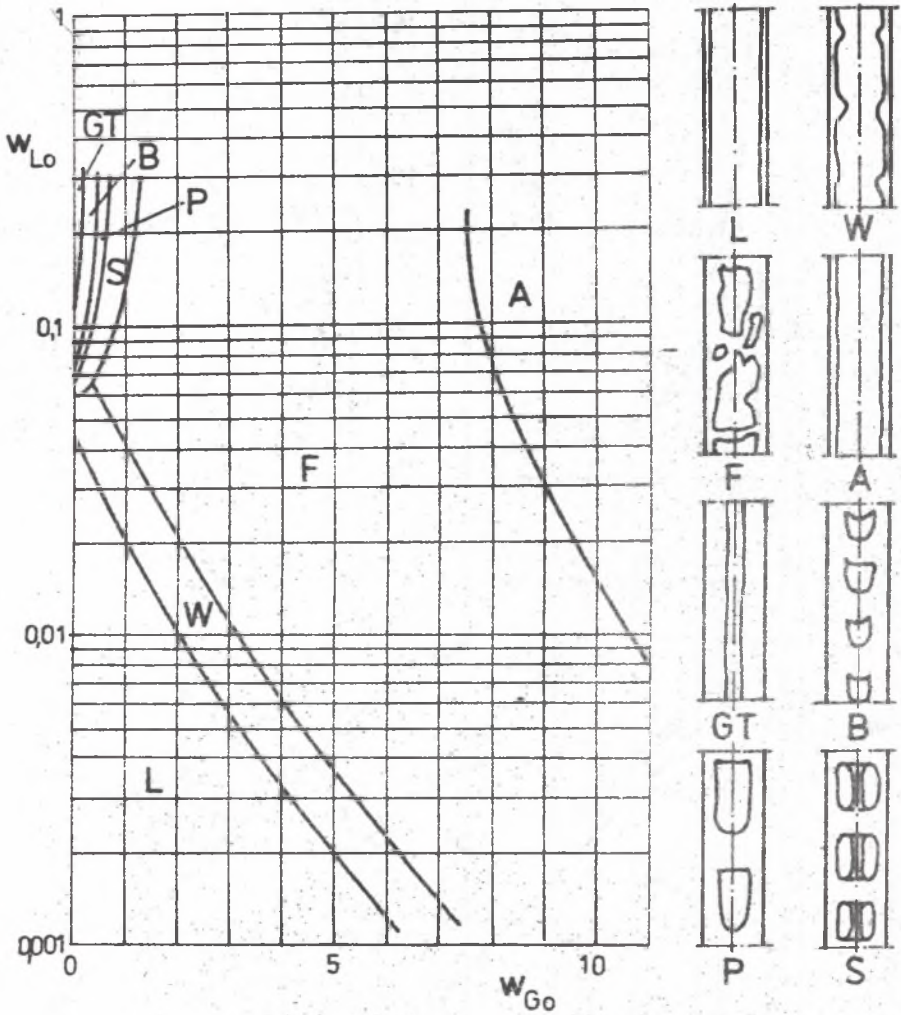
Rys.5. Innowacyjna metoda odzwierciedlania powierzchni międzyfazowej przy przepływie pierścieniowym; OSC-oscyloskop, V-voltamierz, F-licznik impulsów/częstościomierz/



Rys.6. Rozkłady funkcji $f = h$ odwzorowującej powierzchnię zafalowaną przy przepływie pierścieniowym



Rys.7. Mapa przepływu dwufazowego gaz-ciecz w rurze pionowej, przepływ ku górze / oznaczenia form wg rys.1 /



Rys.8. Mapa przepływu dwufazowego gaz-ciecz wysokolepka przy przepływie z góry w dół w rurze o średnicy 15 mm dla cieczy o lepkości 0,62 Pa s ; oznaczenia form: L-niezafalowany film, W-falowy, F-pianowy, A-pierścieniowy, GT-rdzeniowy, B-pęcherzykowy, P-korkowy, S-stalaktytowy

[7,8] , analizę sił elementarnych [9] czy też analizę modelu fizycznego dla poszczególnych struktur [10,11] .

Rezultaty tych prac nie mogą być jednak wykorzystane bezpośrednio przy projektowaniu aparatów przemysłowych. Ograniczenia i uproszczenia tkwiące w poszczególnych modelach teoretycznych stwarzają zbyt duży margines niepewności, co w przypadku projektowania kosztownych i odpowiedzialnych technologicznie aparatów, takich jak np. reaktory przepływowe, jest niedopuszczalne.

LITERATURA

- [1] L.Troniewski, R.Ulbrich: Zeszyty Naukowe WSI Opole, Mechanika z.15, 55, 91 (1981).
- [2] M.Fedczuk, L.Troniewski, R.Ulbrich, M.wróbel: Zeszyty Naukowe WSI Opole Mechanika z.24, 95, 25 (1983).
- [3] J.N.Solesio: Report CEA-R-4925, Grenoble 1974.
- [4] T.Oschinowo, M.E.Charles: Can.J.Chem. Engng., 52, 25 (1974) i 52, 438 (1974).
- [5] Y.Yamazaki, K.Yamaguchi: J. of Nuclear Sci. and Technol., 16, 4, 245 (1979).
- [6] L.Troniewski i inni: Raport IBM nr 20/83, WSI Opole 1983.
- [7] Z.Stomma: Praca doktorska, Instytut Badań Jądrowych, Świerk 1970.
- [8] Z.Bilicki: Zeszyty Naukowe IMP Gdańsk, 44/914, Gdańsk 1978.
- [9] E.Gvanát: Chem.Engng.Progress Symp. Series, 61, 57, 128 (1965).
- [10] Y.Taitel, D.Bornea, A.E.Dukler: AIChEJ. 26, 345 (1980).
- [11] A.E.Dukler, Y.Taitel, D.Bornea: AIChE J., 24, 5, 920 (1978)

РЕЖИМ ТЕЧЕНИЯ ПРИ ДВУХФАЗНОМ ТЕЧЕНИИ ГАЗА И ЖИДКОСТИ

Р е з ю м е

В работе представлено классификацию режимов течения при двухфазном течении газа и жидкости в вертикальных и горизонтальных каналах. Описано метод идентификации режимов течения. Представлено особенности связаны с течением высоко вязких жидкостей.

FLOW REGIMES IN TWO-PHASE GAS-LIQUID FLOW

S u m m a r y

Classification of flow regimes in two-phase gas-liquid flow in vertical and horizontal pipes has been presented. The objective method of predicting particular flow regimes was described. Differences for the flow of gas and liquid with high viscosity were discovered.