ZESZYTY NALKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

Seria: MECHANIKA 2.99

Nr kol. 1057

SYMPOZJON "MODELOWANIE W MECHANICE" POLSKIE TOWARZYSTWO MECHANIKI TEORETYCZNEJ I STOSOWANEJ Beskid Śląski, 1990

Andrzej Topoliński Wydział Mechaniczny Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy

ANALIZA NUMERYCZNA PŁASKIEGO LAMINARNEGO PRZEPŁYWU PĘCHERZYKOWEGO W KANAŁACH PIONOWYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono niektóre wyniki rozwiązania numerycznego płaskich, laminarnych przepływów pęcherzykowych w kanałach pionowych. Zastosowano dwupłynowy model fizyczny przepływu obu faz.

1. Wstęp

Od dawna znane są zależności opisujące z różną dokładnością rozkłady fazy gazowej w rozwiniętych pęcherzykowych przepływach turbulentnych [1], uwzględniające również charakterystyczne maksima lokalnych udziałów objętościowych gazu.

Ostatnio z powodzeniem stosowane są modele fizyczne i mate – matyczne, dające zadowalające obrazy półfizycznych przepływów, w tym również rozkłady lokalnych udziałów objętościowych fazy gazowej w poprzek kanałów [2,3]. W użytych tam algorytmach obli – czeniowych zakłada się, że za koncentrację fazy gazowej odpowiedzialny jest różny od zera gradient ciśnienia w cieczy w po – przek głównego kierunku przepływu, a ten spowodowany jest głównie obecnością w przepływie składowych normalnych tensora naprężeń turbulentnych. Wynikałoby z tego, że w rozwiniętych przepływach laminarnych nie powinny występować wspomniane charakterystyczne rozkłady fazy gazowej w poprzek kanału.

Wyniki doświadczeń przeprowadzonych również dla przepływów laminarnych i słabo sturbulizowanych wykazują, że w naturze występują podobne jakościowo jak w przepływach turbulentnych charakterystyczne profile lokalnych udziałów objętościowych gazu [1].

W niniejszej pracy przedstawiono niektóre rezultaty obliczeń uzyskanych dla rozwijających się pęcherzykowych przepływów lami – narnych w płaskich kanałach pionowych.

2. Model fizyczny i matematyczny przepływu

Założono dwupłynowy model fizyczny przepływu. Układ równań opisujący stacjonarny, izotermiczny przepływ fazy k przyjęto następujący:

$$\nabla \cdot (\mathscr{C}_{k} \mathcal{Q}_{k} \overline{\mathbb{V}}_{k}) = 0, \qquad (1)$$

$$\mathscr{C}_{k} \mathcal{Q}_{k} \overline{\mathbb{V}}_{k} \nabla \mathbb{V}_{k} = -\mathscr{C}_{k} \nabla p_{k} + \nabla \cdot \mathscr{C}_{k} \mathcal{C}_{k} + + \mathcal{C}_{k} \mathcal{Q}_{k} \overline{\mathfrak{q}} + \overline{\mathbb{M}}_{k}, \qquad (2)$$

gdzie: \mathscr{A}_k jest lokalnym udziałem objętościowym, \mathscr{G}_k -gęstością , p_k -ciśnieniem, \bar{v}_k -prędkością, \widetilde{C}_k -tensorem naprężeń lepkich fazy k, g-przyspieszeniem ziemskim _i a \bar{M}_k -uogólnioną międzyfazową siłą oporu.

W składzie tej ostatniej uwzględniono: siłę oporu czołowego, siłę od masy dodanej i siłę Basseta. Niżej podano zastosowaną po – stać wyrażenia M_L (indeks 1-faza nośna, 2-rozproszona)^{*}

$$\overline{M}_{2}^{*} - \overline{M}_{4}^{*} - 0.75 d_{2} c_{p} g_{4} \overline{V}_{r} |\overline{V}_{r}| / d_{B} + 0.5 M d_{2} g_{4} \frac{d\overline{V}_{r}}{dt} + 9B \overline{V}_{g_{4}} u_{4} / \overline{T} / d_{B} \int_{t_{0}}^{t} \frac{d\overline{V}_{r}}{ds} \frac{ds}{\sqrt{t-s}} .$$
(3)

Przez c_D, M, B oznaczono bezwymiarowe współczynniki oporu oraz masy dołączonej i siły Basseta [4], $\overline{v}_r = \overline{v}_2 - \overline{v}_1$, d_B jest średnicą cząstek (pęcherzy), μ_1 lepkością dynamiczną fazy nośnej (cieczy), t czasem, t_o - czasem początkowym.

W równaniach (2) dla fazy nośnej pominięto człony opisujące dyfuzję pędu w głównym kierunku przepływu oraz w ogóle zaniedbano dyfuzję w fazie rozproszonej. Założono również równość ciśnień, stałości gęstości oraz lepkości obu faz.

Obliczenia numeryczne wykonano dla kilku przypadków rozwijających się przepływów w prostych, płaskich kanałach pionowych. Na wlocie do kanałów założono jednorodne warunki brzegowe dla wszystkich wielkości fizycznych, na ściankach warunki przylega – nia dla prędkości obu faz oraz zerowanie się lokalnego udziału objętościowego fazy rozproszonej.

3. Wyniki obliczeń

Dla zilustrowanych niżej przypadków obliczeń szerokość kanału była stała i wynosiła H = 1° 10^{-2} m, średnice pęcherzy były jednakowe w całym przepływie i wynosiły d_B-= 1° 10^{-4} m; własności fizyczne obu płynów odpowiadały wodzie i powietrzu przy temperaturze 293 K. We wszystkich pokazanych przypadkach d_2 na wlocie było stałe i wynosiło 0.1, zaś prędkości faz odpowiednio: rys. 1 u₁ = 0.15, u₂ = 0.02 m/s, rys. 2 u₁= u₂=0.15 m/s, rys. 3 u₁ = 0.3, u₂ = 0.02 m/s.

Niektóre wyniki obliczeń przedstawiono na rysunkach 1 - 3.







Z uwagi na założoną symetrię wykresy sporządzono dla połowy przekroju kanału. Rysunki 1b, 2 oraz 3b pokazują profile lokalnych udziałów objętościowych w dwóch przekrojach rozwijającego się przepływu – dla $\bar{x} = x/H = 12$ bądź 4 oraz w odległości od wlotu $\bar{x} = 40$ przyjętej za dystans, od którego można traktować przepływ jako rozwinięty.



Rys. 2

Rysunki la oraz 3a przedstawiają profile prędkości obu faz w wymienionych przekrojach.

_Rysunki l i 2 dotyczą przepływów w górę,a rysunek 3 - w dół.



Rys. Ja

Rys. 3b

Profile prędkości obu faz przy przepływie w górę są z grubsza paraboliczne, a prędkość względna odpowiada prędkości swobodnego wznoszenia się pęcherza w nieruchomej cieczy. Rozkłady zgodne są jakościowo z obserwowanymi przy przepływach turbulentnych,

tj. maksimum koncentracji pęcherzyków występuje w pobliżu ścianek kanału. Wyraźniej zarysowany skok \mathscr{O}_2 na rys. 2, w porównaniu z lb,spowodowany jest zwiększonym w pierwszym przypadku strumieniem masowym gazu.

Dla przepływu w dół profile są jakościowo inne. Prędkości osiągają maksimum w pobliżu ścianek kanału, gdzie lokalny udział objętościowy oC₂ jest najniższy.

Uzyskane wyniki wymagają weryfikacji doświadczalnej. Obecnie budowane jest odpowiednie stanowisko badawcze.

LITERATURA

[1] Kiyosi Kobayasi, Yoshihiro Iida, Naomichi Kanegae: Distribution of local void fraction of air-water two-phase flow in a vertical channel. Bull. JSME, vol. 13, No 62, 1970

- [2] Wang S.K., Lee S.J., Jones O.C. Jr., Lahey R.T. Jr.: 3 d turbulence structure and phase distribution measurements in bubbly two-phase flows. Int. I. Multiphase flow, vol. 13, No 3, 1987.
- [3] Bertodano M.L., Lee S.J., Lahey R.T. Ir., Drew D.A.: The prediction of two phase turbulence and phase distribution phenomena using a Reynolds stress model. Winter Annual Meeting ASME, Chicago, Dec. 1988.
- [4] Topoliński A.: Siły Basseta w dwufazowych przepływach pęcherzykowych w kanałach/ w przygotowaniu).

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ПЛОСКОГО ЛАМИНАРНОГО ПУЗНРЪКОГО ТЕПЕЕМИ В ВЕРТИКАЛЬНОМ КАНАЛЕ

Резрме

В статье показани некоторие результати численных решений плоских ламинарных пузырьковых теченый в вертикальных каналах. Применено двухжилкостную модель течения.

Особенно обсуждено полученные распределеныя объёмных концен-

NUMERICAL ANALYSIS OF TWO-DIMENSIONAL LAMINAR BUBBLE FLOW IN A VERTICAL CHANNEL

Summary

In this paper Some results of the numerical solutions of the two-dimensional laminar bubble flow in vertical channels were showen.

A two-fluid model of flow was used. Specially the profiles of the yoid fraction across the flows were discussed.