

Andrzej Topoliński

Wydział Mechaniczny

Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy

## SILA BASSETA W PRZEPŁYWIE PĘCHERZYKOWYM W KANALE POZIOMYM

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono niektóre wyniki rozwiązania numerycznego płaskiego, laminarnego przepływu pęcherzykowego w kanale poziomym. Przedyskutowano wpływ na wyniki obliczeń uwzględnienia siły Basseta w równaniach opisujących przepływ.

### 1. CEL PRACY

W wielu zastosowaniach, zwłaszcza w energetyce jądrowej i przemyśle chemicznym, duże znaczenie mają przepływy pęcherzykowe.

Przy wprowadzaniu pęcherzy do cieczy pojawiają się siły bezpośrednio zależne od przyspieszenia względnego faz - od tzw. masy dołączonej i siły Basseta. Wobec stosunkowo lepiej znanej roli masy dołączonej w przepływach pęcherzykowych, praca niniejsza ma na celu ustalenie wpływu siły Basseta na stabilność i rezultaty obliczeń numerycznych płaskiego przepływu laminarnego w kanale poziomym.

### 2. ZAŁOŻENIA. RÓWNANIA OPISUJĄCE PRZEPŁYW

Podstawowe przyjęte założenia to stacjonarność, laminarność, izotermiczność, równość ciśnień i bezźródłowość obu faz w przepływie. Układ równań opisujący taki przepływ przedstawiono w [1]. Siłę Basseta (na jednostkę objętości, bez rozróżnienia właściwych dla każdej z faz znaków) wyrażono w postaci:

$$\bar{F}_B = 9B \sqrt{\rho_c \mu_c / \pi} d_b \int_{t_0}^t \frac{d\bar{v}}{ds} \frac{ds}{\sqrt{t-s}} \quad (1)$$

gdzie  $\bar{v}_r$  jest względną prędkością obu faz,  $d_p$  średnicą pęcherzy,  $\mu_c, \rho_c$  lepkością dynamiczną i gęstością cieczy,  $t$  czasem,  $t_0$  czasem początkowym,  $B$  stałą.

Zastosowanie drugiego twierdzenia o wartości średniej pozwala na wyrażenie (1) w postaci:

$$\bar{F}_B = 18 B \sqrt{\rho_c \mu_c (t - t_0) / \pi} \left[ \frac{d\bar{v}_r}{dt} \right]_t$$

gdzie  $t'$  jest średnim dla jednostki objętości płynu czasem występowania różnego od zera przyspieszenia względnego faz. W obliczeniach numerycznych obliczany był on w przepływie indywidualnie dla każdej objętości kontrolnej w przepływie przy wykorzystaniu bilansu strumieni masowych wpływającej doń fazy gazowej [3].

Obliczenia wykonano dla kilku przypadków rozwijających się przepływów w prostym, płaskim kanale poziomym. Na wlocie do kanału założono jednorodne warunki brzegowe dla wszystkich wielkości fizycznych, na ściankach wyłączną obecność nieruchomej cieczy.

Układ równań ruchu uproszczono pomijając człony dyfuzyjne w kierunku przepływu, a następnie wraz z równaniem ciągłości przekształcono wprowadzając zmienne Misesa. Paraboliczność zagadnienia umożliwiła zastosowanie różnicowego marszowego schematu obliczeń.

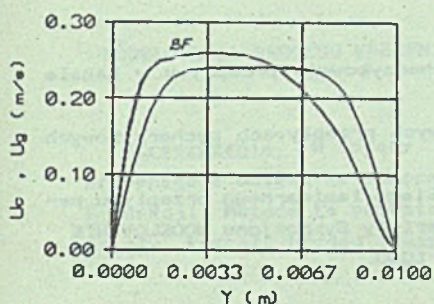
### 3. WYNIKI OBLICZEN

Z oszacowania członów równań pędu obu faz [2] wynika, że szczególnego wpływu siły Basseta na rozwiązanie należy oczekiwać zwłaszcza w kanałach poziomych dla wolnych przepływów płynów i niewielkich średnic pęcherzy.

Rysunki 1+4 przedstawiają niektóre wyniki obliczeń dla poniższego zestawu danych (c-ciecz, g-gaz): wysokość kanału  $H=10^{-2}$  m,  $\mu_c=10^{-3}$  Ns/m<sup>2</sup>,  $\mu_g=10^{-5}$  Ns/m<sup>2</sup>,  $\rho_c=10^3$  kg/m<sup>3</sup>,  $\rho_g=1$  kg/m<sup>3</sup>; na wlocie do kanału prędkości faz  $U_c=0.2$  m/s,  $U_g=0.1$  m/s, lokalny udział objętościowy gazu  $\alpha_g=0.1$ . Wszystkie przytoczone ilustracje dotyczą przekroju kanału w odległości  $x=1.3$  m od jego wlotu, w miejscu, w którym  $\alpha_g$  osiąga graniczną wartość 0.3. Obliczenia wykonane zostały w dwóch wariantach - bez i z uwzględnieniem siły Basseta. Krzywe przedstawione na wykresach, a dotyczące ostatniego wariantu, oznaczono literami BF.

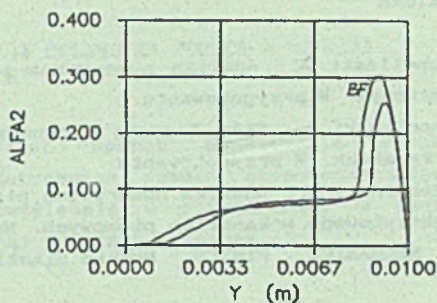
Profil prędkości (rys. 1) bez uwzględnienia siły Basseta wykazuje lekką niesymetryczność względem osi kanału wywołaną odpowiednim rozkładem fazy gazowej (rys. 2). Uwzględnienie siły Basseta w opisie matematycznym przepływu powoduje wzrost asymetrii profilu, zwiększając istotnie

naprężenia styczne (rys. 3) na dolnej ścianie ( $y=0$ ) oraz w mniejszym stopniu obniżając je na górnej ( $y=H$ ). Sumarycznie opory przepływu rosną tak, że obliczony spadek ciśnienia wzdłuż kanału jest wyższy (rys. 4) niż w przypadku przepływu bez uwzględnienia siły Basseta.



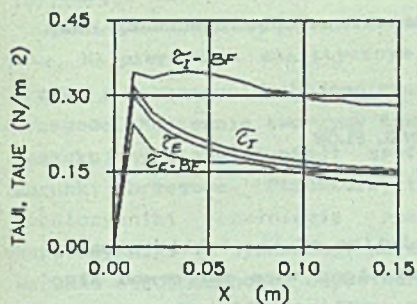
Rys. 1

Fig. 1



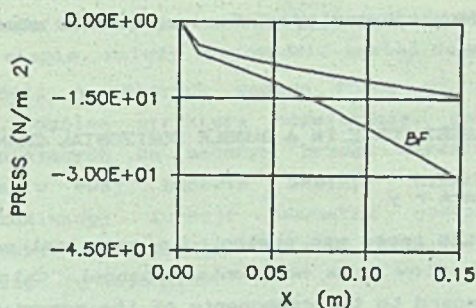
Rys. 2

Fig. 2



Rys. 3

Fig. 3



Rys. 4

Fig. 4

Przeprowadzone obliczenia dla innych zestawów danych (zmiennymi parametrami były jedynie wartości prędkości obu faz na wlocie do kanału) wykazały jakościowe podobieństwo do przedstawionych wyników. Zaobserwowano szybszą migrację pęcherzy ku górnej ścianie, a osiągnięcie tam wartości granicznej  $\alpha_g = 0.3$  następuje średnio dla 74% odległości  $x$  określonej na podstawie obrazów przepływów otrzymanych z obliczeń, w których siłę Basseta zaniedbano.

Analizowane wyniki obliczeń nie wykazały istnienia poślizgu międzyfazowego na głównym kierunku przepływu.

Otrzymane rezultaty, wobec braku odpowiednich danych, nie zostały zweryfikowane eksperymentalnie. Autor ma nadzieję na wykonanie odpowiednich doświadczeń w niedalekiej przyszłości.

#### LITERATURA

- [1] Topoliński A.: Analiza numeryczna pęcherzykowego przepływu w kanale poziomym. W przygotowaniu.
- [2] Topoliński A.: Siła Basseta w dwufazowych przepływach pęcherzykowych w kanałach. W przygotowaniu.
- [3] Topoliński A.: Analiza numeryczna płaskiego laminarnego przepływu pęcherzykowego w kanałach pionowych. Materiały Sympozjonu MODELOWANIE W MECHANICE, PTMTIS, Beskid Śląski, 1990.

#### СИЛА БАССЕТА В ПУЗЫРЬКОВОМ ГОРИЗОНТАЛЬНОМ КАНАЛЕ

#### Р е з ю м е

В статье показано численное решение пупырчатого, стационарного, ламинарного течения в плоском канале. Исследования были сделаны тоже с учетом составляющих уравнения количества движения, которые описывают силу Бассета.

#### THE BASSET FORCE IN A BUBBLE HORIZONTAL CHANNEL FLOW

#### S u m m a r y

In the paper was presented a numerical solution of the bubble steady, laminar flow in a horizontal channel. Calculations were performed also with regard to the components of the momentum equations which describe of the Basset force.