

MÔ HÌNH SỐ DÒNG CHẢY RỐI HAI PHA TRONG KÊNH DẪN

A. Mitkov¹, I. Antonon¹, Nguyễn Thanh Nam², Hoàng Đức Liên³¹Technical University Sofia, ²ĐH Bách Khoa-ĐHQG-HCM, ³ĐH Nông Nghiệp I Hà Nội
(Bài nhận ngày 08 tháng 2 năm 2002, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 30 tháng 3 năm 2002)

TÓM TẮT: Trong bài báo này các tác giả đã xây dựng lời giải số cho dòng chảy rối hai pha trong kênh dẫn trên cơ sở của mô hình Deiter & Philipov về dòng chảy với hơi ẩm có tính đến lực tương tác giữa các pha rắn và pha khí.

HỆ PHƯƠNG TRÌNH ĐẶC TRƯNG CỦA DÒNG CHẢY

Mô hình được xây dựng cho dòng chảy không ổn định của hai pha lỏng (với giả thiết các hạt hình cầu có cùng kích thước) và khí (nén được) trong kênh thiết diện chữ nhật. Mối quan hệ tương tác giữa các pha được thể hiện thông qua lực ma sát khí động.

Hệ phương trình của dòng chảy hai pha không ổn định có dạng [1]:

$$\frac{d}{dt} \iint_S a dy dz + \oint_L (b dy - c dz) = \iint_S f dy dz \quad (1)$$

Trong đó:

Phương trình	a	B	c	f
PT liên tục của pha khí	ρ_1	$\rho_1 u_1$	$\rho_1 v_1$	0
PT động lượng của pha khí	$\rho_1 u_1$	$p + \rho_1 u_1^2$	$\rho_1 v_1 u_1$	$-\varphi_2 R_z$
PT CĐ ngang của pha khí	$\rho_1 v_1$	$\rho_1 u_1 v_1$	$p + \rho_1 v_1^2$	$-\varphi_2 R_y$
PT năng lượng của pha khí	$\rho_1 (e_1 + c_1^2 / 2)$	$\rho_1 u_1 (h_1 + c_1^2 / 2)$	$\rho_1 v_1 (h_1 + c_1^2 / 2)$	$-\varphi_2 (R_z u_2 + R_y v_2 + Q)$
PT liên tục của pha rắn	ρ_2	$\rho_2 u_2$	$\rho_2 v_2$	0
PT động lượng của pha rắn	$\rho_2 u_2$	$\rho_2 u_2^2$	$\rho_1 v_2 u_2$	$\varphi_2 R_z$
PT CĐ ngang của pha rắn	$\rho_2 v_2$	$\rho_2 u_2 v_2$	$\rho_1 v_2^2$	$\varphi_2 R_y$
PT năng lượng của pha rắn	$\rho_2 e_2$	$\rho_2 e_2 u_2$	$\rho_2 e_2 v_2$	$\varphi_2 Q$

Trong hệ phương trình trên, R_y, R_z, Q là các thành phần của lực tương hỗ giữa các pha và nhiệt lượng của một đơn vị thể tích của pha rắn; φ_2 - mật độ thể tích tương đối của pha rắn. Khối lượng riêng của pha rắn có thể xác định theo công thức: $\rho_2 = \varphi_2 \rho_k$.

Thiết diện ngang tính toán có dạng chữ nhật nên ta sử dụng lưới chữ nhật để tính toán. Dựa theo đặc điểm của hỗn hợp chất rắn và khí [1] ta xác định điều kiện biên của bài toán như sau: tại thiết diện ban đầu của dòng chảy có thể coi sự phân bố của entapi h_0 ,

entropi S_0 là không đổi và phương của dòng chảy là như nhau. Tương tự tại thiết diện ra khỏi kênh của dòng chảy, phân bố của áp suất tĩnh sau thiết diện của lưới đều. Trên bề mặt của dòng chảy vận tốc của khí được cho bằng không. Dòng chảy được giả thiết cân bằng về phương diện nhiệt và cơ học, tức là nhiệt độ, vận tốc dài và góc vectơ của chúng là bằng nhau. Ngoài ra cũng giả thiết về phân bố đều của mật độ thể tích tương đối của pha rắn.

MÔ HÌNH SỐ CỦA DÒNG CHẢY

Tích phân số hệ phương trình chuyển động của dòng chảy được thực hiện bằng cách sử dụng lược đồ sai phân đối xứng với độ chính xác cấp một trên cơ sở cải tiến phương pháp Godunov. Phần tử tính toán được giới hạn bởi hệ lưới được tạo thành từ hai họ đường thẳng cắt nhau từng đôi một (thẳng đứng và nằm ngang) tạo nên những phần tử khối hình hộp. Các đường thẳng đứng được đánh số từ 0 đến M và các đường ngang từ 0 đến N. Vị trí của các điểm nút được ký hiệu bởi cặp hai số. Các thông số tại các điểm nút được ký hiệu bằng các chỉ số (m,n) ; $m=0,1,\dots,M$; $n=0,1,\dots,N$. Giá trị của các thông số tại các phần tử khối được phân biệt bằng các chỉ số $(m+1/2,n+1/2)$. Biên của các phần tử khối nằm giữa hai điểm nút kề nhau có chỉ số $(m,n+1/2)$ hay $(m+1/2,n)$.

Phương trình (1) được tích phân số trong phần tử khối $(m+1/2,n+1/2)$ và theo thời gian Δt cho ta sơ đồ của Godunov:

$$a^{m+1/2,n+1/2} = a_{m+1/2,n+1/2} - \frac{\Delta t}{\sigma_{m+1/2,n+1/2}} \times \\ \times [(b\Delta y - c\Delta z)_{m+1/2,n} + (b\Delta y - c\Delta z)_{m+1,n+1/2} + (b\Delta y - c\Delta z)_{m+1/2,n+1} + (b\Delta y - c\Delta z)_{m,n+1/2}] + \\ + \frac{\Delta t}{2} [f_{m+1/2,n+1/2} + f^{m+1/2,n+1/2}]. \quad (2)$$

Ở đây $\sigma_{m+1/2,n+1/2}$ là diện tích thiết diện biên của phần tử khối, các chỉ số bên dưới được sử dụng cho các giá trị của các thông số tại thời điểm t và các chỉ số bên trên, là tại thời điểm $(t+\Delta t)$.

Để hoàn chỉnh sơ đồ tính cần định rõ phương pháp tính các thông số tại biên của các phần tử khối. Với sự góp mặt của các quá trình trao đổi khối lượng, động lượng và năng lượng giữa các pha, bài toán không thể giải được bằng giải tích. Để khắc phục vấn đề này việc tính toán các giá trị các thông số của pha khí tại các phần tử khối tại thời điểm sau được chia làm hai bước. Trong bước đầu ta chỉ tính toán giá trị của các thông số tại biên của phần tử khối mà không kể đến ảnh hưởng của sự tương tác giữa các pha. Tác động của chúng chỉ được xét đến trong hệ phương trình cơ bản dưới dạng sai phân (2) trong bước hai.

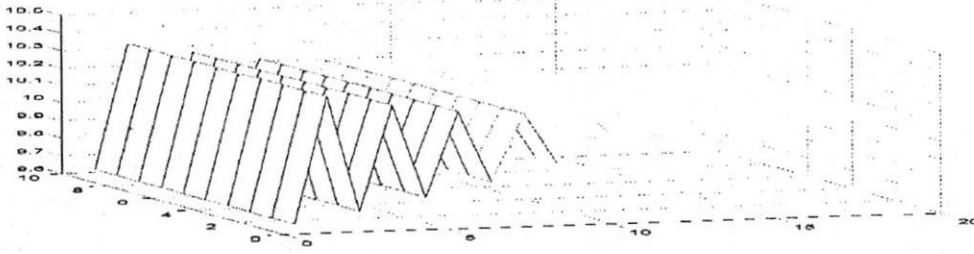
Các thông số của pha rắn tại biên của phần tử khối cũng được xác định qua lời giải của bài toán dòng chảy một chiều không ổn định của các phần tử khí với sự phân bố đều của các hạt rắn tại thiết diện ban đầu và giả thiết không có sự tương tác giữa các pha. Trong mô hình của lời giải có sử dụng phép lặp tuyến tính khi tính toán các thông số của khí và hạt pha rắn tại biên của phần tử khối.

KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

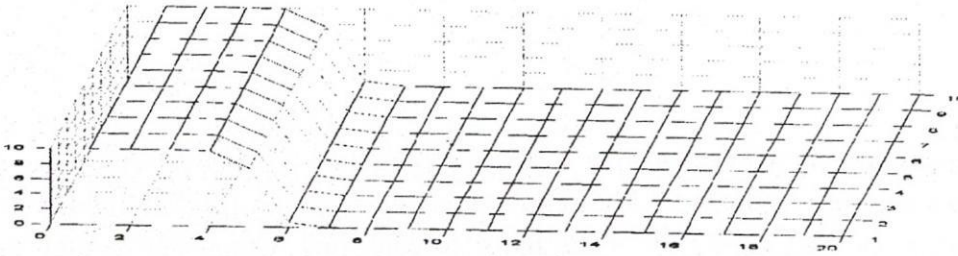
Kết quả tính toán cho một số trường hợp được cho trên hình vẽ có các điều kiện như sau:

- 1) Vận tốc của pha khí (chỉ có theo phương của dòng chảy): 10m/s
- 2) Vận tốc của các hạt chất lỏng: tương tự pha khí
- 3) Áp suất dư tại thiết diện vào: 0 Pa
- 4) Áp suất chân không tại thiết diện ra: 20 Pa

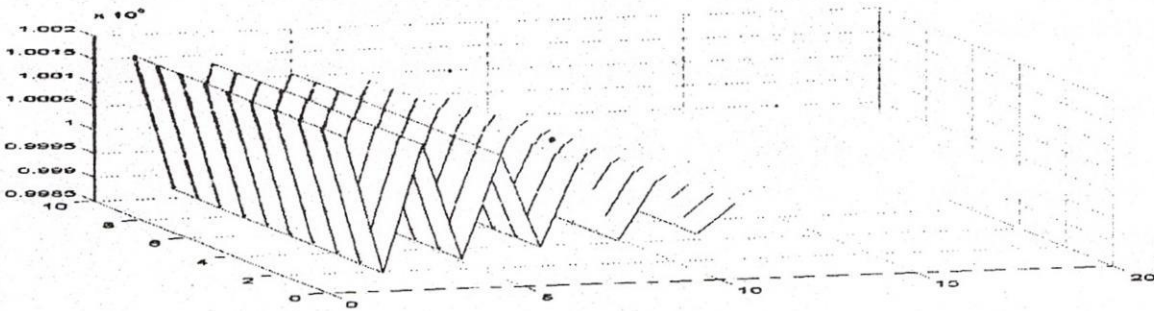
Tại thời điểm $t=0.0001s$



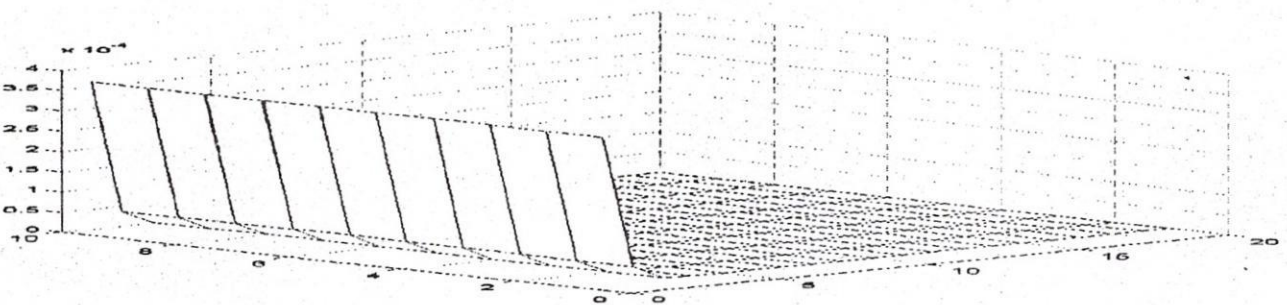
Phân bố vận tốc dài của pha khí



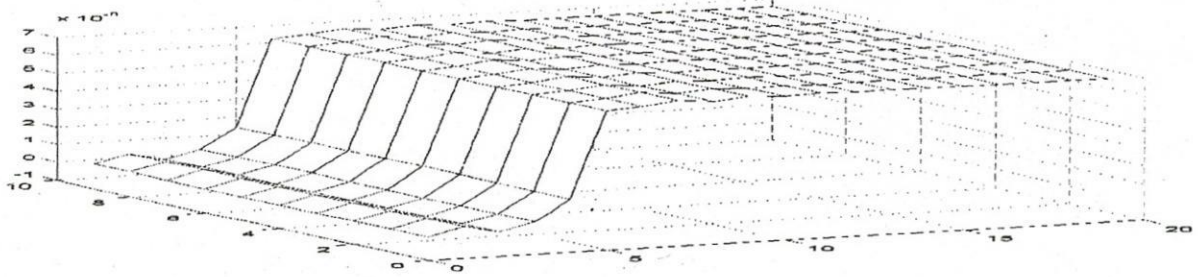
Phân bố vận tốc dài của pha rắn



Phân bố của áp suất



Phân bố của mật độ tương đối của pha rắn



Lực tương tác giữa các pha rắn và khí

KẾT LUẬN

Mô hình tính toán của bài toán trên là mô hình số cấp thấp do chưa kể đến ứng suất rời. Kết quả tính toán cho thấy sự phân bố không ổn định của các thông số vật lý của dòng chảy từ thiết diện này sang thiết diện khác theo chiều chuyển động. Công việc nghiên cứu mô hình tiếp theo sẽ bao gồm các nội dung:

- Lựa chọn phương pháp thích hợp cho việc tính toán các thông số vật lý tại lớp biên.
- Xem xét đưa vào đại lượng ứng suất rời xét đến ảnh hưởng của quá trình trao đổi chất và năng lượng theo phương ngang
- Xét đến quá trình trao đổi nhiệt giữa các pha, cũng như các lực tương tác giữa các pha rắn và khí.
- Xét đến sự thay đổi hình dạng thiết diện ngang của dòng chảy

Công trình nhận được sự hỗ trợ quý báu của quỹ NC khoa học tự nhiên thuộc TTKH tự nhiên và CN quốc gia.

NUMERICAL INVESTIGATION OF TWOPHASE TURBULENT FLOW IN CHANNEL

A. Mitkov, I. Antonov, Nguyễn Thanh Nam, Hoàng Đức Liên

(Received 08 February 2002, Revised 30 March 2002)

ABSTRACT: This article presents the numerical model of two-phase turbulent flow in channel basing on the model of Deter & Philipov for the flow of steam. Taking in consideration the force of mutual influences between gas and particles.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Дейч М. Е., Филиппов Г. А. Двухфазные течения в элементах теплоэнергетического оборудования. М.: Энергоатомиздат, 1987.
2. Я. Митков, И. Антонов, числено моделиране на Двухфазные течения, Научна конференция ЕМФ 2001, Т.III, стр.42-47
3. Antonov, I.S., N.T. Nam, *Two-fluid integral method for numerical investigation of a two-phase turbulent swirling jet*. News for "Lenin" VMEI, 1990. in Bulgarian.
4. Schreiber, A.A., L.B. Gavin, V.N. Naumov, V.P. Latsenko, *Turbulent flows in gas-particle mixtures*, Kiev, Naukova dumka, 1987, in Russian.