

**НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ ЕМФ 2008
ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – СОФИЯ
ЕНЕРГОМАШИНОСТРОИТЕЛЕН ФАКУЛТЕТ**

СБОРНИК ДОКЛАДИ

**ХІІІ^{-та} НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНО УЧАСТИЕ
ЕМФ 2008**

**ПОСВЕТЕНА НА 45 ГОДИНИ ОТ ОСНОВАВАНЕТО НА
ЕНЕРГОМАШИНОСТРОИТЕЛНИЯ ФАКУЛТЕТ**

**Том II
ХИДРОАЕРОДИНАМИКА И ХИДРАВЛИЧНИ МАШИНИ
ТЕКСТИЛНА ТЕХНИКА**

**17 – 20 септември 2008 г.
Почивна база на ТУ – София
гр. Созопол**

Докладите в сборника са рецензирани и одобрени от редакционна комисия в състав:

Председател: доц. д-р инж. Васил Йорданов

Членове:

доц. д-р инж. Бончо Бонев
доц. д-р инж. Ивайло Банов
доц. д-р инж. Емануил Агонцев
доц. д-р инж. Христо Петров
доц. д-р инж. Иван Геновски
доц. д-р инж. Огнян Бекриев

ВЕРТИКАЛНА ДВУФАЗНА ТУРБУЛЕНТНА СТРУЯ ПРИ НАЛИЧИЕ НА ПОДЕМНА СИЛА. ИНТЕГРАЛНИ УСЛОВИЯ.

Иван Антонов¹ Милчо Ангелов²

В работата са дадени интегралните условия при вертикална двуфазна турбулентна струя при наличие на подемна сила. Тя възниква вследствие разликата в плътностите на носещата (най-често газова) среда и околния еднороден флуид.

VERTICAL TWO PHASE BOUNCY TURBULENT JET. INTEGRAL CONDITIONS.

Ivan Antonov¹ Milcho Angelov²

Integral conditions for vertical two phase buoyant turbulent jet are done in the work. The jet arise because of density difference of carried (occasionally gas) medium and surrounding homogeneous fluid.

1. Увод

В класическата литература [1] се разглежда, макар и основополагащ, опростен вариант на приложение на интегрален метод при разпространение на монофазна (газова) струя във вертикално направление. Известни са разработките на колектива [2]-[4] и др., отнасящи се до приложение на двуфлуидна схема при изследване на двуфазни неизотермични струи.

При решаване на задачата с отчитане наличие на подемна сила е необходимо да се съобразят някои характерни особености продиктувани от вида на течението:

1. Приема се, че вертикалната струя е с положителна подемна сила т.е. посоката на подемната (Архимедова) сила и изтичането на струята съвпадат.
2. Решението е в сила във от началния участък – там където съществува афинност (подобие) на напречното разпределение на параметрите.
3. Подемна сила съществува само при носещата газова среда, която може да се приема въздух. Съществува стратификация на средата. По височина на течението температурата на околната среда респ. плътността ѝ се мени.
4. Приема се двуфлуидна схема на течението. Всяка фаза има собствена скорост, плътност и температура. Връзката между системите интегрални условия са силите на междуфазово взаимодействие или свързаните с тях членове в уравнението.

5. Носещата (газова) среда компенсира загубите на енергия при ударите на частиците примеси и от силите на междусово взаимодействие. Последните се записват със знак „-“ в уравнението за носещите фази и с „+“ при фазата на примесите. Това условие означава, че част от количеството на движение на носещата фаза и на подемната сила се „изразходват“ за увличане в движение на частиците примеси.
6. Решаването на задачата не позволява обединяване на уравненията за количество на движение на двете фази – за разлика от това при изследване на двуфазни неизотермични струи.
7. Приема се, че струята е ососиметрична или близка по конфигурация с нея.

2. Материали и методи

Интегрални условия.

Тъй като се разглежда струя с наличие на подемна сила е необходимо да се има предвид нейната неизотермичност. Тази неизотермичност може да бъде и междуфазова, и между струята и околната среда. За това ще бъде даден възможния най-сложен случай на разпространение при наличие на междуфазов и с околната среда топлообмен. Основните интегрални условия са за количеството на движение, кинетичната енергия и топлообмена на фазата и условието за запазване съдържанието на примеси.

- условие за количество на движение на носещата газова среда

$$\frac{\partial}{\partial x} \int_0^{\infty} \rho_g U_g^2 y dy = -g \int_0^{\infty} (\rho_g - \rho_{g2}) y dy - F_x \quad (1)$$

- условие за количество на движение на фазата на примесите

$$\frac{\partial}{\partial x} \int_0^{\infty} \rho_p U_p^2 y dy = F_x \quad (2)$$

- условие за запазване съдържанието на примеси

$$\int_0^{\infty} \rho_p U_p y dy = G_0 \quad (3)$$

- условие за кинетичната енергия на газова фаза

$$\frac{\partial}{\partial x} \int_0^{\infty} \rho_g U_g^3 y dy = -2 \int_0^{\infty} \rho_g v_{tg} \left(\frac{\partial U_g}{\partial y} \right)^2 y dy - U_g F_x - g \int_0^{\infty} U_g (\rho_g - \rho_{g2}) y dy \quad (4)$$

- условие за кинетичната енергия на фазата на примесите

$$\frac{\partial}{\partial x} \int_0^{\infty} \rho_p U_p^3 y dy = -2 \int_0^{\infty} \rho_p v_{tp} \left(\frac{\partial U_p}{\partial y} \right)^2 y dy + U_p F_x \quad (5)$$

- условие за топлосъдържанието на фазите

$$\frac{\partial}{\partial x} \int_0^{\infty} C_{pg} \rho_g U_g (T_g - T_2) y dy = \int_0^{\infty} F_x (U_g - U_p) y dy - \int_0^{\infty} Q y dy \quad (6)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \int_0^{\infty} C_{pp} \rho_p U_p T_p y dy = \int_0^{\infty} Q y dy \quad (7)$$

В условията (1÷7) са въведени означенията:

G_0 - начално количество на примесите,

$$G_0 = \rho_{g0} \chi_0 U_{p0} y_0^2 C_1 \quad (8)$$

$\chi_0 = \frac{G_{p0}}{G_{g0}}$ - начална масова концентрация на примесите;

$$Sc_t = Sc_g \left(1 + \sqrt{1 + \frac{1}{1 + \chi_0}} \right) - \text{число на Шмидт, } Sc_g = 0,75;$$

C_1 - скоростен коефициент за началното сечение

Pr_t - турбулентно число на Прандтл.

Модел на турбулентност:

За пресмятане на турбулентният кинематичен вискозитет се използва модел на турбулентност от нулев порядък. Прилага се модификация на модела на Шец, съгласно [4]:

$$v_{tg} = K'_x R_u U_{gm} \text{ и } v_{tp} = K'_x R_p U_{pm}, \quad (9)$$

където: $K'_x = K_1 f_\chi(\chi_m) f_D(Re_p)$

$$f_\chi(\chi_m) = \frac{1}{1 + \chi_m}, \quad f_D = 1 + 0,179 Re_p^{0,5} + 0,13 Re_p \quad (10)$$

Коефициентът K_1 се определя в границите - $K_1 = 0,01 - 0,03$.

Допълнителни изисквания:

За решаване на интегралните условия (1÷7) се препоръчва да се използва подобие на напречното разпределение на параметрите в струйния граничен слой. Добри резултати при двуфазни турбулентни струи дава безразмерното разпределение, съгласно [2] [6];

$$\left(\frac{U_g}{U_{gm}} \right) = \frac{U_p}{U_{pm}} = f_1(\eta) = \exp(-K_u \eta^2)$$

$$\left(\frac{U_g - U_p}{U_{gm} - U_{pm}} \right) = \frac{U_p}{U_{pm}} = \frac{f_1(\eta)(U_{gm} - U_{pm})}{U_{gm} - U_{pm}} = f_1(\eta) = \exp(-K_u \eta^2) \quad (11)$$

$$\left(\frac{\chi}{\chi_m} \right) = f_2(\eta) = \exp(-K_\chi \eta^2)$$

$$\left(\frac{\rho_g}{\rho_{gm}}\right) = \frac{T_{gm}}{T_g} = f_3(\eta) = \exp(K_T \eta^2)$$

$$\left(\frac{\rho_p}{\rho_{pm}}\right) = f_4(\eta) = \exp(K_T \eta^2 - K_\chi \eta^2)$$

$$\left(\frac{T_p}{T_{pm}}\right) = \frac{T_g - T_2}{T_{gm} - T_2} = f_4(\eta) = \exp(-K_T \eta^2)$$

$$\frac{T_g - T_p}{T_{gm} - T_{pm}} = f_4(\eta) = \exp(-K_T \eta^2)$$

Където η е безразмерното разстояние: $\eta = \frac{y}{x}$,

$$K_u = 70, K_p = Sc_t K_u, K_T = Pr_t K_u$$

Дебелините на граничните слоеве по скорост, концентрация и температура се определят чрез турбулентните числа на Pr_t и Sc_t :

$$R_p = \frac{R_u}{Sc_t}, R_T = \frac{R_u}{Pr_t} \quad (12)$$

С въвеждането на подобие на скоростното, температурно и концентрационно поле се решава системата интегрални условия (1÷7). В резултат се получава система от алгебрични и обикновени диференциални уравнения, която се решава числено.

3. Заключение

Полученото в работата е основа за решаване на двуфазни неизотермични турбулентни струи при наличие на подемна сила. В случай на необходимост може да се използват и допълнителни условия от по-горен ред, като препоръчително е те да са относно концентрацията или температурата.

4. Благодарности

Разработката на материала се финансира от фонд "Научни изследвания" при МОН по договор ВУ-ТН-107/2005 г.

Литература:

1. Абрамович, Г.Н и др. Теория турбулентных струй. М, Наука, 1984 г.
2. Antonov, I.S., Angelov, M.S., Integral methods for investigation of two dimensional two phase turbulent jets, 10th Intern. Conference SAER'96, sept. 27-29, St. Konstantin, Bulgaria, Proc. in Computer systems and Computer added applications, pp. 156-160.

3. Лиен, Х., Антонов, И., Изследване двумерни двуфазни неизотермични турбулентни струи при използване на интегрален метод. Анализ на резултатите от числения експеримент. Научна конференция ЕМФ'96, Сборник доклади, т. 3, стр. 3-9.
4. Лиен, Х., Двуфазни неизотермични турбулентни струи, автореферат на дисертация, С. 1996 г.
5. Шец Д., А., Турбулентные течения. Процесс, вдува и перемешивания, М., Мир, 1984 г.
6. Chider, N.A., Beer, J.M., Velocity and static pressure distributions in swirling air jet, Trans. ASME, ser. D, J of basic Engen., v. 86,1964.

¹Иван Славейков Антонов- проф. дтн, ТУ София, кат. ХАД,02 9572270,
antonov94116@yahoo.com

²Милчо Стоянов Ангелов – доц д-р, УХТ, Пловдив, кат. МАХВП,032 603840,
mangelov@filibeto.org