



проведення механічної обробки різаної поверхні плазмою перед зварювання.

Враховуючи позитивні результати презентації та демонстраційного різання плазмовою установкою, комісія рекомендує:

– після проведення додаткових досліджень, організувати повторну презентацію з використанням механізованого пристрою різання та обмеження потужності електроспоживання до 15 кВт, розглянути можливість виконання ремонтних робіт з використанням плазмової різки на магістральних трубопроводах і комунікаціях компресорних станцій.

Літературні джерела

1 Ширшов Й.Г., Котиков В.Н. Плазменная резка. - Л.: Машиностроение, 1987.

2 Акулов А.И. (ред.). Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки. - М.: Машиностроение, 2003.

3 Овчинников В.В. Технология ручной дуговой и плазменной сварки и резки металлов. – М.:ИЦ Академия, 2016.

УДК 532.13

ПРОФІЛЬ ШВИДКОСТІ ОКОЛОКРИТИЧНИХ ФЛЮЇДІВ ПРИ ЛАМІНАРНОМУ РУСІ В КАПІЛЯРІ

І. Л. Бошкова, Н. В. Волгушева, О. С. Лукьянова

*Одеська національна академія харчових технологій
Інститут холоду, кріотехнологій і екоенергетики
ім. Мартинівського В. С., м. Одеса 65082, вул. Дворянська 1/3
e-mail: tte_onaft@ukr.net*

Необхідність опису процесів переносу в умовах аномального росту стисливості пов'язана з розвитком нових технологій, зокрема, технологій підвищення вторинної нафтовіддачі пластів при витісненні її вуглекислотою. Математичне моделювання процесів витіснення ускладнюється тим, що в області застосування термодинамічні параметри досягають значень, близьких до термодинамічної околиці критичної точки, де будуть проявлятися ефекти, якими в інших умовах можна було знехтувати. В першу чергу, це – прискорення потоку і зростаючий вплив об'ємної в'язкості. Значне збільшення стисливості призводить до зміни густини по довжині капіляра, викликаючи прискорення потоку, що призводить до відхилення форми профілю швидкостей від параболического розподілу.

Математична модель руху стисливої рідини в порах і капілярах, що становлять структуру пласта, складена в припущенні, що рідина



рухається в каналі круглого перетину постійної величини. Розглядається потік стисливої рідини, що рухається в капілярі при відсутності зовнішніх джерел тепла. Завдання знаходження залежності для визначення профілю швидкостей вирішувалася за таких умов і припущеннях: рідина рухається в капілярі в термодинамічному стані, близькому до критичної точки рідина-пар; рух є стаціонарним і ізотермічним; тиск в каналі залежить тільки від поздовжньої координати Z і приймається постійним по перетину; радіус капіляра малий у порівнянні з його довжиною. Потік має осьову симетрію; стратифікація потоку і флуктуаційні явища не враховуються.

Останнє припущення має істотне значення. Відомо, що при наближенні до критичної точки (КТ) гравітаційні ефекти проявляються у вигляді стратифікації рідини, що було помітно під час проведення експериментів навіть з малими об'ємами критичних рідин. Так, при дослідженні в'язкості ксенону [1] при висоті зразка 0.7 мм неомогенності густини досягали 7%. Крім того, рух сприяє збільшенню спонтанних флуктуацій, після виникнення яких у зв'язку з особливими властивостями критичного стану релаксаційні процеси в флюїди тривають години і навіть дні, тобто час встановлення рівноваги помітно перевищує час проведення експерименту. У запропонованій задачі враховується тільки вплив стисливості і зміни густини (питомого об'єму) по довжині капіляра через втрати тиску по потоку.

З урахуванням прийнятих умов рівняння руху в диференціальній формі в циліндричній системі координат набуває вигляд, аналогічний рівнянню руху, отриманого авторами [2]:

$$\rho w \frac{\partial w}{\partial z} - \eta \left(\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial r} \right) = - \frac{dp}{dz} + \eta \left(\frac{4}{3} + \frac{\eta'}{\eta} \right) \frac{\partial^2 w}{\partial z^2}, \quad (1)$$

де η – коефіцієнт динамічної зсувної в'язкості, η' – коефіцієнт об'ємної в'язкості. Похідну $\frac{\partial w}{\partial z}$ можна отримати з умови сталості масової витрати $G = \rho \bar{w} A = const$; де \bar{w} – середня по перерізу капіляра швидкість, A – площа поперечного перерізу капіляра, G – масова витрата.

Остаточний вигляд залежності для розрахунку профілю швидкостей при русі стисливої рідини:

$$w(r) = \frac{M - N}{k^2} \left(1 - \frac{I_0(kr)}{I_0(kR)} \right), \quad (3)$$

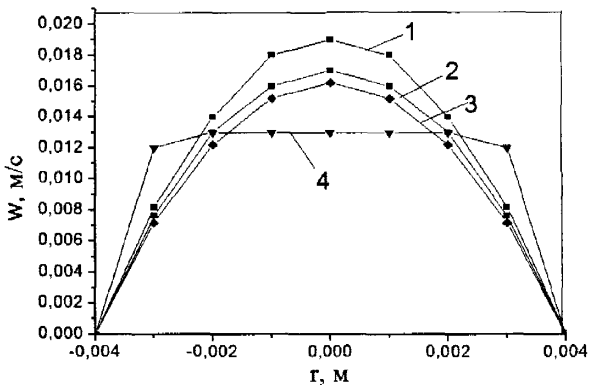


$$M = \left(\frac{4}{3} + \frac{\eta'}{\eta} \right) \frac{\partial^2 w}{\partial z^2}, \quad N = \frac{1}{\eta} \frac{dp}{dz}, \quad k^2 = \frac{G}{\nu A} \left(\frac{\partial \nu}{\partial p} \right)_T \frac{dp}{dz}, \quad I_0 \text{ і } K_0 -$$

функції Бесселя уявного аргументу, ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості, R – радіус поперечного перерізу капіляра, r – поточний радіус.

У роботі досліджувалась околоритична течія вуглекислого газу, для визначення термодинамічних характеристик застосовувалася програма ThermoC, розроблена проф. У.К. Дайгерсом [3].

Результати розрахунку профілю швидкостей по перетину каналу радіусом $r = 4$ мм представлені на рис.1. Витрата $G = 2,1843 \cdot 10^{-6}$ кг/с, режим руху – ламінарний. Аналіз отриманих даних показує, що при наближенні до КТ спостерігається відхилення форми профілю від профілю Пуазейля, характерного для ламінарних режимів, що пояснюється ефектами стисливості рідини. При значенні питомого об'єму $\nu = 2,139 \cdot 10^{-3}$ м³/кг (лінія 4), яке практично відповідало КТ, локальні швидкості вирівнюються, профіль приймає форму, відповідну усередненій при турбулентному режимі. Локальні швидкості, що формують профіль швидкостей, зменшуються при переході від лінії 1 до лінії 3, що пов'язано зі зменшенням питомого об'єму.



1 - $\nu = 2,125 \cdot 10^{-3}$ м³/кг, 2 - $\nu = 2,132 \cdot 10^{-3}$ м³/кг, 3 - $\nu = 2,139 \cdot 10^{-3}$ м³/кг,
4 - $\nu = 2,159 \cdot 10^{-3}$ м³/кг.

Рисунок 1 – Профілі швидкостей флюїду (CO₂) в околі критичної точки

Результати розрахунків показують, що зменшення радіусу капіляру призводить до збільшення відхилення від профілю Пуазейля. Це



важливо враховувати при моделюванні процесів нафтовіддачі для проведення математичних операцій усереднення дифузійних процесів.

Літературні джерела

1 Berg R.F., Moldover M.R. Critical exponent for viscosity of carbon dioxide and xenon // J. Chem. Phys. 1990. № 93. P. 1926-1938.

2 Van den Berg H.R., Ten Seldam C.A., Van der Gulic P.S. Compressible laminar flow in capillary // J. Fluid Mech. 1993. Vol. 246. P. 1-20.

3 U.K. Deiters. A modular program system for the calculation of thermodynamic properties of fluids. Chem. Eng. Technol., 2000, 23, 581-584], основанной на методе [U. K. Deiters and T. Kraska, High-Pressure Fluid Phase Equilibria Phenomenology and Computation, volume 2 of Supercritical Fluid Science and Technology. Elsevier, Amsterdam, 2012 – 370 p.

УДК 621.866.001.4

СТЕНД ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ВАНТАЖОЗАХОПНИХ ПРИБОРІВ

А. О. Кичма, Р. Я. Предко

*Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013, Україна, e-mail:
akyehma@gmail.com*

Стенд для випробування вантажозахопних пристроїв може застосуватись у нафтогазовій, хімічній та інших суміжних галузях промисловості, а саме для випробування вантажозахопних пристроїв, таких як металеві і неметалеві стропа з роликками та без роликів, а також м'яких рушників, які містять одну, дві і більше строп плоского поперечного перерізу, виготовлених з технічних поліефірних та капронових тканин.

Відомий стенд для випробування стропів, що містить раму з парою роликів для стропів і встановлений на рамі силовий гідроциліндр [1]. Такий стенд не дозволяє випробовувати стропа у вигляді м'яких рушників, які містять свої коромисла і траверси. Тому його застосування для випробування таких вантажозахопних пристроїв, є неможливим.

Відомий також стенд для випробування стропів, що містить раму з встановленим на ній силовим гідроциліндром для натягу строп, насосну станцію для живлення гідроциліндра і каретку для закріплення стропів з компенсуючим приспособленням, який включає гідроциліндри з підпружиненими поршнями, до штоків яких