

де, W -енергія активації, kt -середня енергія хаотичного руху, C -коефіцієнт який залежить від інтенсивності коливань, температури, перескоку, $\frac{du}{dx}$ - градієнт швидкості, що складає швидкість зміни швидкості в напрямку x , перпендикулярному напрямку руху шарів.

Ньютонівський коефіцієнт в'язкості залежить від температури, тиску та типу речовини: $\mu = f(T, p, \rho)$.

Аналітична залежність μ від T згідно з дослідженнями Г. М. Панченкова має вигляд [2]:

$$\mu = 3\sqrt{6R} \cdot \sqrt{\frac{\omega_w^2}{N_0}} \cdot \rho^{\frac{4}{3}} \cdot M^{-\frac{5}{4}} \cdot T^{\frac{1}{2}} \cdot e^{-\frac{\varepsilon}{RT}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{\varepsilon}{RT}}\right)^2 \quad (4)$$

де R - газова постійна; ω_w - власний обсяг молекул в розрахунках на 1г -моль; N_0 - число молекул в об'ємі 1г-моль; M - молекулярна маса; ρ - щільність; ε - енергія зв'язку молекул рідини, яка визначається роботою, яку необхідно затратити, для переміщення на нескінченно великі відстані від її початкового положення (ця робота дорівнює прихованої теплоті випаровування, поділена на половину координатного числа рідини).

В результаті поглибленого аналізу робочих процесів встановлено, що до функціональних недоліків демпфера відносяться: вспінення, кавітація робочої рідини, залежність в'язкості від температури та інерційність робочої рідини.

Висновки. Врахування явища переносу та розглянутих методів моделювання, можливо застосувати для розробки демпферів які працюють в широкій області частот і амплітуд. Поглиблене пізнання явища переносу і врахування неусталених режимів роботи в змінних умовах експлуатації, може бути головним критерієм при проектуванні демпферів з стабільною робочою характеристикою.

Таким чином у відповідності з наведеним підходом розглянуто задачу демпфування у гідравлічному демпфері з змінним коефіцієнтом переносу в'язкості. При зміні температури від $+20^\circ \text{C}$ до $+55^\circ \text{C}$ зусилля опору демпфера змінилось майже в два рази, що потребує застосування компенсаційного вузла - «компенсатора» та поглибленого дослідження реологічних моделей та властивостей робочих рідини на синтетичній основі.

Список використаних джерел

1. Шорин С. Н. Теплопередача. - М. : Высшая школа, 1964. - 490 с.
2. Трофимов В. А. Рабочие жидкости систем гидропривода / В. А. Трофимов, О. М. Яхно, А. П. Губарев, Р. И. Солонин. - К. : НТУУ «КПИ», 2009. - 184с.
3. D Raabe (2004) Overview of the lattice Boltzmann method for nano- and microscale fluid dynamics in materials science and engineering Modelling Simul. Mater. Sci. Eng. -12 (2004) p.13-46.
4. Bird, R.B., Stewart, W.E. and Lightfoot, E.N. (August 2001). Transport Phenomena (Second ed.). John Wiley & Sons. ISBN 0-471-41077-2.
5. Бруязцкий Е. В. Метод контрольного объема в компьютерной гидродинамике / Е. В. Бруязцкий А. Г. Костин, Е. И. Никифорович - Киев : Милениум, 2016.- 520 с.
6. I. Nochnichenko and O. Uzunov, "Characteristics of throttles in hydraulic shock absorber considering temperature changes of fluid", Mech. Adv. Technol., vol. 2, no. 80, pp. 39—44, 2017. doi: 10.20535/2521-1943.2017.80.109169.

УДК 532.551

Носко С. В., к.т.н., доц.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЛИВНИКА НА ОСНОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІКИ ПОТОКУ

Анотація. Проведені експериментальні дослідження кінематичних характеристик в'язкої і аномально-в'язкої рідини в послідовно з'єднаних місцевих опорах методом візуалізації. Приведені розрахункові залежності

для визначення зон вихороутворення і перепаду тиску. Визначені взаємозв'язки між конструктивними і технологічними параметрами литної системи.

Ключові слова: дестабілізація потоку, система ливника, місцеві опори.

Процес отримання відливок високої якості вимагає рішення цілого комплексу теоретичних і практичних завдань, одним з яких є дослідження гідродинамічних характеристик потоку в каналах системи ливника. Як видно з представленого аналізу літературних даних, у більшості випадків, конфігурація окремих елементів системи ливника представляє місцеві опори /1-4/. Перехід з одного елемента системи ливника в інший супроводжується дестабілізацією потоку, а обурення, що з'являються при цьому в потоці, не обмежуються тільки розмірами самого місцевого опору, а охоплюють значно більші ділянки каналу (передпочатковий і початковий). У зв'язку з цим, мета роботи полягає в експериментальному дослідженні гідродинамічних особливостей течії розплаву і отриманні залежностей для інженерного розрахунку втрат тиску на характерних ділянках системи ливника.

Принципова конструкція елементів системи ливника (шлакоуловителя і дроселя) в якій використаний ефект раптового звуження і розширення і збільшення тиску у напрямі течії показана на рис.1. Ця конфігурація елементів системи ливника повинна створювати наступні умови течії : вихрова застійна зона А має бути стійкою і утримувати частки шлаку, що потрапляють в цю зону; дросель 1 зменшує турбулентне перемішування металу. Крім того, після входу в дросель (за наявності гострих кромки) відбувається стискування потоку (рис.1) за рахунок сил інерції і утворення "кільцевої ізольованої порожнини".

Ця вихрова порожнина S_{ex} у дроселі украй небажана, оскільки із-за пониження тиску (тиску "розрядки") в ній нерозчинених часток (шлак, формувальна земля), що мають значно меншу масу потрапляють в неї, а оскільки ця область має масообмен з основним потоком, то, відповідно, і в ливарну порожнину. Враховуючи складну кінематику потоку, картина течії в області місцевих опорів досліджувалася експериментально за допомогою методів візуалізації потоку. Як модельні рідини використовувалися вода, водні розчини натрієвої солі (КМЦ) і поливинилового спирту (ПВС) різної концентрації, в'язкість, що має аномалію. Індекс течії при цьому змінювався в межах $1 \leq n \leq 0.386$.

Як впливає з опитних даних, режим зростання основного вихору А відбувається до певного значення числа Рейнольдса, залежно від реологічних властивостей рідини. Далі по мірі збільшення критерію Рейнольдса ($Re \geq 1010$) спостерігається зниження інтенсивності вихрової області, зменшення її розмірів і деяке зміщення осі обертання у напрямі бічної стінки каналу. Коли Re досягає значення 1460-1480 відбувається роз'єднання основного вихору і утворення бічної застійної зони. .

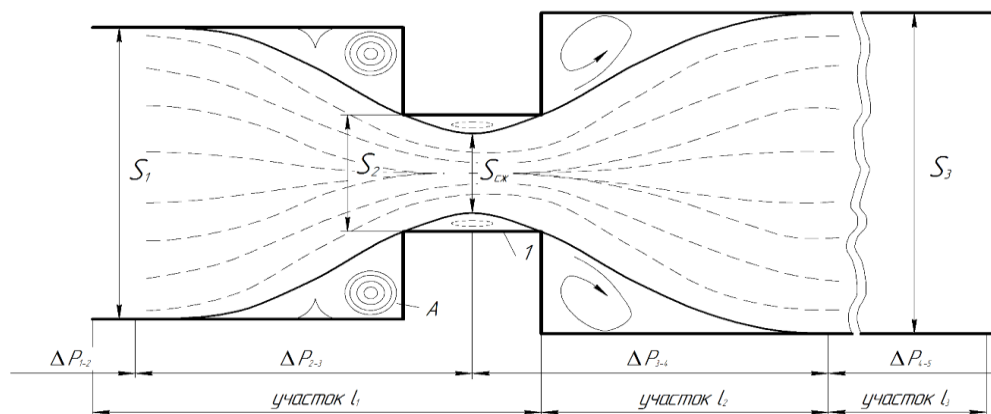


Рис.1 - Принципова конструкція елементів системи ливника і картина течії рідкого металу: 1 - шлакоуловитель; 2 - дросель; 11 - дросель ливника; 12, 13 – шлакоуловитель.

Таким чином, аналіз реальної картини течії в області раптового звуження (з коефіцієнтом звуження $D_0=2$ і $D_0=3$) для в'язких і аномально-в'язких рідин показує, що закономірність утворення вихрових зон А і С має однакову тенденцію і відрізняється кількісними чинниками. Отже, можна зробити висновок, що розміри вихрової області А і Із залежать від геометричних параметрів місцевого опору, реологічних властивостей рідини, що рухається, і числа Рейнольдса, тобто $L_B=f(K_0; R; Re)$. У загальному випадку ця функціональна залежність має наступний вигляд:

$$L_B = K_0 \cdot Re \cdot D_{np}^a, \quad (1)$$

де D_{np} - приведений діаметр каналу;

a - коефіцієнт, що враховує реологічні властивості середовища.

Довжину області стискування потоку можна визначати по формулі виду :

$$L_K = K_0 \cdot a \cdot D_{np}, \quad (2)$$

Отже, довжина області місцевого опору змінює "живий" переріз каналу і призводять до складніших законів розподілу гідростатичного тиску по його довжині. Різний характер течії розплавленого металу в даній області системи ливника показує, що при розрахунку доцільно виділити ряд характерних ділянок (l_1, l_2, l_3) (рис. 1).

Втрати енергії для даної ділянки запишуться у вигляді двох складових ΔP_1 і ΔP_2 . Де $\Delta P_1 = \Delta P_2 - 3$ - оборотні втрати енергії, визначувані на ділянці 2-3 (рис. 1), а $\Delta P_2 = \Delta P_3 - 4$ - обернені втрати енергії, визначені відповідно на ділянці 3-4. Таким чином сумарні втрати тиску на цій ділянці каналу, тобто $\Delta P_2 - 3 + \Delta P_3$ - визначається з наступного виразу:

$$\sum \Delta P = \rho \frac{Q}{2S_2} \left[\left(\frac{1}{K_0^2} - 1 \right) \left(\frac{1}{K_c} - 1 \right)^2 \right], \quad (3)$$

де ρ - щільність рідини;

Q - витрата рідини; $K_0 = S_1 / S_2 >$, а $K_c = S_{сж} / S_2 < 1$.

$S_{сж}$ - площа стискуваного перерізу.

Тоді величина сумарних втрат тиску на досліджуваній ділянці, з достатньою для інженерії розрахунків мірою точності, визначається з формули:

$$\sum \Delta P = \rho \frac{Q}{2S_2} \left[\frac{4}{K_0 + 1} \left(1 - \frac{1}{K_0 + 1} \right) + \frac{1}{K_0^2} - 2 \right]. \quad (4)$$

Як показали експериментальні дослідження, проведені в даній роботі, похибка формули (4) не перевищує 17%. Втрати тиску в шлакоуловителе визначаються для ділянки l_2 по формулі (4), а для ділянки l_3 відповідно по формулі (5):

$$\Delta P_H = L_H \frac{\lambda U_{xcp}^2}{2gH} + \frac{U_{xcp}^2}{2g}, \quad (5)$$

где L_H - довжина гідродинамічної початкової ділянки;

N - параметр, значення якого залежить від умов входу, так наприклад при течії води (при $t=20^\circ \text{З}$, $\nu=0,011 \cdot 10^{-4}$ м/сек) в прямокутному каналі, цей параметр набуває значення рівного- 0,048.

Загальні втрати обчислюються як сума втрат на цих ділянках. В результаті експериментальних досліджень отримана картина течії в області місцевих опорів, встановлені закономірності утворення застійних зон. Отримані залежності для інженерного розрахунку втрат тиску на характерних ділянках системи ливника. Ці результати після їх аналізу і оцінки вносять істотні корективи при розробці методики гідродинамічного розрахунку системи ливника.

Список литературы

1. Худокормов Д.Н. Производство оливок из чугуна. М.: Металлургия, 1990. - 320с.
2. Дудченко А.В., Тарасевич Н.И., Примак И.Н. Особенности заполнения формы крупной стальной отливки с использованием этажной литниковой системы с обратным стояком. МЕТАЛЛ И ЛИТЬЕ УКРАИНЫ № 4 (239) '2013- с.12-16.
3. Скворцов А. А. Аксименко А. Д. Влияние внешних воздействий на процесс формования слитков и заготовок. М.: Металлургия, 1989. -280 с.
4. Sisavath S., Jing X., Pain C.C., Zimmerman R.W. Creeping flow through axisymmetric sudden contraction or expansion // J. Fluids Eng. (Trans. ASME). 2002. V. 124(1). P. 273278.
5. Яхно О. М., Носко С. В. Влияние условий входа на ламинарное течение вязкой жидкости в начальном участке канала // Гідравліка і гідротехніка: Науково-технічний збірник – К.: НТУ, 1980. – Вип. 31. – С 18-22.

УДК 532.513.1

Луговський О. Ф., д.т.н., проф., Ночніченко І. В., к.т.н., доц., Костюк Д. В., к.т.н., асистент, Зілінський А. І., асистент
КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ КАВІТАЦІЇ В ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ

***Анотація.** У роботі розглядається застосування ультразвукової кавітації при електролізі водного розчину для отримання водню. Метод отримання водню шляхом електролізу є добре відомим і поширеним, проте, має не надто високу енергоефективність та потребує контролю та підтримки робочого режиму. Відомими проблемами при роботі електролізера є зміна хімічного складу електроліту з часом та його неоднорідність, забруднення пластин та налипання на них бульбашок газу. Застосування ультразвукових коливань є достатньо поширеним при різноманітних технологічних процесах, тому його використання в процесі електролізу може дозволити підвищити продуктивність роботи електролізера та час його безперервної роботи. Розроблено стенд для перевірки ефективності роботи електролізера та проведена оцінка підвищення ефективності генерації газу під дією ультразвукового поля.*

***Ключові слова** – електроліз, генератор водню, ультразвукова кавітація, водень.*

Воднева енергетика є перспективною, якщо брати до уваги екологічні питання у використанні вуглеводнів. Отримання водню шляхом електролізу води є раціональним, зокрема, у випадку невеликого споживання газу, проте даний спосіб є менш енергоефективним порівняно з іншими. Електролізери набули широкого поширення в водневій енергетиці. Електроліз води відрізняється від інших методів отримання водню простотою технологічної схеми, доступністю води в якості сировини, простотою обслуговування установок, високою надійністю в експлуатації.

Щодо водневої енергетики, ключова теза, що тільки спалювання водню в атмосфері кисню є абсолютно екологічно безпечним, оскільки при цьому нічого, крім води, не утворюється. Якби водень був так само доступний, як і природний газ, він би дійсно став ідеальним паливом, яке не забруднює навколишнє середовище. У зв'язку із загрозою глобальної енергетичної та екологічної кризи, в передових країнах світу розробляються альтернативні технології та пристрої, що використовують відновлювальну енергію і технологію енергозбереження [1 – 4].

Процес електролізу можна представити наступною схемою (рис. 1).