

**Ф. С. Ходченко, студент,
Є. В. Мочалін, д.т.н., професор**

Національний авіаційний університет

ГІДРОДИНАМІЧНІ ВТРАТИ ПРИ ПРОТІКАННІ РІДИНИ КРІЗЬ ОТВОРИ У ОБЕРТОВОМУ ЦИЛІНДРІ

Закрутка потоку в обертових системах широко застосовується у техніці як засіб інтенсифікації процесів тепло- та масопереносу, а також розділення фаз суспензій. В деяких технічних пристроях із закрутою потоку має місце протікання рідини крізь обертовий проникний циліндр. Зокрема, така схема течії має місце в ротаційних фільтрах очистки рідин від дисперсних домішок [1,2]. Одним з питань оптимізації конструкції таких пристроїв є зниження гідродинамічного опору протіканню рідини крізь обертовий перфорований циліндр.

З цією метою розглянуто плоску задачу про течію зовні всередину крізь щілини шириною d у обертовому циліндрі із зовнішнім радіусом R та внутрішнім радіусом $R-l$. Характерні лінії течії у відносному русі рідини у періодичному фрагменті розрахункової області, які отримані чисельним моделюванням, наведені на рис. 1. Відмітною особливістю є утворення вихору на вході до щілини за типом течії у каверні, внаслідок чого живий переріз суттєво зменшується.

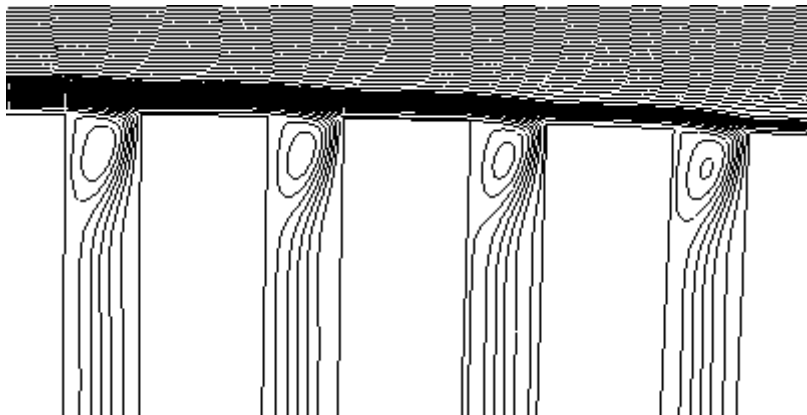


Рисунок 1 – Лінії течії відносного руху рідини крізь щілини у обертовому циліндрі

Визначальними параметрами для течії зовні обертового циліндра є [1,2] обертове (Re_ϕ) та радіальне (Re_r) числа Рейнольдса. Характерними швидкостями є, відповідно, колова швидкість на зовнішній поверхні циліндра ($U = \omega R$) та середня радіальна швидкість поблизу неї ($V = Q/S$), яка дорівнює відношенню об'ємної витрати рідини до всієї площі поверхні. За характерний розмір прийнятий радіус циліндра R . Тобто, $Re_\phi = UR/\nu$, $Re_r = VR/\nu$. Ще одним характерним розміром, є ширина щілини, яку характеризує безрозмірна величина d/R . Сполучення цих параметрів визначає, зокрема, розміри та інтенсивність вихрової зони на вході до щілин. Гідравлічні втрати залежать також від довжини щілини у радіальному напрямку (l), або в узагальненій формі від l/R . Число Рейнольдса потоку у отворі може бути виражене через $Re_r, d/R$ та коефіцієнт живого перерізу циліндра k_s , який дорівнює відношенню сумарної площі отворів до повної площі поверхні циліндра.

Найбільш зручним з точки зору інженерних методик розрахунку технічних пристроїв є підхід до визначення гідравлічних втрат у термінах коефіцієнтів опору на основі формули Вейсбаха. Цей підхід також дає змогу проаналізувати структуру втрат та співвідношення основних джерел їх утворення.

В нашому випадку можна виділити три основних фактора виникнення гідравлічних втрат. Першим є вихроутворення на вході до отворів, яке можна охарактеризувати коефіцієнтом місцевого опору ζ_v . Другим є втрати на тертя по довжині отвору. Відповідний коефіцієнт, визначений з урахуванням відносної довжини l/d , позначимо як ζ_f . Останнім фактором є подолання інерційного напору, обумовленого дією відцентрових сил. Відповідні втрати також можна привести до швидкісного напору з отриманням відповідного коефіцієнту опору ζ_i . На рис. 2 наведені графіки зміни відносних величин зазначених коефіцієнтів (віднесених до їх суми) в залежності від обертального числа Рейнольдса для випадку $d/R = 0.01$, $l/R = 0.1$, $k_s = 0.15$.

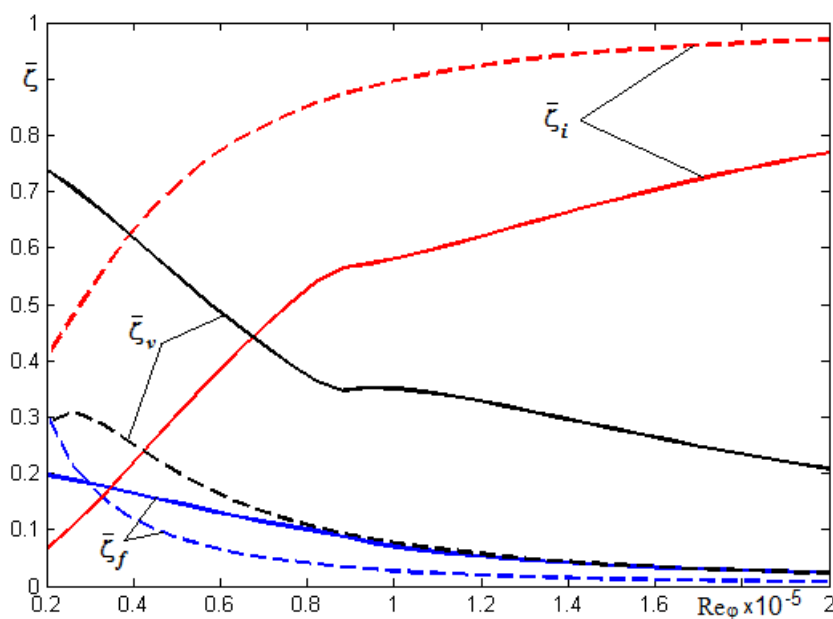


Рисунок 2 – Залежність відносних коефіцієнтів опору від параметра Re_ϕ для $Re_r = 300$ (пунктирні лінії) та $Re_r = 1200$ (суцільні лінії)

Отримані результати, зокрема, показують, що вихрові втрати можуть мати співставні з інерційними значення. Але якщо відцентрові втрати суттєво зменшуються зі зменшенням l/R , то за малих значень цього параметру, які також залежать від d/R , можуть суттєво змінитися умови вихроутворення у отворах. Це пояснюється можливою взаємодією зсувних шарів на обох кінцях отворів, яка може спричинити виникнення нестационарного вихрового руху рідини у отворах та біля них.

Література

1. Serre E. Stability of Taylor–Couette flow in a finite-length cavity with radial throughflow / E.Serre, M.A. Sprague and R.M. Lueptow // Phys. Fluids.– 2008.– Vol. 20. – Article ID: 034106. –10 p.
2. Мочалин Е.В. Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных массовых сил / Е.В. Мочалин, А.А. Халатов.– Киев: Ин-т техн. теплофизики НАН Украины, 2010.– Т.8: Гидродинамика закрученного потока в ротационных фильтрах.– 428 с.