

Немировський О.В., ст. гр. АА-31

Гапон О.А., ст. гр. АА-31

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ВИХОРОКАМЕРНИХ НАСОСІВ

У багатьох галузях промисловості (будівництво, хімічна, вугільна, теплоенергетична, транспорт, сільське господарство) широке розповсюдження мають системи, призначені для переміщення середовищ, створені на основі насосів, що перекачують різні гетерогенні середовища. Ефективність їх роботи істотно впливає й на ефективність виробництва. У більшості випадків робота насосів відбувається за несприятливих умов експлуатації, при впливі різних негативних факторів з боку середовищ таких як: вібрація, ударні навантаження, висока температура і хімічна агресивність рідин, наявність абразивних часток у середовищах, що перекачують, це приводить до того, що експлуатаційні якості лопатевих насосів обмежені або знижені [1]. Ці впливи приводять до швидкого зношування ущільнень насосів та механічних робочих органів, а під час перекачуванні газорідинних сумішей з великим вмістом газу – до зриву параметрів роботи.

Рішення проблеми можливе шляхом використання струминних насосів для перекачування середовищ в умовах, що викликають зниження експлуатаційних характеристик лопатевих насосів. Струминним насосам притаманні високі показники довговічності та надійності, вони конструктивно прості й можуть працювати практично на будь-яких концентраціях і складах робочих рідин. Однак, струминні насоси мають велику витрату робочої рідини й великі поздовжні габаритні розміри, їх ККД не перевищує 30 % [2]. З іншого боку, вихрові ежектори, мають більш компактні розміри, але їх ККД не досягає й 10 % [3].

Таким чином, удосконалювання енергетичних характеристик струминних нагнітачів є актуальним завданням, рішенням якого є пошук ефективних принципів передачі енергії й відповідних технічних рішень у конструюванні струминних нагнітачів для перекачування одне- і багатофазних середовищ, якими є, розроблені й досліджені в роботі струминні насоси з вихровою робочою камерою, названі, вихорокамерними насосами [4].

Використання таких гідроаеродинамічних ефектів як створення надлишкового тиску на периферії обертового потоку й зниження тиску на осі [5], дозволяє створювати струминні пристрої, відмінні від відомих струминних насосів [6]. До їх числа відносяться насоси з вихровою камерою змішання [2]. Перевагами вихорокамерного насоса, у порівнянні з ежекторами й насосами прямоточного типу, є можливість більшого ступеня підвищення тиску на виході з апарата при низьких рівнях тиску живлення й значне зниження осьових розмірів. Поліпшити енергетичні характеристики вихорокамерних насосів можна за рахунок зменшення втрат на удар у процесі змішання взаємодіючих потоків [7], що може привести до більш досконалих енергетичних характеристик насосів, ніж наведені в роботах [7].

Вихорокамерний насос [2] працює в такий спосіб (схема насоса наведена на рис. 1): основний потік з тиском p_s й об'ємною витратою Q_s подається через тангенціальний канал входу у вихрову камеру змішання, де утворюється обертовий потік із надлишковим тиском на периферії й приосьовою областю зниженого тиску. У цю область через осьові канали в торцевих кришках вихрової камери всмоктуються потоки, що перекачуються, з тисками p_{in1} і p_{in2} й витратами Q_{in1} й Q_{in2} , відповідно. Суміш, що утвориться в камері, через тангенціальний канал виходу надходить на вихід з насоса з тиском p_e й об'ємною витратою Q_e . Потік,

що утвориться на виході з насоса подається в трубопровід або скидається в атмосферу (при вакуумуванні замкнутих обсягів).

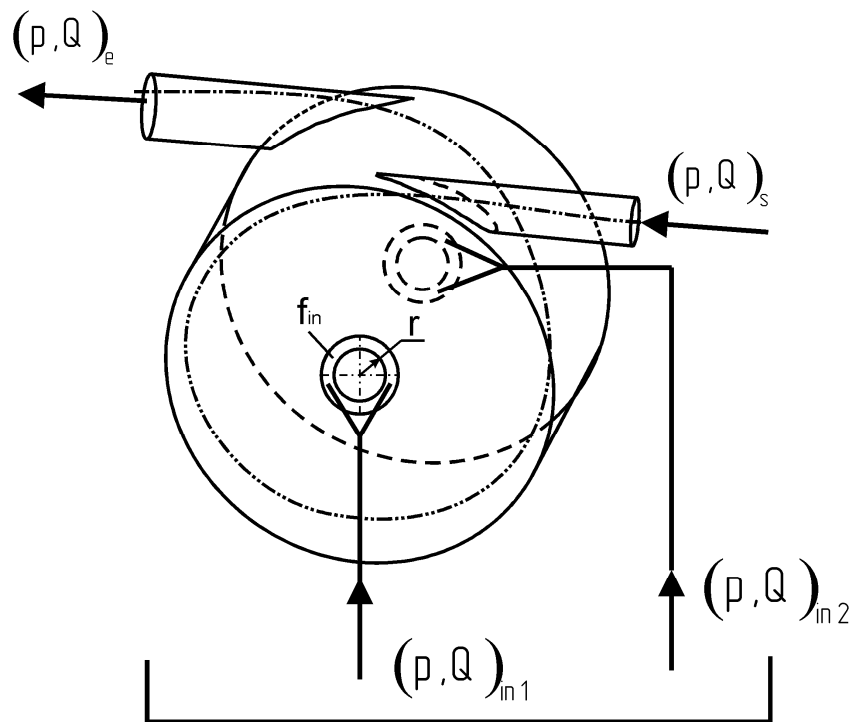


Рисунок 1 – Вихорокамерний насос

У струминних апаратах, навіть при відсутності в'язкості рідини, ККД менше 1, оскільки основною особливістю струминних апаратів є вирівнювання швидкостей потоків, що змішуються, а цей процес приводить до втрати на удар, тобто до втрати (дисипації) частини працездатної енергії потоків [7].

Відомо [7], що основні втрати енергії активного потоку у струминному насосі залежать від особливостей взаємодії змішуваних потоків. Тому що, зазвичай, пасивний потік або має мінімальну швидкість, або не має її зовсім, утворюється велика різниця між швидкістю пасивного (перекачаного) й активного потоків. Внаслідок цього відбувається, так званий удар потоків, що призводить до значних втрат енергії активного потоку. Цей взаємозв'язок між різницею

швидкостей та втратами енергії потоку показано на рис. 2. Як можна бачити на рисунку, наведеного у [7], втрата на удар (δE) залежить, від відношення швидкостей потоку, що перекачується (V_{in}), і робочого потоку (V_s) на вході у вихрову камеру змішання. Чим це співвідношення ближче до одиниці, тим менше втрата на удар.

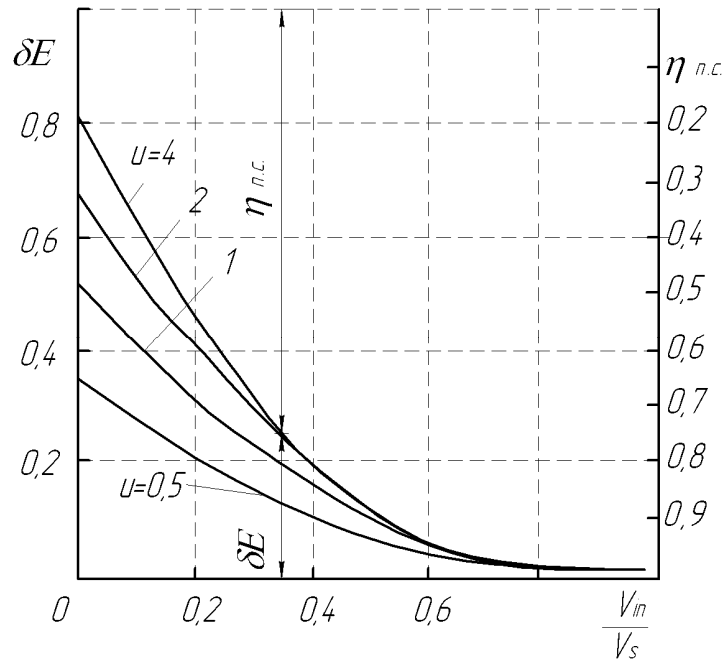


Рисунок 2 – Залежність ККД процесу змішання й втрат на удар від співвідношення швидкостей потоків. Узято з [7] (u – коефіцієнт ежекції).

Зменшити втрати енергії у вихорокамерному нагнітачі можливо за рахунок зменшення різниці швидкостей активного та пасивного потоків. Тому, для аналізу можливих кроків для зниження співвідношення швидкостей та забезпечення мінімальних втрат, необхідно визначити розподіл швидкостей по радіусу вихрової камери вихорокамерного насосу. Це можливо зробити двома шляхами: розрахунковим та експериментальним. В останні роки, широкого розповсюдження набули числові способи розрахунку течії рідин в умовах складної проточної частини на основі вирішення рівнянь Рейнольдсу, що приводить при мінімальних витратах економічних ресурсів на проведення розрахунку до

досить точних результатів, які досягають помилки до 15 % [8]. В той же час фізичний експеримент, потребує досить великих капітальних вкладень для конструювання експериментальної установки. З іншої сторони, хоча без кінцевої експериментальної перевірки обійтися не можливо, числовий експеримент може використатися під час попередніх розрахунків, отримання аналітичних залежностей із обов'язковою експериментальною перевіркою адекватності на останньому етапі наукової роботи.

Висновки

Зменшити втрати енергії у вихорокамерному нагнітачі можливо за рахунок зменшення різниці швидкостей активного та пасивного потоків. Тому, для аналізу можливих кроків для зниження співвідношення швидкостей та забезпечення мінімальних втрат, необхідно визначити розподіл швидкостей по радіусу вихрової камери вихорокамерного насосу.

Література

1. Євтушенко А.О. Гідродинамічні машини і передачі: Навч. посібник для студ. вищих навч. закл. / Сумський держ. ун-т. — Суми : Видавництво СумДУ, 2005. — 256с.
2. Роговий А.С. Удосконалювання енергетичних характеристик струминних нагнітачів. Дис...канд. техн. наук: 05.05.17 / Східноукраїнський національний ун-т ім. Володимира Даля. — Луганськ, 2007. — 193 с.
3. Вихревые аппараты. / А.Д. Суслов, С.В. Иванов, А.В. Мурашкин, Ю.В. Чижиков. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.
4. Syomin D., Rogovy A. Features of a working process and characteristics of irrotational centrifugal pumps. // Procedia Engineering, Volume 39, 2012, Pages 231–237. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.029>.

5. Халатов А.А., Авраменко А.А., Шевчук И.В. Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных сил: в 4-х т.- Киев: Ин-т техн. теплофизики НАН Украины, 2000 - т.3: Закрученные потоки. – 477с.
6. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. / Меркулов А.П. – М.: Машиностроение, 1969. – 184 с.
7. Соколов Е.Я. Струйные аппараты. / Соколов Е.Я., Зингер Н.М. – 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.
8. Гарбарук А.В. Моделирование турбулентности в расчетах сложных течений: учебное пособие / А.В. Гарбарук, М.Х. Стрелец, М.Л. Шур – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 88 с.

Науковий консультант: Роговий А.С., проф. каф. теоретичної механіки і гідравліки.