

Роговий А.С., доц. д.т.н.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна

УЗАГАЛЬНЕНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИХОРОКАМЕРНИХ НАГНІТАЧІВ

***Анотація.** На основі експериментальних досліджень побудовано узагальнену характеристику вихорокамерних нагнітачів. Раніше існування двох різних за фізичною сутністю робочих процесів у нагнітачі потребувало використання різних методик гідродинамічного розрахунку, внаслідок суттєво різного розподілу тиску вздовж радіуса вихрової камери. З метою узагальнення досвіду проектування вихорокамерних нагнітачів для реалізації кожного з робочих процесів окремо та об'єднання їх в одній конструкції нагнітача побудовано його характеристику. Для виконання поставленої мети було проведено експериментальні дослідження на спеціально створеній експериментальній установці з моделлю нагнітача діаметром вихрової камери 60 мм. Узагальнена характеристика дозволяє розраховувати робочу точку системи та здійснювати розрахунки економічності регулювання роботи нагнітача. Після верифікації розрахунків, математичним моделюванням побудовано узагальнені характеристики модифікованих нагнітачів.*

***Ключові слова:** вихорокамерний нагнітач, експериментальні дослідження, математична модель, узагальнена характеристика*

На сьогоднішній день широке розповсюдження в різних галузях промисловості отримали струминні нагнітачі [1]. На відміну від нагнітачів, насосів, компресорів, повітродувок лопатевого та об'ємного типів, струминні нагнітачі мають високі показники надійності та довговічності за рахунок відсутності рухомих елементів в своїй конструкції [2]. Ці переваги проявляються, в першу чергу, в тих системах де наявне швидке зношування елементів насосів, особливо під впливом абразивності, високих температур та хімічної агресивності середовищ, які перекачуються. Але, струминні нагнітачі мають досить низькі коефіцієнти корисної дії [3, 4]. Так ККД прямоточного струминного насосу не перевищує 30 %, а вихрового ежектору – 10 % [5]. Тому подальший пошук більш ефективних способів передачі енергії за допомоги поєднання двох способів – обміну кількістю руху та переважною дією відцентрової сили у створюваних нагнітачах нового типу на основі вихрової камери, вихорокамерних нагнітачів (ВКН) є актуальною науково-практичною проблемою [6].

Концепція ВКН створена на основі об'єднання позитивних якостей відцентрових (лопатевих) насосів та струминних нагнітачів [6-8]. Відмінними рисами роботи вихорокамерних нагнітачів є використання особливостей гідродинаміки обмежених стінками обертових потоків – вакууму біля осі обертання і підвищеного на периферії вихрової камери тиску [7]. Внаслідок вакууму відбувається всмоктування потоку, що перекачується, у вихрову камеру під дією перепаду тиску. Рідина, що потрапила у вихрову камеру, за рахунок обміну кількістю руху з обертовим потоком активної рідини при зіткненні здобуває тангенціальну швидкість і далі під дією сил тиску і домінуючої відцентрової сили відкидається до периферії камери, де потрапляє у тангенціальний канал виходу з нагнітача. Під час руху потоку вихровою камерою, частинки рідини здобувають кінетичну енергію перетворенням потенціальної енергії підвищеного на периферії камери тиску [8]. Таким чином, на відміну від класичних струминних нагнітачів, у ВКН основну енергію частинки отримують переважно у консервативному полі під дією відцентрової сили. Потік, що перекачується переходить на периферію вихрової камери, де несуча рідина має високі відносні значення потенціальної енергії, які можуть сягати 90% від затрачуваної енергії несучого середовища [6].

В роботах [6, 7] доведено існування двох різних за фізичною сутністю робочих процесів у ВКН: 1) зі скиданням у дренажний канал частини середовища але з відносно високим тиском на виході з нагнітача; 2) без дренажу, невеликим тиском і високими значеннями витрати. Метою даної роботи є узагальнення досвіду проектування

вихорокамерних нагнітачів для реалізації кожного з робочих процесів окремо та об'єднання їх в одній конструкції нагнітача й побудова його характеристики.

Схема ВКН представлена на рис. 1. Несучий потік, за допомогою якого виробляється перекачування із витратою середовища Q_s та тиском p_s потрапляє у вихрову камеру, де утворює обертовий потік із приосьовою областю зниженого тиску. Зниження тиску на осі вихрової камери спричиняє підсмоктування потоку, що перекачується Q_{in} . Суміш потоків, яка утворюється в камері, надходить під дією перепаду тисків в осьовому каналі та дією відцентрової сили, на вихід з нагнітача. Потік, що виходить з нагнітача з параметрами (p_e, Q_e) , подається в технологічний трубопровід. Як показали експерименти, зміна взаємного співвідношення площ (або діаметрів) тангенціальних каналів входу й виходу, а також осьових каналів призводить до двох можливих режимів роботи нагнітача: з викидом середовища через дренажний канал ($Q_{out} > 0$) і з усмоктуванням ($Q_{out} < 0$).

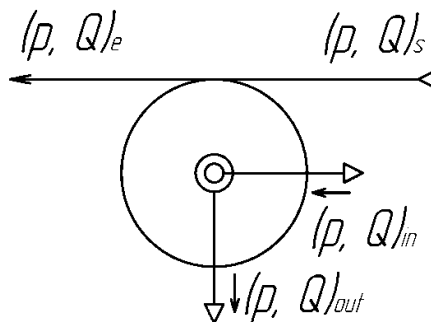


Рис. 1 – Принципова схема вихорокамерного нагнітача

Для виконання поставленої мети було проведено експериментальні та теоретичні дослідження. Експериментальні дослідження проведені на спеціально створеній експериментальній установці з моделлю ВКН з діаметром вихрової камери 60 мм. Дослідження проводилися на різних середовищах: повітря й вода. Узагальнена характеристика, що приведена далі в даній роботі побудована експериментальним шляхом за допомоги аеродинамічного стенда [9, 10].

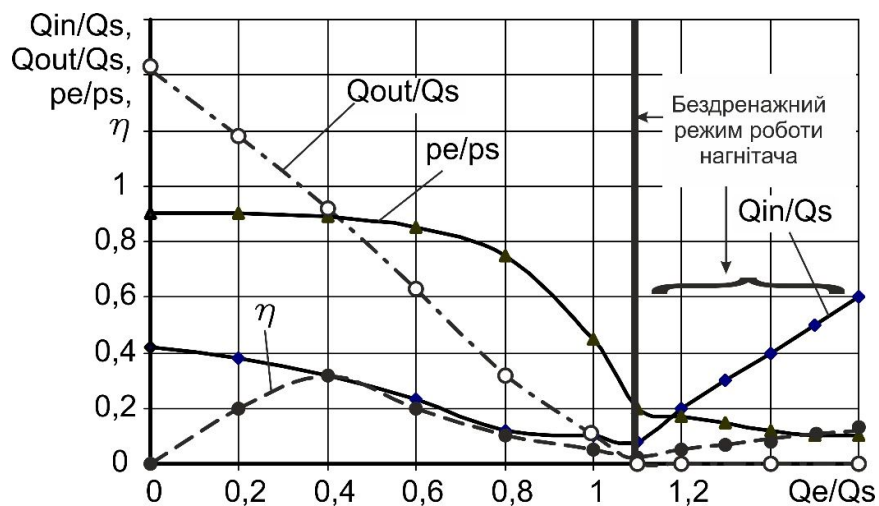


Рис. 2 – Узагальнена характеристика вихорокамерного нагнітача

На основі експериментальних досліджень побудовано узагальнену характеристику вихорокамерних нагнітачів (рис. 2), що дозволяє розрахувати робочу точку системи. Об'єднання двох робочих процесів вихорокамерних нагнітачів в одній конструкції

дозволяє збільшити варіативність вибору робочих параметрів таких як тиск, витрата та ККД та узагальнити методику проектування вихорокамерних нагнітачів.

Для роз'яснення деяких аспектів роботи нагнітача та побудови характеристики інших модифікацій в різних режимах проведено теоретичні дослідження на основі числового розрахунку рівнянь Нав'є-Стоксу осереднених за Рейнольдсом. Для числових досліджень використано SST-модель турбулентності з виправленням на кривизну ліній струму та обертання потоку [11].

Для ідентифікації математичної моделі прийняті точки з особливостями течії. При цьому розбіжність між розрахунковими значеннями й експериментальними не перевищує $\Delta \bar{p} = 0,1$. Порівнюючи картину течії, розраховану на математичній моделі з результатами візуалізації визначено їх якісну подібність.

Результати верифікації та подальші моделювання роботи нагнітача, а також графіки порівняння показують якісний та кількісний збіг розрахункових розподілів тиску з експериментальними даними. Перевірка адекватності виконувалася на основі критерію Фішера з довірчою ймовірністю 0,95. Картини якісної, а також кількісна оцінка підтверджують адекватність математичних моделей

Висновки

1. На основі експериментальних досліджень побудовано узагальнену характеристику вихорокамерних нагнітачів, що дозволяє розрахувати робочу точку системи.

2. Об'єднання двох робочих процесів вихорокамерних нагнітачів в одній конструкції дозволяє збільшити варіативність вибору робочих параметрів таких як тиск, витрата та ККД та узагальнити методику проектування вихорокамерних нагнітачів.

Список літератури

1. Соколов Е.Я. Струйные аппараты. / Соколов Е.Я., Зингер Н.М. – 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.
2. Сполучення вихрових виконавчих пристроїв із сучасними системами управління / [Сьомін Д.О., Павлюченко В.О., Ремень В.І., Мальцев Я.І.] – Луганськ : вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. В.Даля, 2002. – 174 с.
3. Роговой А.С. Энергетическая эффективность пневмотранспортных установок. / Роговой А.С. // Вісник СХУ ім. В.Даля. – Северодонецк: Вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. В.Даля. - №1 (225). – 2016. – С. 189-196.
4. Обоснование параметров и режимов работы систем гидротранспорта горных предприятий // Ю.Д. Баранов, Б.А. Блюсс, Е.В. Семенов, В.Д. Шурыгин – Днепропетровск: «Новая идеология», 2006. – 416 с.
5. Вихревые аппараты / [А.Д. Суслов, С.В. Иванов, А.В. Мурашкин, Ю.В. Чижиков]. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.
6. Роговий А.С. Розробка теорії та методів розрахунку вихорокамерних нагнітачів: автореф. дис. ... д-ра техн. наук : спец. 05.05.17 / Андрій Сергійович Роговий ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків, 2017. – 36 с.
7. Syomin D. Features of a working process and characteristics of irrotational centrifugal pumps. / Syomin D., Rogovyi A. // Procedia Engineering, Volume 39, 2012, Pages 231–237. doi:10.1016/j.proeng.2012.07.029.
8. Rogovyi A. Application of the similarity theory for vortex chamber superchargers / Rogovyi A., Khovanskyy S. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2017. – Vol. 233. – №. 1. – P. 012011.
9. Сємин Д.А. Экспериментальные исследования характеристик струйно-вихревого насоса. /Сємин Д.А., Роговой А.С.// Вісник СумДУ. – 2005. – 12(84). – С. 64-70.
10. Сємин Д.А. Экспериментальные исследования рабочих характеристик вихрекамерных нагнетателей с двухсторонним всасыванием / Д.А. Сємин, А.Н. Левашов, Я.Н. Левашов, А.С. Роговой // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. – 2016. – Вип. 16, т.2. – С. 65-74.
11. 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.