

**А.С. Роговий¹, д.т.н., доц.,
О.В. Немировський¹
Ю.О. Овсяннікова²**

¹ Харківський національний автомобільно-дорожній університет
² Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

ПЕРЕКАЧУВАННЯ ВОДОВУГІЛЬНИХ СУМІШЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИХОРОКАМЕРНИХ НАГНІТАЧІВ

В останні роки особливої уваги дослідників привертає можливість одержання енергії на основі спалювання різних вугільних суспензій. Для цієї мети використовують як деревне вугілля, так і кам'яне [1]. Спалювання таких сумішей приводить до ряду переваг, у порівнянні із класичними видами палив: скорочення викидів шкідливих речовин в атмосферу, диверсифікованість видів палив, економічна й енергетична вигода [2]. Дослідження водовугільних технологій, а також підвищення ефективності транспортування й спалювання водовугільного палива є актуальною проблемою, якою займаються дослідники в багатьох країнах світу: США, Канада, Росія, Китай, Україна, Польща, Швеція, Німеччина й інших. Уперше ідея спалювання таких сумішей замість нафтопродуктів з'явилася в 70-х роках минулого століття, внаслідок досить різкого підвищення вартості нафти. Відтоді проведено велику кількість теоретичних й експериментальних досліджень приготування, транспортування й спалювання цього палива [3]. В основному, ці дослідження полягають у визначенні реологічних параметрів палива й особливостей його згоряння в котлах [4]. Це пов'язано, у першу чергу, з тим, що параметри вугілля відрізняються одне від іншого залежно від родовищ, що у свою чергу, приводить до різних реологічних параметрів і різних особливостей згоряння.

У водовугільну технологію входить кілька етапів: приготування, транспортування й спалювання. Вважають, що транспортування палива залежить, від його реологічної характеристики й, тому звичайно оптимізують склад палива з урахуванням особливостей спалювання. Однак, однією з переваг використання водовугільних технологій є саме транспортування за допомогою трубопроводів, що дозволяє знизити витрати на переміщення, підібравши найкращі реологічні параметри рідини й, тим самим, знизивши витрати на транспортування [5]. Тому що паливо є абразивним середовищем, що містить тверді частинки, то від насосів, що використовують в процесі перекачування подібного середовища, вимагають підвищені показники надійності. Це пов'язане з тим, що на такого роду середовищах звичайні насоси мають низькі показники надійності й довговічності, внаслідок швидкого зношування механічних рухомих робочих органів насосів, а також їхніх ущільнень. У більшості випадків використовуються лопатеві насоси й рідше об'ємні [6]. Однак, дослідження струминних апаратів, проведені в останні роки, показують, що під час перекачування середовищ, що містять тверді домішки, даний тип насосів цілком конкурентноспроможний [6, 7]. Використання струминної техніки, у таких випадках цілком виправдано, тому що надійність і довговічність струминних насосів на порядок перевищують показники насосів інших типів. Це досягається за рахунок відсутності рухомих механічних органів й ущільнень. Однак, при проведенні відповідних економічних розрахунків, виявляється, що струминна техніка не часто може конкурувати з іншими насосами в першу чергу внаслідок того, що ККД струминних насосів не перевищує 30 % [8].

Останні дослідження, проведені в роботах [6, 8, 9] показують, що новий тип струминних апаратів – вихорокамерні нагнітачі мають більш високі показники ефективності при перекачуванні сипучих середовищ, у порівнянні зі звичайними прямоочними струминними насосами. Однак, ці дослідження були виконані при

перекачуванні сипучих середовищ (вугільний пил) за допомогою повітря. Питома вага сипучого середовища в кілька тисяч разів перевищувала питому вагу активного потоку, що привело до поліпшення ефективності роботи нагнітача.

Концепція створення вихорокамерного нагнітача заснована на використанні позитивних властивостей відцентрового й струминного насосів. Це можна зробити на основі вихрової камери змішання, що дозволяє зберегти ефективну передачу енергії, внаслідок дії відцентрової сили при забезпеченні максимальної надійності й довговічності, що властиво всій струминній техніці. Вихрова камера змішання дозволяє в процесі перекачування використати основні гідродинамічні ефекти обертових потоків: створення вакууму поблизу осі й надлишкового тиску на периферії. Ці ефекти виникають внаслідок дії відцентрової сили. Крім того, у вихровій камері виникає ще безліч різних ефектів обертових турбулентних потоків, що привело до того, що на сьогоднішній день, при всій гаданій простоті, розрахунок таких течій являє собою дуже складне завдання, внаслідок виникнення когерентних структур і нестабільності потоку. За рахунок дії балансу поверхневих сил тиску й масової відцентрової сили відбувається збільшення енергії потоку, що перекачується. У випадку перекачування однофазних середовищ, частинка, що перекачується, здобуває потенційну енергію тиску й кінетичну енергію руху активної рідини. У випадку перекачування багатofазних середовищ, частинка, що перекачується, здобуває тільки кінетичну енергію за рахунок передачі потенційної й кінетичної енергії активної рідини. У вихорокамерних насосах, у порівнянні з лопатевими відцентровими, роль лопатевого колеса виконує активний потік, що подається тангенціально у вихрову камеру змішання (рис. 1) [10].

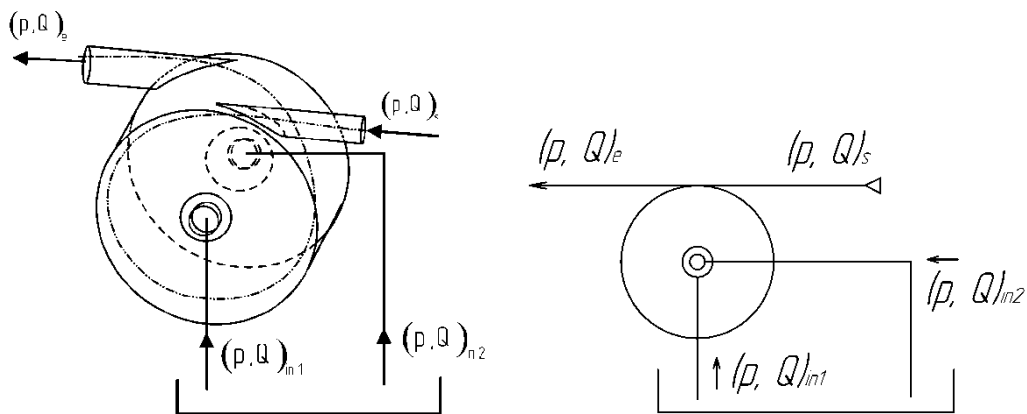


Рисунок 1 – Вихорокамерний нагнітач

Вихорокамерний насос геометрично простий і складається з п'яти основних компонентів: вихрова камера змішування, канал підведення активного потоку, канали підведення середовища, що перекачується, (два канали розміщені співвісно на двох торцевих кришках вихрової камери змішання), тангенціальний канал відводу змішаного потоку. Відмінність вихорокамерного нагнітача від вихрового ежектора полягає в тому, що змішаний потік надходить у тангенціальний канал, за рахунок чого й відбувається процес перекачування твердого середовища, на відміну від реалізації осьового виходу в ежекторах, що унеможливило перекачування твердого середовища внаслідок перешкоджаючої дії відцентрової сили та обертання твердих частинок на периферії вихрової камери.

В даній роботі експериментальним та розрахунковим шляхом проведено дослідження впливу реологічних параметрів водовугільного палива на енергетичні характеристики нагнітача. Експериментальні досліди виконано на спеціально створеній експериментальній установці з прозорою моделлю нагнітача, що дозволило крім

інтегральних показників роботи таких як: тиски та витрати в каналах, провести й візуалізацію течії. Чисельні дослідження виконано за допомоги спеціалізованого програмного продукту OpenFoam. Математичне моделювання ґрунтоване на вирішенні рівнянь Нав'є-Стокса, осереднених за Рейнольдсом із додаванням рівняння нерозривності та рівнянь SST-моделі турбулентності. Під час моделювання застосовано виправлення на кривизну ліній струму та обертання потоку.

Висновки

1. На основі математичного моделювання та експериментальним шляхом виявлено вплив реологічних параметрів водовугільних сумішей на енергетичні параметри вихорокамерних нагнітачів. Збільшення в'язкості суміші погіршує характеристики нагнітача.

2. Для забезпечення працездатності вихорокамерного насоса при перекачуванні водовугільних сумішей, необхідно підбирати необхідний тиск живлення активного потоку, а також розглядати питання розведення водовугільного палива водою для зменшення в'язкості суміші й виходу енергетичних параметрів перекачування на задані значення.

Список літератури

1. Loureiro L. Development and rheological characterisation of an industrial liquid fuel consisting of charcoal dispersed in water / Loureiro, L. M. E. F., Gil, P. B. F., de Campos, F. V., Nunes, L. J. R., & Ferreira, J. M. F. // Journal of the Energy Institute. – 2018. – V. 91. – №. 4. – P. 519-526.

2. Nyashina G. S. Environmental, economic and energetic benefits of using coal and oil processing waste instead of coal to produce the same amount of energy / Nyashina G. S., Kurgankina M. A., Strizhak P. A. // Energy Conversion and Management. – 2018. – V. 174. – P. 175-187.

3. Chernetskaya-Beletskaya N. Technology of breakage of coal for the coal-water fuel production / Chernetskaya-Beletskaya N., Baranov I., Miroshnykova M. // Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa. – 2015. – V. 15. – №. 2. – P. 63-68.

4. Pinchuk V. A. Improvement of coal-water fuel combustion characteristics by using of electromagnetic treatment / Pinchuk V.A., Sharabura T.A., Kuzmin A.V. // Fuel Processing Technology. – 2017. – V. 167. – P. 61-68.

5. Staroń, A. Analysis of the useable properties of coal-water fuel modified with chemical compounds / Staroń, A., Kowalski, Z., Staroń, P., & Banach, M. // Fuel Processing Technology, – 2016. – no. 152. – P. 183-191.

6. Rogovyi A. Energy performances of the vortex chamber supercharger / Rogovyi A. // Energy. – 2018. – V. 163. – P. 52-60.

7. Tarodiya R. Hydraulic performance and erosive wear of centrifugal slurry pumps-A review / Tarodiya R., Gandhi B. K. // Powder Technology. – 2017. – V. 305. – P. 27-38.

8. Роговой А. С. Энергетическая эффективность пневмотранспортных установок / Роговой А. С. // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2016. – №. 1. – С. 189-196.

9. Сьомін Д. О. Вплив умов входу середовища, що перекачується, на енергетичні характеристики вихорокамерних насосів / Сьомін Д. О., Роговий А. С. // Вісник Національного технічного університету ХПІ. Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. – 2015. – №. 3. – С. 130–136-130–136.

10. Роговий А. С. Концепція створення вихорокамерних нагнітачів та принципи побудови систем на їх основі / Роговий А. С. // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2017. – №. 3. – С. 168-173.