

Література

1. Роговий А. С. Розробка теорії та методів розрахунку вихорокамерних нагнітачів : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : спец. 05.05.17/ Андрій Сергійович Роговий; Харківський політехнічний ін-т, нац. техн. ун-т. – Харків, 2017. – 36 с.
2. Халатов А.А. Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных сил: в 4-х т. /А.А. Халатов, А.А. Авраменко, И.В. Шевчук. – Киев: Ин-т техн. теплофизики НАН Украины, 2000 - т.3: Закрученные потоки. – 477 с.
3. Сьомін Д.О. Вихорокамерні нагнітачі: монографія / Д.О. Сьомін, А.С. Роговий –Харків: ФОП Мезіна В.В., 2017. – 204 с.
4. Сьомін Д.О. Вплив закручення потоку, що перекачується, на енергетичні характеристики вихрекамерних насосів / Д.О. Сьомін, А.С. Роговий, А.М. Левашов. // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2016. – № 20 (1192) – С. 68-71.
5. Rogovyi A.S. Verification of Fluid Flow Calculation in Vortex Chamber Superchargers/ A.S. Rogovyi // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. / МОН Украины, ХНАДУ. – Харьков, 2016. – Вып. 39. – С. 39-46.
6. Rogovyi A. Energy performances of the vortex chamber supercharger / A.Rogovyi. // Energy – № 163. – 2018. – pp. 52-60. 012011 doi:10.1088/1757-899X/233/1/012011.
7. Сьомін Д.О. Вихрові виконавчі пристрої: В 2-х частинах. Ч.2 Гетерогенні робочі середовища: монографія. / Сьомін Д.О., Павлюченко В.О., Мальцев Я.І., Войцеховський С.В., Роговий А.С., Дмитрієнко Д.В., Мальцева М.О. - Луганськ: вид-во СЛУ ім. В.Даля, 2013. – 190 с.
8. Rogovyi A. Application of the similarity theory for vortex chamber superchargers / A. Rogovyi, S. Khovanskyu. // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering – № 233 (2017). – 2017. – pp. 012011 doi:10.1088/1757-899X/233/1/012011.
9. Сьомін Д.О., Павлюченко В.О., Мальцев Я.І., Войцеховський С.В., Роговий А.С., Дмитрієнко Л.В., Мальцева М.О. Вихрові виконавчі пристрої: В 2-х частинах: Монографія. - Луганськ: вид-во СЛУ ім. В.Даля, 2009. Ч.1 Однорідні робочі середовища. – 256 с.

Роговий Андрій Сергійович, д.т.н., доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, asrogovoy@ukr.net
Богдан Андрій Сергійович, студент Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ОПТИМІЗАЦІЯ ВИХОРОКАМЕРНИХ НАГНІТАЧІВ ЗА КОЕФІЦІЄНТОМ КОРИСНОЇ ДІЇ

Використання вихорокамерних нагнітачів у промисловості обмежене достатньо низьким коефіцієнтом корисної дії (ККД) [1]. Він перевищує ККД

відомих струминних нагнітачів, але значно менший у порівнянні з нагнітачами інших типів: об'ємні та лопатеві. ККД вихрового ежектору не перевищує 10 %, ККД класичних прямоточних струминних насосів не перевищує 25-30 % [2]. З іншої сторони, вихорокамерні нагнітачі (ВКН) слід використовувати в тих галузях виробництва, де умови роботи нагнітачів можливо вважати складними: вугільна, транспорт, збагачення корисних копалин, хімічна та теплоенергетична промисловість [3]. Основною причиною використання струминних нагнітачів в промисловості є високий показник надійності роботи струминної техніки. Це відбувається за рахунок відсутності механічних рухомих елементів в зоні контакту з забрудненими середовищами, на відміну від нагнітачів інших типів. Удосконалювання енергетичних показників струминної техніки є актуальною проблемою, вирішенням якої є збільшення ККД струминних вихорокамерних нагнітачів, що дозволить збільшити сферу використання струминної техніки у промисловості та покращити показники надійності та довговічності гідравлічних та пневматичних систем.

Дослідження енергетичних показників роботи вихорокамерних нагнітачів наведені в роботах [4-8]. Однак, існування двох різних режимів роботи ВКН викликає деякі складності щодо оптимізації геометричних параметрів задля отримання найкращих значень ККД. Загалом кажучи, ВКН з одними й тими ж самими геометричними параметрами може працювати за двома режимами: режим роботи з дренажним каналом [9], та режим всмоктування середовища, що перекачується, через обидва осьові канали [10]. Робота ВКН за тим чи іншим режимом може бути реалізована за рахунок зміни площі (або опору) вихідного тангенціального каналу.

В даній статті буде проведено оптимізацію геометрії нагнітача першого режиму роботи – робота з дренажним каналом.

Коефіцієнт корисної дії знаходимо в такий спосіб:

$$\eta = \frac{N_{pos}}{N_{sup}};$$

$$N_{pos} = p_e Q_e = p_s \cdot \bar{p}_R \cdot (\mu f)_{in} \sqrt{\frac{2(\bar{p}_{vac} p_s \cdot \bar{p}_R)}{\rho}};$$

$$N_{sup} = p_s Q_s = p_s \cdot (\mu f)_s \sqrt{\frac{2(p_s - p_R)}{\rho}} = p_s \cdot (\mu f)_s \sqrt{\frac{2p_s(1 - \bar{p}_R)}{\rho}};$$

Тоді,

$$\eta = \frac{N_{pos}}{N_{sup}} = \frac{\mu_{in}}{\mu_s} \cdot \frac{\bar{d}_{in}^{-2}}{\bar{d}_s^{-2}} \sqrt{\frac{\bar{p}_{vac} \cdot \bar{p}_R}{(1 - \bar{p}_R)}};$$

Де d_{in}, d_o, d_s – діаметри каналу всмоктування, дренажного каналу та каналу живлення нагнітача відповідно; $\bar{d}_{in} = d_{in} / d_o$ – відносний діаметр каналу входу. $p_s, p_{in}, p_e, p_R, p_{vac}$ – тиск в каналі живлення, в каналі всмоктування, в вихідному каналі, на периферії вихрової камери та вакууметричний тиск біля осі вихрової камери відповідно. Δp_{in} – тиск розрідження, що виникає на осі вихрової камери; \bar{p}_{vac} – відносний перепад тиску (коефіцієнт вакууму). $\bar{p}_R = p_R / p_s$. Q_s, Q_e, Q_{in} – об’ємні витрати в каналах живлення, вихідному каналі та каналі всмоктування відповідно. μ_{in}, μ_s – коефіцієнти витрати в каналі всмоктування та в каналі живлення відповідно. f_{in}, f_s – площі каналів всмоктування та живлення відповідно. У попередніх дослідженнях на експериментальних і математичних моделях розподілу тиску вздовж радіусу вихрової камери, було отримано [11, 12], що область розрідження у вихровій камері обмежується радіусом $r = 0,5r_o$. Отже, при $\bar{d}_{in} = 0,5$:

$$\eta = \frac{\mu_{in}}{\mu_s} \cdot \frac{0,25}{\bar{d}_s^2} \sqrt{\frac{\bar{p}_{vac} \cdot \bar{p}_R}{(1 - \bar{p}_R)^3}}$$

Таким чином, коефіцієнт корисної дії залежить від двох геометричних параметрів вихрової камери – відносного діаметра каналу живлення \bar{d}_s й відносного діаметра камери \bar{D} , тому що $\bar{p}_{vac} = f(\bar{D})$, а $\bar{p}_R = f(\bar{D}, \bar{d}_s)$ [11]. Отже, на підставі попередніх досліджень, можна побудувати поверхню для коефіцієнта корисної дії (рис. 1).

Як видно з рис. 1 у поверхні є екстремум (максимум) при $\bar{d}_s = 0,5$, $\bar{D} = 4,5$ – $\eta = 0,4$ (максимально досяжний коефіцієнт корисної дії ВКН з дренажним каналом, з урахуванням прийнятих допущень [11]).

При збереженні постійного значення відносного діаметра каналу живлення й зміні діаметра вихрової камери, можна досягти максимальних значень коефіцієнта корисної дії насоса.

При постійних значеннях відносного діаметра вихрової камери спостерігається монотонний характер зміни ККД залежно від відносного діаметра каналу живлення. При цьому при більших значеннях \bar{d}_s збільшуються й значення η в області $\bar{D} > 10$, а в області $\bar{D} < 10$ при збільшенні \bar{d}_s , η – зменшується.

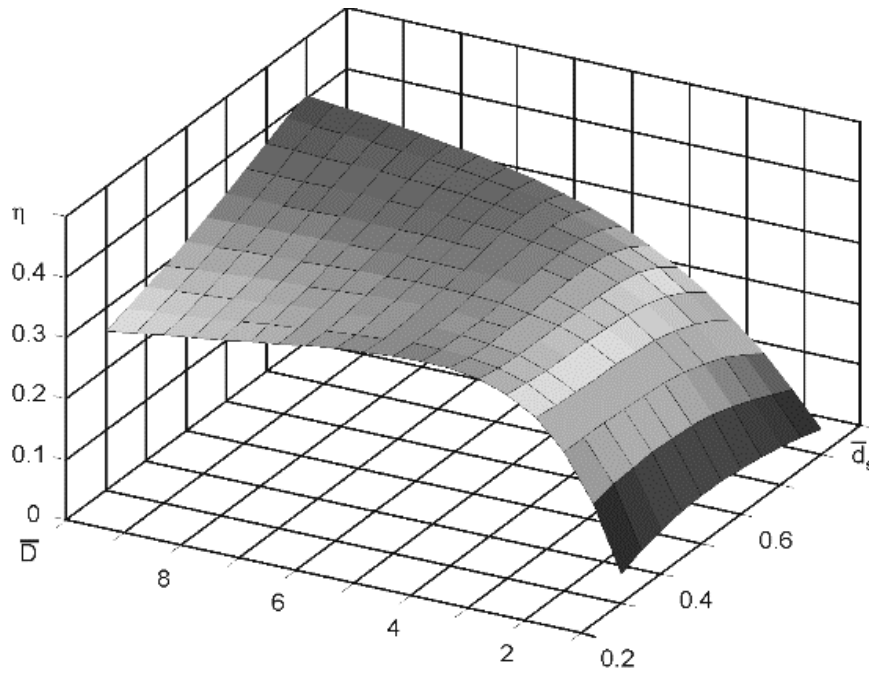


Рисунок 1 – Залежність ККД від геометричних параметрів нагнітача

Для підтвердження отриманих оптимальних розмірів вихрової камери були проведені експериментальні дослідження енергетичних характеристик ВКН: ККД і відносного тиску, створюваного насосом від відносної витрати на виході з насоса й відносного діаметра каналу живлення при $\bar{D} = 5$, результати, яких показані на рис. 2.

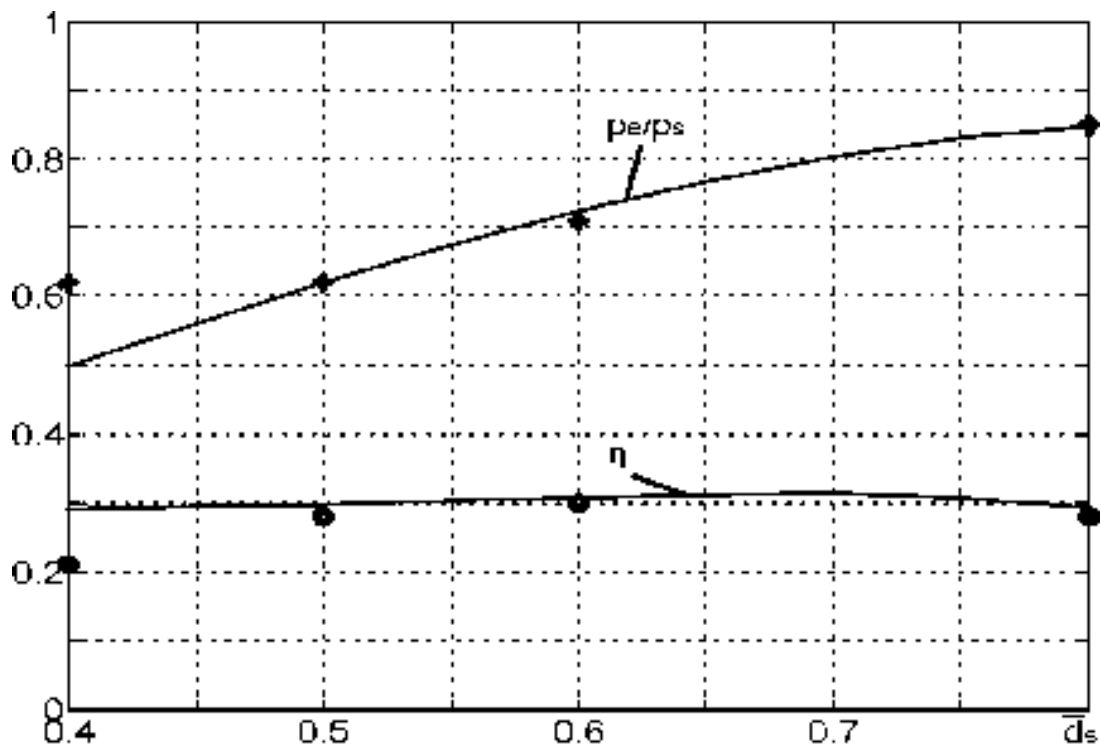


Рисунок 2 – Перевірка адекватності отриманої моделі експериментальними характеристиками нагнітача

Адекватність отриманої моделі перевірялася зіставленням розрахункових поверхонь і експериментальних даних. Отримано, що модель адекватна при довірчій імовірності 0,95 та довірчих інтервалах: $\Delta \bar{p}_R = 0,035$ і $\Delta \eta = 0,0257$ [13, 14].

На рис. 3. представлені експериментальні залежності енергетичних характеристик ВКН при $\bar{D} = 5$.

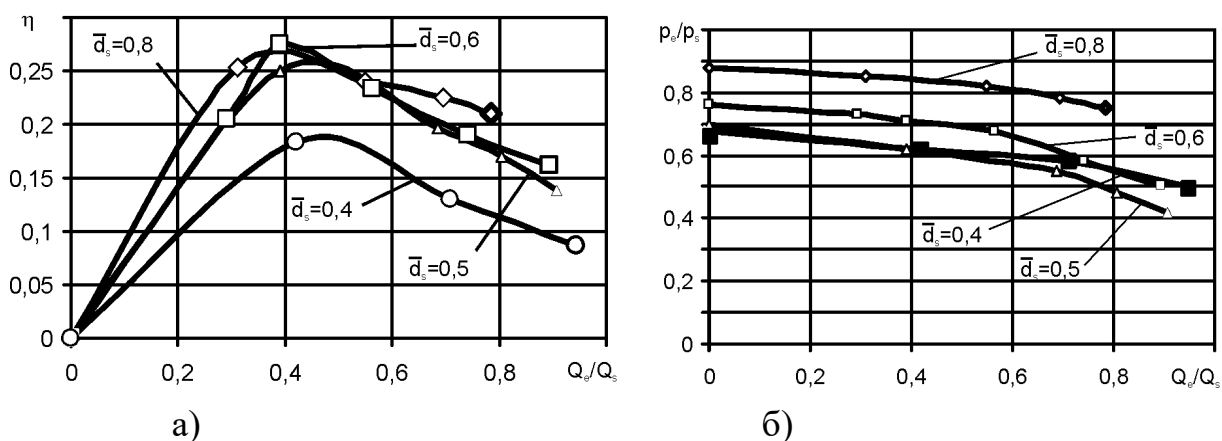


Рисунок 3 – Залежності енергетичних характеристик: ККД (а) і відносного тиску (б) від відносних витрат на виході з насоса й діаметра каналу живлення

З рис. 3 йде, що апроксимаційні залежності ККД і тиску на виході з насоса адекватно описують залежності енергетичних характеристик від геометричних розмірів вихрової камери змішання.

Висновки.

Оптимізація характеристик насоса за ККД дозволила знайти відповідні геометричні параметри. За ККД оптимальною є конструкція з відносними значеннями – $\bar{D} = 4,5$; $\bar{d}_s = 0,5$.

Література

- 10.Роговий А. С. Розробка теорії та методів розрахунку вихорокамерних нагнітачів : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : спец. 05.05.17/ Андрій Сергійович Роговий; Харківський політехнічний ін-т, нац. техн. ун-т. – Харків, 2017. – 36 с.
- 11.Халатов А.А. Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных сил: в 4-х т. /А.А. Халатов, А.А. Авраменко, И.В. Шевчук. – Киев: Ин-т техн. теплофизики НАН Украины, 2000 - т.3: Закрученные потоки. – 477 с.
- 12.Сьомін Д.О. Вихорокамерні нагнітачі: монографія / Д.О. Сьомін, А.С. Роговий –Харків: ФОП Мезіна В.В., 2017. – 204 с.
- 13.Сьомін Д.О. Вплив закручення потоку, що перекачується, на енергетичні характеристики вихрекамерних насосів / Д.О. Сьомін, А.С. Роговий, А.М. Левашов. // Вісник Національного технічного університету

«ХП». Збірник наукових праць. Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. – Харків: НТУ «ХП». – 2016. – № 20 (1192) – С. 68-71.

14. Rogovyi A.S. Verification of Fluid Flow Calculation in Vortex Chamber Superchargers/ A.S. Rogovyi // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. / МОН Украины, ХНАДУ. – Харьков, 2016. – Вып. 39. – С. 39-46.

15. Rogovyi A. Energy performances of the vortex chamber supercharger / A. Rogovyi. // Energy – № 163. – 2018. – pp. 52-60. 012011 doi:10.1088/1757-899X/233/1/012011.

16. Сьомін Д.О. Вихрові виконавчі пристрої: В 2-х частинах. Ч.2 Гетерогенні робочі середовища: монографія. / Сьомін Д.О., Павлюченко В.О., Мальцев Я.І., Войцеховський С.В., Роговий А.С., Дмитрієнко Д.В., Мальцева М.О. - Луганськ: вид-во СНУ ім. В.Даля, 2013. – 190 с.

17. Rogovyi A. Application of the similarity theory for vortex chamber superchargers / A. Rogovyi, S. Khovanskyu. // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering – № 233 (2017). – 2017. – pp. 012011 doi:10.1088/1757-899X/233/1/012011.

18. Сёмин Д.А., Роговой А.С. Экспериментальные исследования характеристик струйно-вихревого насоса. // Вісник СумДУ. – 2005. – 12(84). – С. 64-70.

19. Сёмин Д.А., Роговой А.С. Математическое моделирование рабочих процессов безроторных центробежных насосов. // Вісник СНУ ім. В.Даля. – Луганськ: Вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. В.Даля. - №5 (159). Ч.1 – 2011. – С. 338 – 344.

20. Роговий А.С. Удосконалювання енергетичних характеристик струминних нагнітачів.: Дис...канд. техн. наук: 05.05.17 / Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля. — Луганськ., 2007. — 193 арк.

21. Сьомін Д.О., Павлюченко В.О., Мальцев Я.І., Войцеховський С.В., Роговий А.С., Дмитрієнко Л.В., Мальцева М.О. Вихрові виконавчі пристрої: В 2-х частинах: Монографія. - Луганськ: вид-во СНУ ім. В.Даля, 2009. Ч.1 Однорідні робочі середовища. – 256 с.

22. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. Программированное введение в планирование эксперимента / Ю.П.Адлер, Е.В. Маркова., Ю.В. Грановский - М.: «Наука», 1971.- 274 с.

23. Коваленко А.А. Основы научных исследований (планирование экспериментов): монография / Коваленко А.А., Роговой А.С., Сёмин Д.А. – Луганск: изд-во ВНУ им. В. Даля, 2010. – 210 с.