

атомних електростанцій. Відновлювані та альтернативні джерела енергії в дійсності займають найменшу або незначну частку енергетики розвинутих країн та України. Тому заплановані урядом зміни енергетики України насамперед приведуть до значних втрат народного господарства, а також національного технічного та наукового потенціалу країни.

Література

1. Варламов Г. Б. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії / Варламов Г. Б., Любчик Г. М., Маляренко В. А. К. : Політехніка, 2003. 228 с.
2. ЗУ «Про ратифікацію Рамкової конвенції ООН про зміну клімату»
3. The World Bank. World Development Indicators. URL: <http://data.worldbank.org/indicator> (дата звернення: 20.12.2019)
4. Энергия. Экология. Будущее / В. П. Семиноженко, П. М. Канило, В. Н. Остапчук, А. И. Ровенский. Харьков: Прапор, 2003. 464 с.
5. Касимов А. М. Промышленные отходы. Проблемы и решения. Технологии и оборудование / Касимов А. М., Семенов В. Т., Романовский А. А. Х. : ХНАГХ. 2007. 411 с.
6. Варламов Г. Б. Теплоенергетика та екологія / Г. Б. Варламов, Г. М. Любчик, В. А. Маляренко. Харків: САГА, 2008. 234 с.
7. Чирков Ю. Карусель енергетики. К.: Академический проект, 2016. 408 с.

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

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИХОРОКАМЕРНИХ НАГНІТАЧІВ

У технологічних процесах вугільної, хімічної, теплоенергетичної промисловостей, сільському господарстві, транспорті перекачування різних одне- і багатofазних середовищ здійснюється динамічними насосами, ефективність роботи яких істотно визначає ефективність виробництва. Характерні для наведених галузей екстремальні умови експлуатації приводять до швидкого зношування механічних робочих органів насосів [1].

Струминні насоси мають такі переваги як-от: високі показники надійності й довговічності, значення яких у багато разів перевищують надійність і довговічність насосів з механічними рухливими робочими органами, простота конструкції, можливість роботи на сумішах різного складу й концентрації фаз. Основними недоліками існуючих струминних насосів є низький ККД, що не перевищує 30 %, а досяжні параметри їх роботи на газі обмежені особливостями надзвукових потоків [2]. Таким чином, удосконалення енергетичних характеристик струминних нагнітачів є актуальним завданням, одним з напрямків розв'язку якого є пошук і розробка нових пристроїв, заснованих на більш ефективних принципах передачі енергії, що дозволяють знизити зазначені недоліки. Такими пристроями є вихорокамерні нагнітачі (ВКН) [3]. Однак, геометричні співвідношення, що характеризують проточну

частину, та при яких досягаються оптимальні енергетичні параметри ще не встановлені. В основу даної роботи поставлене завдання знаходження взаємовпливу геометричних параметрів проточної частини ВКН і визначення асимптотичних параметрів роботи.

Результати досліджень роботи ВКН, наведені в роботах [4-6] показали, що в більшості випадків при їх розрахунках необхідно вирішувати наступні два завдання:

1. Визначення оптимальних витрат у робочих каналах і ККД при заданому тиску на вході в насос.

2. Визначення досяжних тиску й витрати на виході з насоса при заданих параметрах потоку в живильному й усмоктувальному каналах на вході в насос і заданої концентрації суміші, що перекачується.

У випадку нестисливої рідини основними параметрами ВКН (рис. 1), як і будь-якого іншого насоса динамічного типу, є: об'ємні витрати Q_s , Q_{in} , Q_{out} , Q_e ; тиск на виході з насоса p_e й ККД η .

Отже, знаходження досяжних параметрів насоса зводиться до визначення максимально досяжних витрати й тиску на виході з насоса, а також оптимальних (максимальних) показників ККД. У випадку, розрахункового режиму роботи насоса, уся витрата робочого середовища Q_{in} надходить на вихід насоса й дорівнює витраті Q_e , а допоміжна витрата або витрата живлення Q_s надходить у дренажний канал і дорівнює витраті Q_{out} , тоді:

$$Q_e = Q_{in}; \quad Q_s = Q_{out}.$$

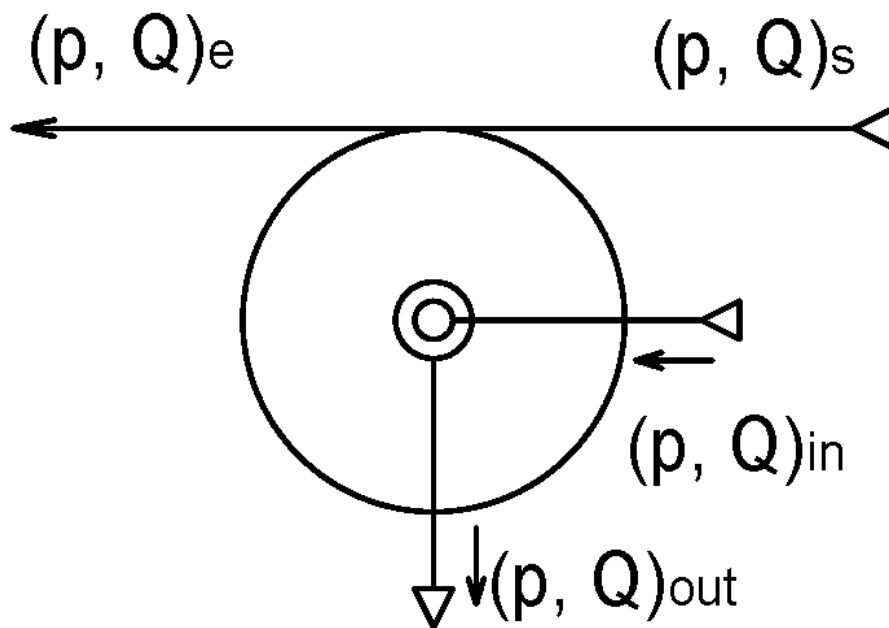


Рисунок 1 – Схема вихорокамерного нагнітача

Тиск на виході з насоса визначається співвідношеннями встановленими для вихрових клапанів [7, 8]:

$$p_e = p_R = p_s \cdot \bar{p}_R,$$

де p_R – тиск на периферії вихрової камери; p_s – тиск у тангенціальному каналі живлення;

$$\bar{p}_R = p_R / p_s.$$

Витрату Q_e можна знайти за допомогою відомого співвідношення для нестисливої рідини, враховуючи, що $Q_e = Q_{in}$:

$$Q_e = (\mu f)_{in} \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p_{in}}{\rho}},$$

де μ_{in} , f_{in} – коефіцієнт витрати й площа поперечного перерізу каналу всмоктування; ρ – густина середовища, що перекачується; Δp_{in} – перепад тисків в каналі всмоктування.

$$\Delta \bar{p}_{in} = \frac{\Delta p_{in}}{p_s} = \bar{p}_{vac},$$

де Δp_{in} – тиск розрідження, що виникає на осі вихрової камери; \bar{p}_{vac} – відносний перепад тиску (коефіцієнт вакууму).

Для визначення досяжних значень витрати й тиску на виході з насоса необхідно знати залежність перепаду тиску від геометричних параметрів вихрової камери.

Як установлено при дослідженнях вихрових камер перепад тиску залежить від діаметра вихрової камери. Це визначається залежністю зміни статичного тиску вздовж радіусу вихрової камери стосовно до вихрових клапанів, проведених у роботі [9]. Тому для знаходження коефіцієнта вакууму були зроблені експериментальні дослідження розподілу тиску вздовж радіусу вихрової камери в ВКН. При цьому використовувалася модель насоса з вихровою камерою змішання діаметром 50, 100 і 200 мм, що має діаметр дренажного каналу насоса $d_o = 10$ мм. При проведенні досліджень діаметр дренажного каналу був постійний, і отже, відносний діаметр вихрової камери дорівнював $\bar{D} = D / d_o = 5, 10, 20$. Результати проведених досліджень показані на рис. 2.

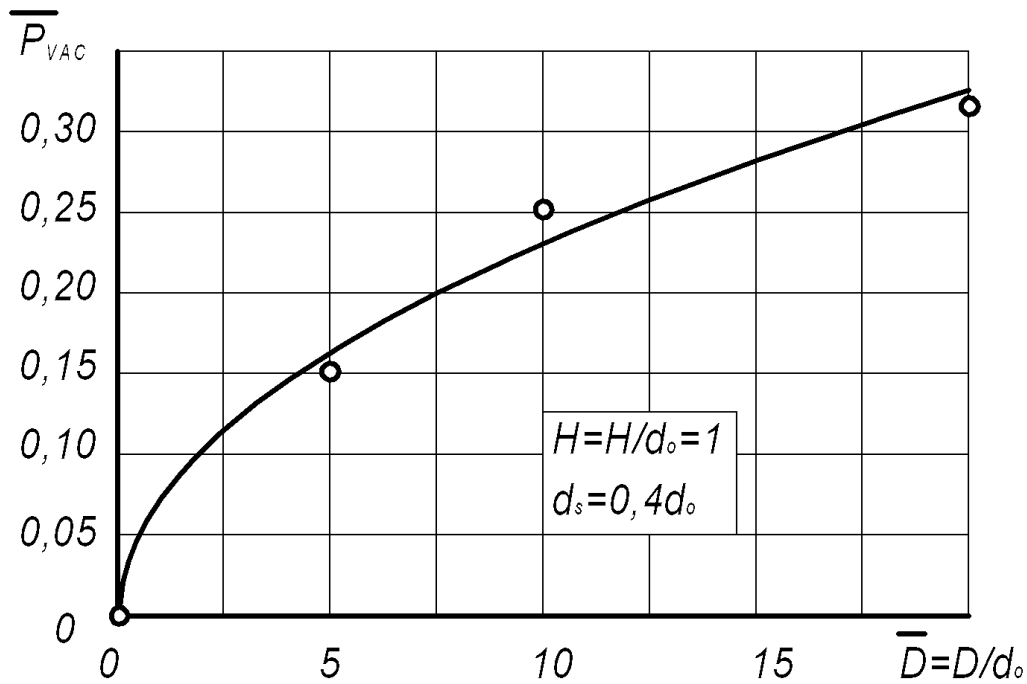


Рисунок 2 – Експериментальна залежність вакууму на осі вихрової камери від її розмірів

Як видно, з рис. 2, приведений перепад тиску зростає зі збільшенням відносного діаметра вихрової камери. Наведені на рисунку позначення: H – висота вихрової камери; d_s – діаметр тангенціального каналу живлення.

Оптимізація характеристик насоса за тиском на виході з насосу, і за ККД, на основі методів планування експерименту дозволяє знайти відповідні геометричні параметри. При цьому проводився повний факторний експеримент (ПФЕ), на основі фізичного й числового експерименту. При цьому досліджуються залежності, що визначають енергетичні характеристики ВКН; вибираються фактори, які можуть суттєво впливати на характеристики об'єкта (відносний діаметр вихрової камери й відносний діаметр каналу живлення); за допомогою апріорної інформації про об'єкт визначаються значення факторів, при яких виходять результати, близькі до оптимальних. Ці точки при плануванні розглядають як нульовий (основний) рівень ($\bar{D} = 10$, $\bar{d}_s = 0,6$).

Розрахунки показали, що отримана апроксимаційна модель є адекватною й може бути використана для визначення оптимальних значень відносних діаметрів вихрової камери й каналу живлення.

Екстремуми поверхонь $\bar{p}_R = f(\bar{D}, \bar{d}_s)$ і $\eta = f(\bar{D}, \bar{d}_s)$ знаходять за умов:

$$\begin{cases} \frac{\partial \bar{p}_R}{\partial \bar{D}} = 0; \\ \frac{\partial \bar{p}_R}{\partial \bar{d}_s} = 0, \end{cases} \quad \text{і} \quad \begin{cases} \frac{\partial \eta}{\partial \bar{D}} = 0; \\ \frac{\partial \eta}{\partial \bar{d}_s} = 0. \end{cases}$$

Для визначення залежності тиску на виході з насоса від геометричних параметрів вихрової камери (відносного діаметра вихрової камери й відносного діаметра каналу живлення $\bar{d}_s = d_s / d_o$) були проведені експериментальні дослідження перепаду тиску або коефіцієнта вакууму. При проведенні експериментів відносний діаметр каналу живлення дорівнював $\bar{d}_s = 0,42; 0,5; 0,67; 0,83$.

Для відносного тиску на стінках вихрової камери була побудована апроксимуюча поверхня, яка показана на рис. 3.

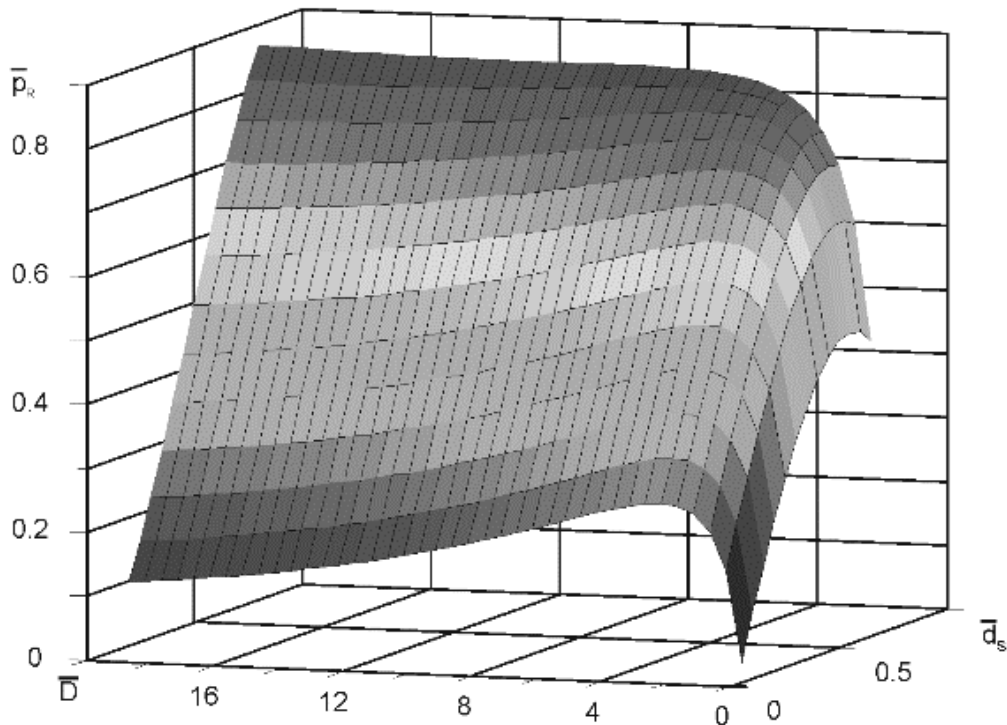


Рисунок 3 – Залежність тиску на виході з насоса від його геометричних параметрів

З рис. 3. йде, що при збереженні постійного значення відносного діаметра каналу живлення й зміні діаметра вихрової камери, можна досягти максимальних значень відносного тиску на стінках вихрової камери, і відповідно тиску p_e на виході з насоса. При постійних значеннях відносного діаметра вихрової камери спостерігається монотонний характер зміни відносного тиску залежно від відносного діаметра каналу живлення. При цьому при збільшенні значень \bar{d}_s збільшуються й значення p_e .

Висновки. Зі зростанням відносного діаметра вихрової камери, зростає витрата на виході з насоса.

Оптимізація характеристик насоса за тиском на виході дозволила знайти оптимальну конструкцію з відносними значеннями $\bar{D} = 10; \bar{d}_s = 0,8$.

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