

## ВІДГУК

офіційного опонента кандидата технічних наук

Руденка Андрія Анатолійовича

на дисертаційну роботу **Кондуся Владислава Юрійовича** на тему

**«Підвищення енергетичної ефективності та розширення параметричного ряду вільновихрових насосів шляхом удосконалення робочого органа»,**

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати

### **1. Актуальність теми досліджень**

Вільновихрові насоси застосовуються для транспортування рідин, що містять включення. ККД насосів даного типу нижчий, ніж у відцентрових насосів, у результаті чого витрати на електроенергію при їх використанні дещо більші. Однак унаслідок необхідності значно менших витрат на обслуговування, загальна вартість життєвого циклу насосної установки із застосуванням вільновихрового насоса менша, ніж у випадку використання відцентрового насоса.

Автор дисертаційної роботи розглядає важливе питання підвищення енергетичної ефективності вільновихрових насосів. Підвищення ККД насоса досягається шляхом удосконалення його робочого органа, що дозволяє знизити витрати на електроенергію при експлуатації насосної установки з досягненням мінімальних інвестиційних витрат при модернізації впроваджених у промисловості зразків вільновихрових насосів. Таким чином, запропоноване рішення наукової проблеми дозволяє зменшити вартість життєвого циклу насосної установки із застосуванням вільновихрового насоса.

З метою забезпечення існуючої у промисловості потреби у вільновихрових насосах розширено існуючий параметричний ряд насосів типу СВН.

## **2. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій**

Достовірність та обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, базуються на коректній постановці наукових задач та коректному використанні методів математичного моделювання гідродинамічних процесів. Достовірність одержаних результатів також підтверджується збіжністю результатів чисельного дослідження проточних частин насосів з експериментальними даними.

## **3. Новизна наукових положень, результатів та рекомендацій**

У процесі виконання дисертаційної роботи здобувачем отримані нові результати, які доповнюють теорію робочого процесу вільновихрових насосів:

1. Обґрунтовано доцільність використання робочого колеса з профільованими циліндричними лопатями у вільновихрових насосах.

2. Визначено особливості робочого процесу вільновихрового насоса, зокрема розподіл потоку в міжлопатеких каналах робочого колеса.

3. Досліджено залежність характеристик вільновихрового насоса з використанням робочого колеса із профільованими циліндричними лопатями від визначених статистично значимих факторів впливу на них.

4. Розроблена математична модель розподілу енергії у проточній частині вільновихрового насоса.

5. Установлено взаємозв'язок геометричних параметрів робочого органа вільновихрового насоса з характеристиками насоса у результаті виконання чисельного дослідження робочого процесу в проточній частині вільновихрового насоса.

#### **4. Практична значимість отриманих у роботі результатів**

1. Установлено вплив конструкції робочого колеса на характеристики вільновихрового насоса.

2. Сформульовано практичні рекомендації щодо проектування робочого колеса вільновихрового насоса.

3. Розроблена конструкція робочого колеса, що дозволила підвищити ККД вільновихрового насоса на 4–5 %. Отримані результати підтверджено з використанням методу чисельного дослідження, а також шляхом проведення фізичного експерименту.

4. Розроблена методика проектування робочого колеса вільновихрового насоса.

5. Отримано патенти України на корисну модель робочого колеса вільновихрового насоса.

6. Удосконалено існуючий параметричний ряд вільновихрових насосів, що охоплює широкий діапазон за напором і подачею та включає мінімальну кількість уніфікованих конструктивних елементів.

7. Результати дослідження впроваджені у виробничі процеси ТОВ «Сумський машинобудівний завод». Результати роботи також використовуються у навчальному процесі для студентів спеціальності «Гідравлічні машини, гідроприводи та гідропневмоавтоматика».

#### **5. Повнота опублікованих основних результатів дослідження**

Апробація основних результатів дисертаційної роботи здійснена у ряді науково-технічних конференцій, у тому числі міжнародних. Матеріали дисертації опубліковані у 23 наукових працях, з них: 4 наукових статті опубліковано у наукових фахових виданнях України, які входять до

затвердженого переліку (у тому числі 1 публікація у виданні, що індексуються у міжнародній наукометричній базі Scopus), 1 наукова стаття у закордонному виданні, 4 патенти України на корисну модель, а також опубліковані тези 14 доповідей на науково-технічних конференціях.

## 6. Структура і зміст дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Кондуся В. Ю. представляє собою закінчену наукову працю і складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 157 найменувань на 17 сторінках, а також 3 додатків на 6 сторінках. Повний обсяг дисертаційної роботи складає 201 сторінку та включає 107 рисунків, із яких 4 рисунка на окремих сторінках та 20 таблиць.

У вступі, згідно з вимогами, обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та завдання досліджень, визначено його об'єкт і предмет, відображено основні методи досліджень, визначено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів.

У першому розділі дисертаційної роботи проведено інформаційно-аналітичний огляд стану проблем, які пов'язані з тематикою дисертаційної роботи. За даними аналізу сформульовано існуючі проблеми, які пов'язані з процесом конструювання та експлуатації вільновихрових насосів.

Визначено, що з точки зору загальної вартості життєвого циклу насосної установки найбільш раціональним методом модернізації вільновихрового насоса є удосконалення конструкції його робочого органа, в якості якого виступає робоче колесо. Зазначені зміни дозволяють знизити витрати на електроенергію при необхідних мінімальних інвестиційних витратах на модернізацію вже впроваджених у промисловості вільновихрових насосів.

Таким чином, подальший розвиток науково-методичного забезпечення проектування робочих коліс вільновихрових насосів є перспективним.

У другому розділі автор визначився з методикою проведення дослідження. В якості предмета дослідження виступив вільновихровий насос, а також його енергетичні характеристики. Об'єктом дослідження є робочий процес у проточній частині насоса даного типу.

Для визначення факторів впливу на енергетичні характеристики вільновихрового насоса запропонована методика проведення повного факторного експерименту типу  $2^3$ . Запропонована методика дозволяє встановити ступінь впливу обраних факторів на енергетичні характеристики насоса з мінімальним числом дослідів.

Роботу запропоновано виконувати шляхом проведення чисельного дослідження потоку у проточній частині вільновихрового насоса, що дозволить зменшити втрати часу та інвестиційні витрати на проведення дослідження.

З метою підтвердження попередніх результатів дослідження, запропоновано проведення фізичного експерименту з використанням вільновихрового насоса з діючою і новою конструкцією робочого колеса. Для проведення фізичного експерименту розроблено експериментальний стенд із закритою циркуляцією рідини.

У третьому розділі дисертаційної роботи розроблена математична модель розподілу енергії у проточній частині вільновихрового насоса. У якості фізичної моделі потоку рідини у вільновихровому насосі обрана модель проф. Грабова, що передбачає наявність складного процесу передачі енергії в насосах даного типу. Характерною ознакою вільновихрових насосів є передача енергії потоку рідини внаслідок наявності як лопатевого, так і вихрового робочого процесу. Встановлено, що теоретично досяжним максимальним ККД вільновихрового насоса є  $\eta_{\text{рп}} = 0,67$ .

З урахуванням запропонованої математичної моделі розподілу енергії у проточній частині вільновихрового насоса розроблена методика проектування його робочого колеса. Конструкція лопаті залежить від частки рідини, що проходить через його міжлопатеві канали. Запропонована методика дозволяє узгодити кут натікання рідини і кут установки лопаті на вході  $\beta_1$  і виході  $\beta_2$  з робочого колеса, у результаті чого ККД вільновихрового насоса зростає.

У **четвертому розділі** роботи представлено результати дослідження. Визначено конструкцію вхідної кромки лопаті робочого колеса, що дозволяє підвищити ККД насоса. Встановлено ступінь впливу обраних факторів на енергетичні характеристики вільновихрового насоса.

Визначено конструкцію лопаті, що дозволяє узгодити кут її установки на вході  $\beta_1$  і виході  $\beta_2$  з робочого колеса з кутом натікання рідини. У результаті зменшення гідравлічних втрат на вході і у міжлопатевих каналах робочого колеса досягається збільшення частки лопатевого і зменшення частки вихрового робочого процесу вільновихрового насоса. У результаті досягнуто підвищення ККД розглянутого вільновихрового насоса СВН 80/32 на 4–5 %.

Конструкція лопаті, при якій досягається максимальне значення ККД насоса, відповідає запропонованій методиці проектування робочого колеса вільновихрового насоса.

**Висновки.** У роботі надано шість висновків, які підсумовують результати дослідження в цілому. Усі вони у логічному порядку вказують на основні результати дослідження.

Структура подання матеріалу в авторефераті відповідає встановленим вимогам. Основні положення роботи викладені в авторефераті логічно і послідовно. Зміст автореферату об'єктивно відображає основні положення дисертації., розбіжностей між суттю автореферату та дисертації не виявлено.

## 7. Загальні зауваження до дисертаційної роботи

1. Проведення експериментального дослідження бажано було б розширити шляхом виконання зондування потоку в проточній частині насоса. Це дало б можливість експериментально підтвердити визначені графіки розподілу осьової  $V_z$ , радіальної  $V_r$ , колової  $V_u$  складових абсолютної швидкості, а також графік розподілу статичного тиску для розрахункових площин вільної камери насоса.

2. Зменшення кута установки лопаті на вході  $\beta_1$  і виході  $\beta_2$  з робочого колеса відповідно до основного рівняння турбомашин призводить до зниження напору насоса, що можливо не дозволить забезпечити заявлений напір насоса у робочій зоні його напірної Q-H характеристики.

3. При проведенні повного факторного дослідження до списку факторів впливу на енергетичні характеристики вільновихрового насоса бажано було б долучити товщину лопаті, оскільки при зменшенні кута її установки на вході  $\beta_1$  і виході  $\beta_2$  з робочого колеса зменшується ширина міжлопатевих каналів робочого колеса, що може призводити до виникнення додаткових гідравлічних втрат.

4. У дисертаційній роботі та авторефераті присутній ряд синтаксичних помилок, які, однак, не змінюють суті роботи в цілому.

## 8. Загальний висновок

1. Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, сутність якої полягає у підвищенні енергетичної ефективності вільновихрових насосів шляхом удосконалення їх робочого колеса, а також у розширенні існуючого параметричного ряду вільновихрових насосів типу СВН.

2. Тема роботи є актуальною і відповідає паспорту спеціальності 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати.

3. Висловлені зауваження не знижують важливості основних досягнень дисертанта.

У цілому дисертаційна робота на тему «Підвищення енергетичної ефективності та розширення параметричного ряду вільновихрових насосів шляхом удосконалення робочого органа» відповідає вимогам п.п. 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів...», що висуваються до кандидатських дисертацій, профілю спеціалізованої вченої ради К 55.051.03 у Сумському державному університеті, а її автор Кондусь Владислав Юрійович заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати.

Офіційний опонент:

кандидат технічних наук,

перший заступник генерального директора –

технічний директор АТ «ВНДІАЕН»

А.А. Руденко

