

ВІДГУК

офіційного опонента Панченка Анатолія Івановича на дисертаційну роботу
Криштопа Ігоря Володимировича
на тему " Удосконалений відвідний пристрій вільновихрового насоса з покращеними гідравлічними показниками",
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю
05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати

Актуальність теми досліджень.

Вільновихрові насоси (ВВН) через особливості їх гідравлічного процесу є одним із найефективніших пристроїв для перекачування забруднених рідин. Діапазон можливостей використання ВВН дуже широкий, починаючи від перекачування кристалічних суспензій, в'язких і забруднених рідин, стічних вод, каналізаційного мулу, та закінчуючи перекачуванням харчових продуктів і т. і.

Завдяки вільній від обертових частин насоса проточній частині, ВВН типу «Туго» мають ряд позитивних властивостей, основними з яких є незакупорюваність проточної частини, збереження продуктів від пошкодження при їх перекачуванні, більш проста в порівнянні з відцентровими насосами конструкція, кращі кавітаційні якості, високий ресурс роботи. Це спонукає до розширення області використання ВВН. В цьому випадку, основним недоліком вільновихрових насосів є низька економічність, особливо при проектуванні їх на великі значення коефіцієнтів швидкохідності ($n_s > 140$). Досягнення максимального значення коефіцієнта корисної дії (ККД) для ВВН з великим коефіцієнтом швидкохідності зводиться до зменшення втрат енергії у відвідному пристрої при збільшенні його пропускної здатності.

Зважаючи на складну структуру течії в проточній частині ВВН, форма відвідного пристрою повинна бути найбільш близькою до траєкторії руху частинки рідини в ньому. Складна структура течії рідини в ВВН ускладнює математичний опис робочого процесу, що призводить до проблем при розробці конструкції цього насоса на нові параметри.

В представленій роботі розглядається актуальна задача з'ясування причин незадовільної роботи ВВН з високим коефіцієнтом швидкохідності та розробка заходів, які дозволять отримати приріст ККД вільновихрового насоса типу «Туго». Вирішена одна з найважливіших задач при дослідженні ВВН – вибір оптимальної геометрії відвідного пристрою, яка забезпечує зменшення гідравлічних втрат.

Особлива важливість цієї роботи полягає в тому, що вона пов'язана з виконанням науково-дослідних робіт: «Дослідження робочих процесів динамічних машин» (№ 0110U001950) та «Дослідження робочих процесів насосів і гідроприводів» (№ 0114U000069).

Достовірність та ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Наукові положення, висновки та рекомендації, які викладені у роботі, є

достовірними та науково обґрунтованими. Всі положення базуються на аналізі літературних джерел за даною проблемою, логічному поєднанні мети і задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження, всебічному аналізі отриманих результатів і порівнянні їх з результатами інших дослідників. Теоретичні дослідження виконані на фундаментальних залежностях гідродинаміки руху рідини, сучасних уявленнях про принципи побудови моделей досліджуваних процесів і математичних методах, що дозволяють отримати науковий результат на основі чисельного моделювання. Отримані результати перевірені шляхом порівняння з результатами експериментальних досліджень натурних моделей, які підтвердили адекватність фізичних і розрахункових моделей та достовірність наведених висновків.

Крім того, матеріали досліджень знайшли підтвердження під час апробацій на наукових конференціях. Все це дозволяє зробити висновок, що сформульовані автором висновки та рекомендації ґрунтуються на результатах досліджень та не викликають сумніву.

Наукова новизна отриманих результатів.

Вперше обґрунтована і доведена можливість підвищення ККД вільновихрових насосів високої швидкохідності ($n_s > 140$) за рахунок зменшення гідравлічних втрат у відповідному пристрої.

Розроблено математичну модель течії в'язкої рідини у відповідному пристрої, що встановлює залежність зміни моменту швидкості потоку рідини у спіральній камері. Встановлена залежність дозволила забезпечити відповідність оптимального за подачею режиму роботи ВВН розрахунковому.

Вперше визначено взаємозв'язок основних параметрів просторового спірального відвідного пристрою з характеристиками вільновихрового насоса, що дозволило визначити раціональний діапазон його основних проектних параметрів.

Практичне значення одержаних результатів.

Розроблені основи проектування просторового відвідного пристрою, які достатньо обґрунтовано представлені в дисертаційній роботі. Причому, в якості проектних параметрів відвідного пристрою використані не тільки кінематичні, але й гідравлічні показники, такі як втрати у відповідному пристрої за умови протікання в ньому в'язкої рідини.

Практична цінність результатів дослідження полягає у розробці, дослідженні та експериментальній апробації принципово нової конструкції відвідного пристрою у складі ВВН, геометрія якого ґрунтуються на просторовому русі рідини в проточній частині насоса. Результати експериментальних досліджень підтвердили ефективність запропонованої математичної моделі та достовірність проведених чисельних розрахунків відвідних пристроїв, що забезпечують ефективне використання вільновихрових насосів.

Результати дисертаційної роботи впроваджені на підприємствах України: «Сумський завод «Насосенергомаш», ПАТ «ВНДІАЕН» (м.Суми), а також у навчальному процесі на кафедрі прикладної гідроаеромеханіки СумДУ.

Оцінка змісту роботи, її завершеність.

Дисертаційна робота Криштопа І. В. представляє собою закінчену наукову працю і складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 120 найменувань на 14 сторінках та 3 додатків на 3 сторінках. Основна частина викладена на 188 сторінках, містить 91 рисунок з текстом і 6 рисунків на 6 окремих сторінках та 8 таблиць.

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

У **першому розділі** виконано інформаційно-аналітичний огляд сучасного стану застосування ВВН і висвітлено проблеми їх роботи в області високих швидкохідностей

На відміну від відцентрових насосів, фізичною сутністю робочого процесу ВВН є наявність обов'язкових гідравлічних втрат енергії в його проточній частині (вихровий робочий процес).

За даними аналізу встановлено, що навіть значна зміна конструктивних параметрів насоса викликає порівняно незначну зміну його коефіцієнта швидкохідності, але досягти високих значень ККД можливо лише у обмеженому діапазоні коефіцієнта швидкохідності.

Тому, перспективним у напрямку підвищення економічності ВВН високої швидкохідності є удосконалення відповідного пристрою, який дозволить отримати приріст ККД насоса.

У **другому розділі** стверджується, що підвищення енергоефективності вільновихрового насоса типу «Turo» високої швидкохідності $n_s > 140$ передбачає першочергове вирішення чотирьох завдань, які потребують наступних методів дослідження: аналітичний, чисельне дослідження і фізичний експеримент.

Проведений автором детальний огляд існуючих сучасних програмних пакетів моделювання течії рідини та газу і апробація отриманих з їх допомогою розрахункових результатів, дозволив визначитись з методом математичного дослідження.

Автор робить висновок, що для дослідження та урахування всіх особливостей робочого процесу ВВН у повному обсязі необхідне вирішення повних рівнянь Нав'є-Стокса, але на практиці їх рішення можливе лише з істотними припущеннями і спрощеннями. Автором виконано огляд основних етапів розвитку методів розрахунку параметрів просторової течії, що знайшли широке застосування в гідромашинобудуванні, і наведені аргументи доцільності розрахунку гідродинамічних течій за допомогою програми ANSYS CFX при використанні SST моделі турбулентності. Це підтверджується узгодженням результатів чисельного і фізичного експерименту під час тестування програмного продукту при розрахунках просторової течії в елементах проточної частини ВВН 60-20.

В якості об'єкта дослідження були обрані гідравлічні процеси взаємодії потоку рідини з елементами проточної частини вільновихрового насоса ВВН 125-28.

У **третьому розділі** запропонована конструкція відвідного пристрою вільновихрового насоса, яка дозволяє відвід рідини з вільної камери сформувати з мінімальними гідравлічними втратами, забезпечивши при цьому необхідну структуру потоку у вільній камері. Здобувач проаналізував існуючу структуру потоку у вільній камері ВВН, що дозволило спрофілювати конфігурацію стінки відвідного пристрою таким чином, щоб вона забезпечувала безперешкодний рух рідини.

Запропонована математична модель розрахунку відвідного пристрою заснована на диференціальному рівнянні лінії течії рідини. Застосування моделі течії в'язкої рідини дозволило уточнити закон розподілу колової швидкості, а отже і моменту швидкості, по перетину спіралі.

Перевірка запропонованої математичної моделі була виконана для просторового відвідного пристрою, що підтверджує ефективність її використання при проектуванні ВВН. Відвідний пристрій, розрахований з умови сталості моменту швидкості по перетину спіральної камери, призводить до зміщення оптимального режиму роботи насоса від розрахункового в область менших подач. Відвід, розрахований за запропонованою методикою з урахуванням протікання в'язкої рідини, забезпечує збіг оптимального режиму роботи насоса з розрахунковим, це дозволяє отримати закладений при проектуванні робочий режим насоса.

У **четвертому розділі** представлено результати експериментальних досліджень різних типів відвідних пристроїв вільновихрового насоса та оцінка їх ефективності за різними параметрами їх роботи. Встановлено, що найкращі гідродинамічні показники має корпус з просторовим спіральним відвідним пристроєм, що дозволяє підвищити ефективність використання вільновихрових насосів, особливо для високих значень швидкохідностей.

У рамках даної роботи виконано розрахункове дослідження течії рідини в проточній частині ВВН, яке порівнювалось з відцентровим насосом.

Проведені дослідження дозволили установити, що для ВВН з високим значенням коефіцієнта швидкохідності геометрія його відводу має визначальне значення, оскільки основна частина потоку рідини рухається в каналі відводу, і не виходить найкоротшим шляхом в дифузор насоса. Крім цього проведено дослідження робочого процесу ВВН, зокрема вплив поперечних вихорів на процес перетворення енергії в ньому.

Експериментально підтверджено ефективність використання запропонованої конструкції відвідного пристрою над іншими, та підтверджено результати, отримані в ході проведення чисельного моделювання.

Оцінюючи дисертаційну роботу, слід зазначити, що вона є закінченою і вирішує поставлені завдання. Зміст, форма подачі матеріалу та стиль викладення відповідають вимогам до кандидатських дисертацій.

Повнота опублікованих основних результатів дослідження.

Основні положення та результати дисертаційної роботи достатньо повно викладені в 18 наукових працях. Серед них 4 статті у фахових виданнях України, 1 стаття – у закордонному фаховому виданні (SCOPUS), 1 стаття у складі монографії, 8 – у матеріалах міжнародних конференцій, а також 4

патенти на корисну модель.

Рівень і кількість публікацій, а також апробація матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам, що ставляться до кандидатських дисертацій МОН України.

Відповідність автореферату основним положенням дисертації.

Зміст автореферату у достатній мірі відображає основні положення та результати дисертаційної роботи, висновки в дисертації та в авторефераті повністю співпадають.

Загальні зауваження до дисертаційної роботи.

1. В огляді відсутній аналіз впливу геометричних параметрів робочого колеса на швидкохідність вільновихрового насоса.

2. В тексті дисертації наявні деякі термінологічні неточності. Так при розгляді кінематики течії в'язкої рідини у відвідному пристрої ВВН говориться про «циліндричний вихор» (ст. 96), а на ст. 104 це вже «вільний вихор».

3. При проведенні експериментальних досліджень дисертант обмежився лише напірною та енергетичними характеристиками, не зробивши спроби оцінити кавітаційні характеристики досліджуваних відвідних пристроїв.

4. Результати чисельного експерименту стосовно розподілу моменту швидкості на вході у просторовий спіральний відвід (ст. 141) не підтверджені шляхом зондування потоку.

5. Розділ 4 переобтяжений наведеними в ньому матеріалами, логічно було б відокремити матеріали, які отримані чисельними розрахунками, від матеріалів фізичного експерименту.

6. У розділі 4.4, адекватність розроблених математичних моделей визначалася точково за даними таблиці 4.4. Доцільно було б визначити адекватність всій області зміни досліджуваних параметрів СВН, використовуючи існуючі методики.

Вказані зауваження стосуються окремих деталей дослідження і не знижують наукового та практичного рівня дисертаційної роботи в цілому та не впливають на позитивну оцінку роботи.

Висновок.

Дисертаційна робота Криштопа Ігоря Володимировича "Удосконалений відвідний пристрій вільновихрового насоса з покращеними гідравлічними показниками" є завершеною науково-дослідною роботою, що має теоретичне та практичне значення, містить нові рішення актуальної науково-практичної задачі, сутність якої полягає у підвищенні енергетичної ефективності вільновихрового насоса при його експлуатації в області високих швидкохідностей, що забезпечує більш високий ресурс роботи насоса. Актуальність, практичне значення, новизна і закінченість досліджень, обґрунтування та достовірність висновків заслуговує позитивної оцінки.

Зміст і структура дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати.

В цілому дисертаційна робота відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника", що висуваються до кандидатських дисертацій, профілю спеціалізованої вченої ради К 55.051.03 у Сумському державному університеті, а здобувач Криштоп Ігор Володимирович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри «Мобільні енергетичні
засоби» Таврійського державного
агротехнологічного університету

А. І. Панченко

Підпис Панченка А.І. засвідчую
Начальник відділу кадрів

Г. В. Терещенко

