

ВІДГУК

офіційного опонента Волошиної Анжели Анатоліївни
на дисертаційну роботу

Панченка Віталія Олександровича

на тему "Підвищення технічного рівня вільновихрового насоса шляхом
вдосконалення геометрії робочого колеса",

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 обертювих 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 ($ns > 140$). 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.

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 робочого колеса, яка забезпечує зростання енергоефективності вільновихрового насоса.

Особлива важливість цієї роботи полягає в тому, що вона пов'язана з виконанням науково-дослідних робіт: «Створення ефективних енергозберігаючих систем опалення та гарячого водопостачання на базі багатифункціональних теплогенеруючих агрегатів» (замовник – Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, номер державної реєстрації 0111U002153); «Дослідження робочих процесів насосів і приводів» (замовник – Міністерство освіти і науки України, номер державної реєстрації

0114U000069); «Підвищення ефективності та ресурсозбереження у технологічних процесах перспективних галузей промисловості за рахунок впровадження багатифункціональних агрегатів» (замовник – Міністерство освіти і науки України, номер державної реєстрації 0116U000922).

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 апробації 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 ($ns > 140$) за рахунок покращання геометрії робочого колеса насоса.

Розроблено математичну модель течії в'язкої рідини у проточній частині ВВН з подовженими лопатями робочого колеса. Встановлена залежність дозволила забезпечити відповідність оптимального за подачею режиму роботи ВВН розрахунковому.

Вперше доведено можливість використання у насосі типу ВВН робочого колеса з подовженими лопатями для підвищення енергетичної ефективності насоса і встановлено взаємозв'язок основних геометричних параметрів колеса з характеристиками насоса.

Практичне значення одержаних результатів.

Розроблені основи проектування робочого колеса з покращеною геометрією та створено методику інженерного розрахунку параметрів і характеристик насосу типу ВВН з робочим колесом, що має подовжені лопаті, які достатньо обґрунтовано представлені в дисертаційній роботі.

Практична цінність результатів дослідження полягає у розробці, дослідженні та експериментальній апробації принципово нової конструкції

робочого колеса у складі ВВН. Результати експериментальних досліджень підтвердили ефективність запропонованої математичної моделі та достовірність проведених чисельних розрахунків, що забезпечують ефективне використання вільновихрових насосів.

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

Оцінка змісту роботи, її завершеність.

Дисертаційна робота Панченка В. О. представляє собою закінчену наукову працю і складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 146 найменувань на 17 сторінках та 3 додатків на 3 сторінках. Основна частина викладена на 146 сторінках, містить 50 рисунків з текстом та 12 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 робочого колеса, яке дозволить отримати приріст ККД насоса.

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

Розглянуто баланс енергій у вільновихровому насосі і зроблено висновок про можливість підвищення ККД насоса за рахунок збільшення частки лопатевого робочого процесу як більш енергоефективного.

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 вільновихрових насосів.

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

У рамках даної роботи виконано розрахункове дослідження течії рідини в проточній частині ВВН зі зміненою геометрією робочого колеса, яке порівнювалось з вільновихровим насосом звичайного виконання.

Розроблено математичну модель, яка з урахуванням прийнятих припущень і обмежень дає можливість встановити залежність основних робочих параметрів насоса від геометричних параметрів його робочого колеса.

У **третьому розділі** була виконана перевірка запропонованої математичної моделі, що підтверджує ефективність її використання при проектуванні ВВН.

Представлено результати експериментальних досліджень робочих коліс вільновихрового насоса з різним співвідношенням геометричних параметрів та оцінка їх ефективності за різними параметрами їх роботи.

Під час аналізу результатів експериментальних досліджень підтверджено вплив співвідношення геометричних параметрів РК ВВН вдосконаленої конструкції на робочі характеристики насоса і встановлені їх оптимальні значення.

Порівняння результатів розрахунку та числового і фізичного експерименту дає підстави стверджувати про адекватність припущень, прийнятих під час розробки математичної моделі та проведення числового експерименту.

Проведені дослідження дозволили установити, що для ВВН з високим значенням коефіцієнта швидкохідності геометрія його робочого колеса має визначальне значення, оскільки істотно впливає на частку лопатевого робочого процесу у загальному балансі енергій насоса. Крім цього проведено дослідження робочого процесу ВВН, зокрема вплив поперечних вихорів на процес перетворення енергії в ньому.

Експериментально підтверджено ефективність використання запропонованої конструкції робочого колеса насоса над іншими, та підтверджено результати, отримані в ході проведення чисельного моделювання.

У **четвертому розділі** розроблено алгоритм проектування вільновихрового насоса типу «Туро» з удосконаленою геометрією робочого колеса, який полягає у визначенні оптимальних геометричних співвідношень проточної частини за заданими параметрами насоса.

Шляхом розв'язання інтерполяційної задачі під час планування багатофакторних експериментів визначено коригувальні коефіцієнти, рекомендовані для проведення спрощення перерахунків робочих параметрів з моделі (ВВН з лопатями звичайної довжини) на натурний насос (ВВН з видовженими лопатями).

За допомогою експертного методу з використанням методу Харінгтона для оцінювання якості продукції визначено коефіцієнти вагомості показників якості та розраховано інтегральний показник якості модернізованого насоса.

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 22 наукових працях. Серед них 4 статті у фахових виданнях України, 4 статті – у закордонних виданнях (одна входить до наукометричної бази Scopus), 13 – у матеріалах міжнародних конференцій, а також 1 патент 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 розділі 1.3 (огляд літературних джерел) не приведено пояснення безрозмірних коефіцієнтів напору \bar{H} і подачі \bar{Q} (стор. 25).
2. В тексті дисертації наявні деякі термінологічні неточності. Так на стор. 11 говориться про «подовжені лопаті», а на стор. 2, 3, 68 – це все «видовжені лопаті».
3. Розділ 2.4 переобтяжений описом програмного продукту ANSYS Academic Research CFD 12.1.
4. Течія рідини в проточній частині вільновихрового насоса є просторовою, як засвідчує автор (стор. 18). Проте математична модель розрахунку робочого колеса базується на припущенні (стор. 64), що рух рідини в ньому є струминним, тобто одновимірним.

5. В математичній моделі використовується поправка на кінцеве число лопатей (стор. 70, формула 2.35), але далі за текстом не вказується, яким чином вона визначається.

6. При проведенні експериментальних досліджень дисертант залишив поза увагою оцінку кавітаційних характеристик удосконаленого вільновихрового насоса.

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 Панченка Віталія Олександровича "Підвищення технічного рівня вільновихрового насоса шляхом вдосконалення геометрії робочого колеса" є завершеною науково-дослідною роботою, що має теоретичне та практичне значення, містить нові рішення актуальної науково-практичної задачі, сутність якої полягає у визначенні закономірностей впливу геометричних параметрів робочого колеса вільновихрового насоса на ефективність процесу передачі енергії від ротора насоса до потоку рідини, що дозволило вдосконалити вільновихрові насоси типу «Туго» та підвищити їх технічний рівень. 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 Панченко Віталій Олександрович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.17 - гідравлічні машини та гідропневмоагрегати.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук,
професор кафедри мехатронних систем
та транспортних технологій
Таврійського державного
агротехнологічного університету
імені Дмитра Моторного


А. А. Волошина

Підпис д.т.н., професора Волошиної А.А. засвідчую

Начальник відділу кадрів


А. В. Терешенко