

ВІДГУК

офіційного опонента Рогового Андрія Сергійовича
на дисертаційну роботу Ткача Павла Юрійовича
**«Вплив надроторних елементів шнеку на кавітаційно-ерозійні якості
шнекововідцентрового ступеня насоса»,**

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

Актуальність теми.

На сьогоднішній день одним з пріоритетних напрямів розвитку гідравлічних машин є ефективне використання енергії, що витрачається на привід насосів. Однією з найважливіших характеристик роботи насосу є вартість його життєвого циклу, яка суттєво залежить від вибору конструкції насосу. Одним з найважливіших показників досконалості конструкції є кавітаційна характеристика насоса.

В останні роки розвивається напрям покращення всмоктувальної здатності насосу та кавітаційної характеристики за рахунок використання першого шнекововідцентрового ступеня. Але, існуючих рішень щодо використання цього передвключеного ступеня стає замало, внаслідок того, що зростають вимоги до кавітаційної стійкості робочих органів з ростом подач. Тому задача підвищення кавітаційно-ерозійних якостей шнекововідцентрового ступеня насоса є актуальною та вирішена автором за рахунок використання надроторних елементів та розроблення рекомендацій щодо їх проектування.

Актуальність теми роботи підтверджується так само й тим, що вона пов'язана з виконанням тематик науково-дослідницьких робіт АТ «ВНДІАЕН». Експериментальні роботи проводилися згідно додаткової угоди № 524 до договору № 2009 на виконання науково-дослідної роботи за темою «Дослідження впливу надроторних елементів шнеку на кавітаційно-ерозійні якості шнекововідцентрового ступеня»

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Положення та висновки дисертаційної роботи базуються на результатах експериментальних та аналітичних досліджень, які кількісно та якісно не суперечать результатам досліджень попередніх авторів. Результати чисельного моделювання процесів в проточній частині насоса з передвключеним шнекововідцентровим ступенем спираються на аналіз та співставлення результатів чисельного і фізичного експерименту, проведеного відповідно до вимог діючих стандартів. Припущення, покладені в основу теоретичних досліджень є коректними. Впровадження у промисловість результатів досліджень підтверджує обґрунтованість наукових положень, отриманих висновків та рекомендацій.

Достовірність результатів досліджень.

Достовірність результатів дисертаційного дослідження забезпечується коректністю постановок для вирішення математичних задач, застосуванням стандартних процедур математичного аналізу й методів математичної фізики, відповідністю змісту математичних конструкцій фізичній суті описуваних процесів. Наукові результати здобувача успішно використані під час розробки проточних частин перших шнекововідцентрових ступенів відцентрових насосів з коефіцієнтом

швидкохідності $n_s = 120$ з покращеними кавітаційно-ерозійними характеристиками.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

– вперше, на основі отриманих віртуальним експериментом картин і параметрів течії, сформульовані положення фізичної моделі течії у проточній частині шнекововідцентрового ступеня з надроторними елементами;

– досліджено вплив геометричних розмірів надроторних елементів на характеристики шнекововідцентрового ступеня насоса, що дозволило вперше визначити оптимальні співвідношення геометричних параметрів надроторної втулки для поліпшення кавітаційно-ерозійних якостей шнекововідцентрового ступеня насоса зі збереженням напірної та енергетичної характеристик;

– вперше для шнекововідцентрових ступенів насосів із надроторними елементами запропоновано модель оцінки порогового параметра кавітаційної ерозії, що дозволяє на етапі проектування оцінити ефективність їх застосування.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

Отримане автором граничне значення параметра кавітації зі значенням 23,5 доводить можливість підвищення кавітаційно-ерозійних якостей шнекововідцентрових ступенів за допомогою надроторних елементів. Це дозволяє розширити діапазон роботи насоса зі шнекововідцентровим ступенем.

З метою підвищення кавітаційно-ерозійних якостей шнекововідцентрового ступеня автор розробив рекомендації з проектування надроторних елементів для шнекововідцентрового ступеня, що дозволяє на стадії проектування визначати геометричні параметри надроторної втулки

Запропонована здобувачем схема поліпшення кавітаційно-ерозійних якостей шнекововідцентрового ступеня за допомогою установки надроторних елементів запатентована й на неї отримано патент України на корисну модель.

Основні результати роботи впроваджені на підприємствах АТ «ВНДІАЕН», АТ «Сумський завод «Насосенергомаш» і в навчальний процес Сумського державного університету, що підтверджено відповідними актами

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Основні положення та результати дисертаційної роботи здобувача опубліковано в 20 наукових працях, у тому числі: 6 публікацій у наукових фахових виданнях України, 2– у закордонних наукометричних виданнях, що входять до бази Scopus; 11 – у матеріалах конференцій. Рівень і кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам.

Оцінка змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Ткача П.Ю. складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, 4 додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність проведення дослідження, спрямованого на отримання покращених кавітаційно-ерозійних характеристик шнекововідцентрового ступеня насоса за допомогою використання надроторних елементів шнеку. Сформульовані мета та задачі дослідження, наводиться загальна характеристика роботи.

У першому розділі проаналізовано сучасний стан досліджень кавітаційно-

ерозійних якостей шнековідцентрового ступеня.

Автор детально проаналізував основні методи оцінки кавітаційно-ерозійних якостей гідромашин та показав усі недоліки наявних методів та вибрав декілька для подальшого використання під час досліджень кавітаційних параметрів шнековідцентрового ступеня. Такими методами стали: CFD-метод, метод заміру вібрації і метод використання легкоруйнівних лакофарбових покриттів. Але при всіх своїх перевагах ці методи є непрямими і дають тільки якісну картину. Кількісну характеристику кавітаційно-ерозійних якостей можна отримати лише у результаті проведення ресурсних випробувань, однак вони автором проведені не були. Ресурсні випробування потребують великих витрат часу та матеріальних ресурсів, що ускладнює їх використання під час досліджень, тому, деякою мірою, можна вважати їх невиконання виправданим.

На підставі проведеного аналізу обрано напрямки та методи дослідження, які направлені на виявлення впливу надроторних елементів шнеку на кавітаційно-ерозійні якості шнековідцентрового ступеня насоса. Аналіз сучасних засобів досліджень кавітаційних якостей насосу бажано було б розширити та провести огляд проблем моделювання течії у насосах під час кавітації, перекачування двофазної рідини, допущень, використання моделей турбулентності та похибок, які виникають під час моделювання тривимірних течій.

Другий розділ присвячено розгляду методів та способів проведення досліджень. В роботі використано традиційні методи досліджень проточної частини, а саме: аналітичні дослідження, віртуальний і фізичний експерименти.

Автором представлено опис модельного стенду АТ «ВНДІАЕН», засобів, методики вимірювань та розрахунку основних параметрів; наведено методику проведення випробувань насоса на стенді, оцінені похибки вимірювання.

Представлено особливості тривимірного розрахунку за допомогою спеціалізованих програмних комплексів. Наведено розрахункову модель, сіткове розбиття, математичну модель, але декілька питань залишилось неосвітленими: вплив сіткового розбиття на результати розрахунку, критерії якості сітки, параметри примежового шару, використання інших моделей турбулентності.

За результатами експериментального тестування обрано емаль, що потім було використано під час досліджень з легкоруйнівними лакофарбовими покриттями. Встановлено режим з максимальною інтенсивністю кавітаційної ерозії і час для отримання виразних характерних «слідів» механічної дії кавітації при використанні емалі на цьому режимі.

У третьому розділі наведено результати розроблення фізичної моделі течії в досліджуваному шнековідцентровому ступені на режимах недовантаження. Як базова для аналізу вибрана подача $Q = 0,75Q_{ном}$, яка відповідає найбільш небезпечному режиму з точки зору руйнування від кавітаційної ерозії.

Отримано та проаналізовано характеристики течії перед та за передвключеним колесом. Виявлено особливості течії та побудовано поля швидкостей. Зіставлення розрахункових швидкостей потоку досить добре кількісно узгоджується з результатами експериментальних досліджень на гідродинамічному стенді. Під час досліджень, доцільно було б дослідити та порівняти характеристики течії при більшій кількості подач та за відносними показниками швидкості.

У четвертому розділі наведено результати експериментальної частини

дослідження, під час виконання якої застосовувалося планування експерименту. Фізичний експеримент проводився на модельному стенді, що працює на холодній воді за замкнутою схемою циркуляції рідини.

Фізичний експеримент з використанням легкоруйнівних лакофарбових покриттів наочно підтвердив адекватність отриманих у дослідженні результатів і продемонстрував ефективність використання надроторних елементів у боротьбі з кавітаційною ерозією у шнековідцентрових ступенях. Автором визначені оптимальні геометричні параметри надроторних елементів, за яких досягається максимальне значення параметра кавітаційної ерозії. Слід зауважити, що на рис. 4.3 доцільно було б навести експериментальні точки для зручності порівняння отриманих результатів.

Висновки до розділів та за результатами роботи сформульовані достатньо чітко і виразно та відповідають змісту дисертаційної роботи.

Список використаних джерел досить повний і охоплює сучасні вітчизняні та зарубіжні публікації із 118 найменувань.

Зміст автореферату відображає основний зміст дисертації та достатньо повно розкриває внесок здобувача в наукові результати та практичну цінність роботи.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. Під час визначення адекватності представлених результатів доцільно було б провести більш систематичне порівняння для різних типорозмірів насосів. Крім того, для оптимальної конструкції насоса корисно було б провести ресурсні випробування та однозначно визначити вплив надроторних елементів на життєвий цикл насосу та кавітаційні характеристики.

2. Використана в дослідженні « $k - \epsilon$ » модель турбулентності застосовує пристінні функції, тому результати розрахунку поблизу стінок можуть дещо відрізнятися від результатів експериментальних досліджень, чим, мабуть й пояснюється деякий розбіг між експериментальними та розрахунковими даними. Тому, корисно було б використати й інші моделі турбулентності, наприклад SST-модель, що добре себе зарекомендувала під час розрахунків обмежених стінками потоків, та, у більшості випадків, дає більш точні результати, у порівнянні з « $k - \epsilon$ » моделлю турбулентності.

3. Аналіз результатів чисельного моделювання досить ускладнено внаслідок відсутності параметрів примежового шару, що автор застосував під час побудови сіток, таких як y^+ , вплив сіткового розбиття на результати розрахунку, критерії якості сітки та інші, що можуть мати вплив на точність розрахунку течії.

4. Доцільно було б визначити економічний ефект від реалізації запропонованих рішень, особливо, з урахуванням зниження ККД нової конструкції насосу.

5. Яким саме чином отримано діапазон використання отриманих в роботі рекомендації за числом $n_s = 110..140$? Доцільно було б перевірити отримані рекомендації на насосі ще одного типорозміру експериментально.

6. За дисертацією та авторефератом є зауваження редакційного характеру та декілька друкарських помилок (стор. 18, 38).

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Ткача Павла Юрійовича «Вплив надроторних елементів шнеку на кавітаційно-ерозійні якості шнековідцентрового ступеня насоса» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу наукову задачу, суть якої полягає в покращенні кавітаційно-ерозійних якостей шнековідцентрового ступеня насоса за допомогою надроторних елементів. Дисертаційна робота відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», щодо кандидатських дисертацій, а здобувач Ткач Павло Юрійович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати.

Офіційний опонент
 професор кафедри теоретичної
 механіки та гідравліки
 Харківського національного
 автомобільно-дорожнього університету
 доктор технічних наук, доцент

AP-f

А.С. Роговий

