

## **ВІДГУК**

офіційного опонента Черкашенко Михайла Володимировича  
на дисертаційну роботу Рябової Світлани Олександрівни

**«Гідродинамічне удосконалення поворотно-лопатевої гідротурбіни на основі  
використання просторового профілювання лопатей робочого колеса»,**

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

### **Актуальність теми.**

Розробка проточних частин гідротурбін з високими енерго-кавітаційними показниками для нових ГЕС, а також модернізація гідротурбінного обладнання існуючих станцій є важливим економічним завданням. Підвищення ефективності гідротурбін представляє важливу науково-технічну проблему, вирішення якої призводить до необхідності удосконалення елементів проточних частин. Протягом останніх десятиліть існує тенденція розширення чисельного експерименту при розробці проточної частини з метою як для відпрацювання варіантів проточної частини гідротурбіни, так і скорочення обсягу фізичного експерименту на експериментальних стендах. Такий підхід забезпечує розробку високоефективних проточних частин, скорочення терміну та вартості науково-дослідних робіт. Посилення ролі чисельного експерименту стало можливим у зв'язку з розробкою удосконалених математичних моделей робочого процесу. Враховуючи тенденції розвитку теорії проектування та розрахунку проточних частин гідротурбін, удосконалення лопатевих систем робочого колеса методом просторового профілювання, є актуальною науково-практичною задачею, рішенням якої і присвячена представлена дисертаційна робота.

Актуальність теми роботи підтверджується тим, що вона пов'язана з виконанням держбюджетних тем НАН України: «Розробка наукових основ вирішення пов'язаних завдань аерогідродинаміки і пружних коливань з використанням ефективних методів розрахунку і експериментальних досліджень в'язких течій в турбомашиних» (№ ДР 0105U00264); «Удосконалення робочих процесів в проточних частинах енергетичних машин на основі методів математичного і фізичного моделювання просторових в'язких течій рідини і газу» (№ ДР 0114U001440).

Згідно аргументованого обґрунтування проведених досліджень і поставленої мети підвищення енергетичних характеристик проточної частини низьконапірної осьової гідротурбіни за рахунок просторового профілювання лопатей робочого колеса, вважаю тему дисертаційної роботи Рябової С. О. актуальною і затребуваною сучасним рівнем розвитку гідротурбобудування.

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

Наукові положення, висновки і рекомендації, сформульовані в дисертаційній роботі Рябової С. О., мають високий ступінь й базуються на аналізі науково-технічних джерел за даною проблемою, гармонійній постановці мети і задач дослідження, використанні сучасних чисельних та експериментальних методів дослідження, зіставленні і критичному аналізі отриманих результатів чисельних розрахунків математичного моделювання течії рідини з результатами експериментальних досліджень робочого процесу гідротурбін на гідродинамічному стенді і якісному формулюванні отриманих висновків.

**Достовірність результатів досліджень.**

Про достовірність отриманих результатів свідчить їх взаємоузгодженість, відповідність науково-технічним даним, кореляція теоретичних розрахунків з результатами експериментальних досліджень і позитивні результати як з якісного моделювання структури течії, так і за кількісною оцінкою інтегральних характеристик.

**До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:**

– отримало подальший розвиток дослідження впливу параметрів потоку на вході в розрахункову область на характеристики проточної частини, встановлено діапазон режимів роботи низьконапірної вертикальної осьової турбіни, при яких забезпечується рівномірний розподіл гідродинамічних величин в окружному напрямку на вході в робоче колесо;

– вперше запропоновано підхід до просторового профілювання лопатей робочих коліс осьових гідротурбін, заснований на застосуванні складних навалів в

осьовому й окружному напрямках, який дозволяє підвищити енергетичні характеристики проточної частини низьконапірної осьової гідротурбіни;

– вперше встановлено закономірності впливу окружних і осьових навалів лопатей робочих коліс осьової гідротурбіни на структуру потоку та інтегральні енергетичні показники, що використовуватимуться при проектуванні та модернізації проточних частин.

**Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.**

Здобувачем запропоновано автоматизований метод просторового профілювання лопатей робочих коліс, заснований на застосуванні складних осьових, окружних і комбінованих навалів, який дозволяє підвищити якість проектування та ефективність проточних частин осьових гідротурбін.

Для використання при проектуванні та модернізації осьових гідротурбін автор встановив закономірності впливу навалів лопатей робочих коліс на структуру потоку та гідродинамічні характеристики в широкому діапазоні режимних параметрів, які складають основу подальшого удосконалення проточної частини.

Важливим також є розроблений здобувачем варіант робочого колеса з комбінованим навалом лопатей з покращеними енергетичними показниками, який планується використати при модернізації гідротурбін Кременчуцької ГЕС.

Отримані в дисертаційній роботі наукові та практичні результати дослідження використовуються в ПАТ «Турбоатом» при розробці проточних частин низьконапірних осьових гідротурбін.

**Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.**

Основні положення та результати дисертаційної роботи достатньо повно опубліковані в 11 наукових працях, у тому числі 9 публікацій у наукових фахових виданнях України. У цілому, рівень і кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам.

**Оцінка змісту дисертаційної роботи**

Дисертаційна робота Рябової С. О. складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг

дисертації становить 157 сторінок основного тексту, з них 59 рисунків за текстом; 2 рисунка на 2 окремих сторінках; 9 таблиць за текстом; 2 таблиці на 2 окремих сторінках; 201 найменування використаних джерел на 23 сторінках; 2 додатка на 3 сторінках.

У вступі розкрито актуальність і новизну представленої роботи. Сформульовані основні завдання, які необхідно вирішити для виконання поставленої мети. Структура представлення основних положень проведеного дослідження у вступі відповідає встановленим вимогам.

У першому розділі наведено огляд науково-технічних джерел щодо методів досліджень гідродинамічних процесів у проточних частинах поворотно-лопатевих гідротурбін. Проаналізовано основні напрямки і підходи до гідродинамічного удосконалення проточних частин поворотно-лопатевих гідротурбін. Визначено, що перспективним напрямком підвищення ефективності проточних частин гідромашин є гідродинамічне удосконалення її елементів на основі математичного моделювання в'язких просторових течій нестисливої рідини. На підставі проведеного аналізу вибрано напрямки та методи дослідження, які полягають в підвищенні ефективності проточної частини осьової низьконапірної гідротурбіни за допомогою просторового профілювання лопатей робочого колеса.

У другому розділі описано метод математичного моделювання в'язких просторових течій нестисливої рідини в проточних частинах гідротурбін, який реалізовано у програмному комплексі *IPMflow* та метод фізичного експерименту на енерго-кавітаційному стенді спеціального конструкторського бюро «Турбогідромаш» ПАТ «Турбоатом».

Розглянуто верифікацію програмного комплексу в проточній частині номенклатурної гідротурбіни ПЛ20/811-В та проведено порівняння отриманих результатів з експериментальними даними. Результати розрахункових експериментів характеризуються високою достовірністю як за якісним моделюванням структури течії, так і за кількісною оцінкою інтегральних характеристик.

Здобувачем виконано аналіз результатів комплексних розрахунково-

теоретичних і експериментальних досліджень на гідродинамічному стенді проточних частин модельних гідротурбін ПЛ20 Кременчуцької ГЕС.

За результатами аналізу визначено, що для більш детального дослідження робочого процесу, подальшого удосконалення проточної частини з робочим колесом ПЛ20/3271у і застосування її для модернізації Кременчуцької ГЕС необхідно провести чисельні дослідження течії рідини в усіх елементах проточної частини у широкому діапазоні режимів роботи.

**У третьому розділі** наведено результати чисельного дослідження просторової течії в'язкої нестисливої рідини в проточній частині гідротурбіни ПЛ20/3271у. Отримано та проаналізовано характеристики потоку в усіх елементах проточної частини гідротурбіни на всіх режимах.

Автором досліджено вплив параметрів потоку на вході в розрахункову область на характеристики проточної частини. Встановлено діапазон режимів роботи низьконапірної вертикальної осьової турбіни, при яких забезпечується рівномірний розподіл гідродинамічних величин в окружному напрямку на вході в робоче колесо.

Отримано розрахункові інтегральні енергетичні та кавітаційні показники, які добре кількісно і якісно узгоджуються з результатами експериментальних досліджень на гідродинамічному стенді.

Визначено, що для підвищення ефективності проточної частини ПЛ20/3271у доцільно застосувати сучасні методи просторового профілювання робочого колеса.

**У четвертому розділі** запропоновано підхід до просторового профілювання лопатей робочих коліс осьових гідротурбін за допомогою окружних і осьових навалів, який дозволяє підвищити ефективність низьконапірної осьової гідротурбіни. Такий підхід дає можливість підвищити якість проектування проточних частин як нових ГЕС так і при модернізації існуючих ГЕС, а також суттєво скоротити його час.

На основі чисельного дослідження робочого процесу визначено закономірності впливу складних осьових і окружних навалів робочих коліс осьової гідротурбіни на структуру потоку, енергетичні та кавітаційні характеристики проточної частини. Проаналізовано характеристики потоку в розрахунковій області

як з урахуванням відсмоктувальної труби так і при її відсутності. Визначено, що урахування відсмоктувальної труби в розрахунковій області дає можливість коректно моделювати течію рідини в проточній частині, враховуючи взаємний вплив її елементів, і більш достовірно визначати інтегральні характеристики гідротурбіни.

В результаті чисельного дослідження впливу комбінованого периферійного навалів (одночасно осьового та окружного) розроблено перспективну лопатеву систему робочого колеса, що дозволило підвищити значення максимального ККД сучасної високоефективної гідротурбіни ПЛ20/3271у Кременчуцької ГЕС на 1,09 % та потужності на 3,17 %.

**Висновки до розділів** сформульовано достатньо чітко і виразно та відповідають змісту дисертаційної роботи.

Список використаних джерел досить повний, складається із 201 найменування і охоплює сучасні вітчизняні та зарубіжні публікації.

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

Дисертаційна робота за обсягом і структурою відповідає установленим вимогам ВАК України.

**По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:**

1. При дослідженнях структури потоку в відсмоктувальній трубі не наведено значення коефіцієнту Коріоліса, який визначає ступінь нерівномірності розподілу швидкості потоку в її вихідному перерізі.

2. В розділі 4 наведено залежності ККД від величини окружних та осьових навалів, але не наведено значення гідравлічних втрат в окремих елементах проточної частини гідротурбіни: направляючому апараті, робочому колесі та відсмоктувальній трубі.

3. В розділі 4 при порівнянні енергетичних характеристик проточної частини з модернізованим робочим колесом та з вихідним колесом ПЛ20/3271у зазначено, що в модернізованому колесі кавітаційні показники не погіршилися, але не наведено конкретних значень кавітаційних коефіцієнтів.

Зазначені недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи.

### ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Рябової Світлани Олександрівни «Гідродинамічне удосконалення поворотно-лопатевої гідротурбіни на основі використання просторового профілювання лопатей робочого колеса» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка у розв'язує важливу наукову задачу, суть якої полягає у підвищенні енергетичних характеристик проточної частини низьконапірної осьової гідротурбіни за рахунок просторового профілювання лопатей робочого колеса. Дисертаційна робота відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», щодо кандидатських дисертацій, а здобувач Рябова Світлана Олександрівна, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати.

Офіційний опонент  
завідувач кафедри гідравлічних машин  
Національного технічного університету  
«Харківський політехнічний інститут»  
доктор технічних наук, професор

М. В. Черкашенко

Підпис	<i>Черкашенко МВ</i>
ЗАСВІДЧУЮ:	
ВЧЕНСЬКИЙ СЕКРЕТАР	
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ	
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"	
<i>[Signature]</i>	Заковоротний О.Ю.
" 12 " 06	20 17 р.

