

У спеціалізовану вчену раду Д 64.050.11
Національного технічного університету
“Харківський політехнічний інститут”

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Резвої Ксенії Сергіївни

«Удосконалення проточних частин високонапірних оборотних гідромашин на основі чисельного моделювання їх гідродинамічних характеристик»,

що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропнеumoагрегати

Актуальність теми дисертації.

Одним з першочергових пріоритетів енергетичної незалежності України є інтеграція української енергосистеми до енергетичної системи континентальної Європи ENTSO-E. Це означає, що в перспективі українську енергосистему буде підключено до європейської, ставши її складовою частиною. Процес цей досить складний та комплексний. Головне завдання, яке необхідно вирішити українським енергетикам, це підвищення надійності об'єднаної енергосистеми (ОЕС) України, зокрема, в частині якості продукції, що поставляється споживачам електроенергії та стабільності її поставок. Іншими словами, ОЕС України повинна поставляти споживачам достатньо електроенергії під час пікових навантажень і захищати від стрибків напруги вночі, коли її споживання різко падає. Для забезпечення надійного електропостачання застосовують високоманеврові та регулюючі потужності, які дозволяють оперативно реагувати на зміну споживання електроенергії в мережах і підтримувати баланс між виробленням електроенергії та її споживанням. Однак в ОЕС України саме такі потужності в дефіциті. Основну частину маневрених потужностей мають становити гідроелектростанції, однак сьогодні їх частка в загальному балансі не перевищує 9 %, тоді як оптимальний рівень повинен бути в межах 15-20 %.

У світі основною технологією для регулювання і маневрування потужністю є гідроакumuлюючі станції (ГАЕС). За даними Міжнародного енергетичного агентства, в 2013 році частка ГАЕС серед усіх накопичувачів енергії складала 99 % і досягла 141 ГВт. Потужність ГАЕС в європейських країнах досягла 45 ГВт і продовжує збільшуватися – в Швейцарії будується станція Linth-Limmern потужністю 1 ГВт і Nant de Drance потужністю 900 МВт, в Португалії – Venda Nova III потужністю 736 МВт та інші.

В Україні вирішити проблему з дефіцитом регулюючих потужностей також можна за рахунок введення нових потужностей – це завершення будівництва гідроенергетичних об'єктів, що були закладені в кінці минулого століття. Першим за значущістю об'єктом в гідроенергетиці України є Дністровська ГАЕС з сумарною проектною потужністю семи агрегатів

2268 МВт в турбінному режимі і 2947 МВт – у насосному. Три гідроагрегати Дністровської ГАЕС були введені в експлуатацію в період з 2009 по 2016 рік. Другий об'єкт – Ташлицька ГАЕС з установкою шести агрегатів загальною потужністю 906 МВт в турбінному режимі і 1299 МВт в насосному. Перший та другий гідроагрегати запущено в експлуатацію в 2006 – 2007 рр. Третій об'єкт – розробка проекту та будівництво Канівської ГАЕС встановленою потужністю станції 1000 МВт в турбінному режимі і 1040 МВт у насосному.

Науково обґрунтований розвиток проточних частин гідромашин з високими енергетичними показниками неможливий без поліпшення технологій проектування. Це приводить до необхідності вдосконалення сучасних методів розрахунку й аналізу робочого процесу оборотних гідромашин. На протязі останніх десятиліть намітилась тенденція розширення чисельного експерименту при розробці проточних частини з метою як опрацювання варіантів проточної частини гідромашин, так і скорочення обсягу фізичного експерименту. Такий підхід забезпечує розробку високоефективних проточних частин, скорочення терміну і вартості науково-дослідних робіт. Посилення ролі чисельного експерименту стало можливим у зв'язку з розробкою удосконалених математичних моделей робочого процесу та чисельних методів.

Розробка математичної моделі робочого процесу в широкому діапазоні напорів для аналізу енергетичних характеристик проточної частини з використанням розрахунку просторової течії в них при проектуванні є актуальним завданням, рішення якого і присвячена представлена дисертаційна робота. Відповідно до аргументованого обґрунтування проведених досліджень і поставленої мети удосконалення проточних частин високонапірних оборотних гідромашин на основі математичного моделювання їх енергетичних характеристик – вважаю тему дисертаційної роботи Резвої К. С. актуальною та затребуваною сучасним рівнем розвитку гідромашинобудування.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій.

Наукові положення, висновки і рекомендації, сформульовані в дисертаційній роботі Резвої К. С., базуються на аналізі науково-технічних джерел за даною проблемою, гармонійній постановці мети і задач дослідження, використанні чисельних та експериментальних методів дослідження, зіставленні і аналізі отриманих результатів математичного моделювання течії рідини в проточних частинах оборотних гідромашин з результатами експериментальних даних. Припущення, покладені в основу теоретичних досліджень є коректними. Впровадження у промисловість результатів досліджень підтверджує достовірність отриманих висновків та рекомендацій.

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. Наукові результати здобувача успішно

використані під час розробки проточних частин високонапірних оборотних гідромашин.

До основних нових науково значимих результатів слід віднести наступні:

вперше для високонапірних оборотних гідромашин на напори 200 та 500 м використано метод осереднених безрозмірних параметрів для визначення та дослідження гідродинамічних характеристик елементів їх проточних частин;

набула подальшого розвитку, на основі блочно-ієрархічного підходу, математична модель робочого процесу гідромашини, що дозволила провести розрахунки гідродинамічних, кінематичних та енергетичних характеристик оборотних гідромашин в турбінному та насосному режимах роботи;

встановлено закономірності впливу геометричних параметрів підводу на величину і характер зміни коефіцієнту втрат в елементах проточної частини, що дозволили визначити оптимальний режим роботи високонапірної оборотної гідромашини в турбінному режимі;

вперше розроблено просторову твердотільну модель високонапірної оборотної гідромашини на високі напори і виконане чисельне моделювання просторової течії в її проточній частині з використанням CFD, що дозволило визначити достовірні енергетичні характеристики і підвищити її енергоефективність.

Практичне значення отриманих результатів

Здобувач при моделюванні гідродинамічних характеристик використав метод осереднених безрозмірних параметрів, який дозволив з достатньою точністю спрогнозувати енергетичні характеристики високонапірних оборотних гідромашин.

Для використання при проектуванні та модернізації оборотних гідромашин автором встановлено закономірності впливу геометричних параметрів на окремі види гідравлічних втрат, які дають можливість подальшого удосконалення проточної частини.

Результати чисельного моделювання з використанням програмного комплексу CFD дають змогу оцінити структуру потоку в характерних перетинах проточної частини, отримати гідродинамічні характеристики високонапірних оборотних гідромашин та визначити шляхи підвищення ефективності її проточних частин.

Результати досліджень впроваджені в навчальний процес на кафедрі гідравлічних машин НТУ «ХП» в курсах «Основи систем автоматичного проектування лопатевих гідромашин», «Системи автоматичного проектування гідротурбін, оборотних гідромашин, малих, міні- та мікрогідроелектростанцій», «Математичне моделювання робочого процесу гідромашин і гідроприводів» та прийняті для використання в практиці в ОП Корпорації «Гідроелекс» (м. Харків) та ТОВ «Гідрогазмаш» (м. Харків).

Повнота викладу в опублікованих працях. Апробація результатів дослідження була здійснена досить широко і повно на науково-технічних конференціях міжнародного рівня. Результати роботи достатньо повно висвітлено в опублікованих наукових роботах. Матеріали дисертації опубліковані у 20 наукових роботах (8 із яких у фахових наукових виданнях України, тези та матеріали 12 доповідей на міжнародних науково-технічних конференціях, з них матеріали 1 конференції опубліковано в зарубіжному виданні, що входить до наукометричної бази Scopus).

Аналіз змісту та висновків у наведених статтях відповідає змісту дисертації і повністю висвітлює її наукове значення та практичну цінність.

Структура подання матеріалу в авторефераті відповідає необхідним вимогам. Основні положення дисертації викладені в авторефераті логічно, чітко і ясно. Зміст автореферату об'єктивно відображає основні положення дисертації, розбіжності між суттю дисертації й автореферату не виявлено.

Зауваження по роботі.

1. В дисертаційній роботі відсутні креслення проточних частин ОРО200, ОРО500 та модернізованої ПЧ ОРО500, а також деякі геометричні параметри: габаритні розміри спіральних камер, радіуси розташування входу-виходу колон статора, кути лопатей робочих коліс на напірній і всмоктувальній стороні, кути охоплення лопатей в плані, діаметр горловини та інші, а також параметри відсмоктувальних труб.
2. В роботі не наведено даних (та посилань на використані джерела) щодо досліджуваних проточних частин ОРО200 і ОРО500: ким вони були спроектовані, на які параметри, де і за яких умов (діаметр РК моделі, похибка визначення ККД та інші) проводилися дослідження на гідродинамічному стенді.
3. При моделюванні просторової в'язкої течії рідини в проточних частинах оборотних гідромашин не вказано за допомогою якого програмного комплексу проводилися розрахунки.
4. В розділі 2 для ПЧ ОРО200 в насосному режимі було б доцільно використати метод осереднених безрозмірних параметрів та в розділі 4 зробити порівняння результатів чисельного дослідження гідродинамічних характеристик проточної частини на базі цього методу з результатами експерименту.
5. В розділі 3 на рис 3.21 переплутані графіки витратної і окружної складової абсолютної швидкості.
6. В досліджуваних оборотних гідромашинах не надано інформації щодо кавітаційних показників їх проточних частин.

7. В роботі було б доцільно привести розрахункові напірні характеристики оборотних гідромашин в CFD в насосному режимі і їх порівняння з експериментом.

8. Доцільно було б провести розрахункові дослідження течії в модернізованій проточній частині ОРО500 в пакеті CFD в турбінному режимі, а також в насосному режимі як для базового варіанту, так і з модернізованим підводом, для порівняння енергетичних характеристик базового та модернізованого варіантів.

9. За дисертацією та авторефератом є зауваження редакційного характеру. Наприклад: не вдале використання словосполучення “оточуюче середовище” – “довкілля”, в різних розділах дисертації зустрічаються в формулах різні позначення витратної складової абсолютної швидкості C_m та V_m .

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи.

Висновок

Проведений аналіз змісту дисертації Резвої К. С. «Удосконалення проточних частин високонапірних оборотних гідромашин на основі чисельного моделювання їх гідродинамічних характеристик», автореферату і публікацій дозволяє зробити такі висновки:

- дисертація є завершеною працею, в якій має місце вирішення важливих задач розвитку гідромашинобудування. Викладення матеріалу в тексті дисертації чітко й послідовне. Робота оформлена у відповідності до необхідних норм і вимог;

- тема дисертації актуальна і відповідає паспорту спеціальності 05.05.17 – «Гідравлічні машини та гідропневмоагрегати»;

- результати, представлені автором у дисертаційній роботі, мають наукову новизну і практичну цінність і достатні для рівня кандидата наук;

- достовірність результатів дослідження здобувач обґрунтував теоретично і підтвердив порівнянням з попередніми дослідженнями. Найсуттєвіші результати роботи отримані чисельними дослідженнями, що ґрунтуються на розрахунках енергетичних характеристик на базі запропонованої математичної моделі та дослідженні просторової течії рідини в проточній частині гідромашини. Висновки по розділах і по роботі, в цілому, обґрунтовані, науково і практично значимі;

- результати проведеного дослідження достатньо повно оприлюднені у публікаціях та апробовані перед науковцями;

- дисертація написана українською мовою. Виклад матеріалу у тексті дисертації прийнятний для розуміння і послідовний. Робота оформлена у відповідності до необхідних норм і вимог.

– автореферат об'єктивно відображає зміст дисертації, його оформлення відповідає необхідним вимогам.

Зазначені зауваження не суперечать змісту досліджуваних проблем, методам і отриманим результатам представленої наукової праці, а лише стосуються питань конкретизації тверджень, що приводяться, і в цілому не зменшують значимість основних висновків дослідження дисертаційної роботи.

Робота є завершеним науковим дослідженням і вносить вклад у теорію робочого процесу високонапірних оборотних гідромашин в питаннях дослідження гідродинамічних характеристик елементів проточних частин на основі розрахунку течії в'язкої рідини в їх проточній частині.

У цілому робота «Удосконалення проточних частин високонапірних оборотних гідромашин на основі чисельного моделювання їх гідродинамічних характеристик» повністю відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 №567, щодо кандидатських дисертацій, а здобувач Резва Ксенія Сергіївна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати.

Офіційний опонент
інженер-конструктор I категорії
СКБ «ТГМ» АТ «Турбоатом»
кандидат технічних наук

С.О. Рябова

Генеральний конструктор
АТ «Турбоатом»
кандидат технічних наук



Є.В. Левченко