

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Бабаєва Артема Івановича  
 «Вплив паророзподілу на ефективність роботи турбін великої потужності»,  
 що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
 за спеціальністю 05.05.16 – Турбомашини та турбоустановки

### 1 Актуальність теми досліджень

Інтенсивний розвиток наукових досліджень по вдосконаленню елементів проточних частин парових турбін дозволив на теперішній час створити та успішно експлуатувати турбоагрегати великої одиничної потужності.

Довгий час у сферу вказаних досліджень не входили елементи паропускного тракту турбіни, хоча закладені тут резерви збільшення ефективності досить значні. Так для багатьох турбомашин втрата тиску в тракті паропуска в деяких випадках може досягати 5-7 % від початкового тиску перед стопорним клапаном, що в значній мірі призводить до зниження економічності паротурбінної установки. Окрім цього, експлуатаційна надійність елементів паропуску явно недостатня.

При експлуатації та модифікації різних типів енергетичних парових турбін відзначаються систематичні ушкодження елементів тракту паропуска. Ці ушкодження обумовлені як нестационарними газодинамічними процесами в проточному тракті паропуска, так і механічним впливом абразивного зносу проточної частини парової турбіни. Вказані фактори призводять до зниження ефективності роботи паротурбінної установки та збільшення капітальних затрат на проведення ремонтно-відновлювальних робіт.

Пошук шляхів підвищення газодинамічної ефективності тракту паропуска парової турбіни та зниження абразивного зносу є актуальним та затребуваним сучасним рівнем розвитку турбінобудування. Саме ці завдання вирішуються в дисертації Бабаєва А. І.

## **2 Ступінь обґрутованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації**

Наукові положення, висновки та рекомендації, які сформульовані у дисертаційній роботі, є достатньо обґрутованими і достовірними, що підтверджується опрацюванням значної кількості наукових робіт вітчизняних та закордонних вчених.

Автором виконано докладний аналіз відомої інформації стосовно дослідження газодинамічних процесів в проточному тракті паророзподілу потужних парових турбін, проаналізовано особливості відомих конструкцій пристрій для зниження абразивного зносу проточної частини турбіни, а також конструкції та режими експлуатації стопорних та регулюючих клапанів. На основі аналізу стану проблем підвищення рівня газодинамічної ефективності елементів паророзподілу парової турбіни сформульовано основні завдання для їх вирішення.

Оскільки газодинамічні процеси в проточному тракті паропуску парової турбіни мають складну вихрову структуру, в якості основного методу дослідження обраний чисельний метод математичного моделювання, застосування якого дозволяє отримати докладну інформацію про параметри робочого тіла у всіх точках проточного тракту елементів паророзподілу турбіни. Основні припущення, прийняті в основу теоретичних досліджень, є коректними, а отримані результати не суперечать відомим уявленням про структуру течії в каналах подібної форми та теорії газодинаміки турбомашин. Міра обґрутованості методів математичного моделювання та висновків дисертації відповідає вимогам поставлених задач.

## **3 Достовірність одержаних результатів**

Достовірність одержаних у роботі результатів підтверджено верифікацією сформованої математичної моделі та обраного чисельного методу з експериментальними даними, а також порівнянням результатів з роботами інших відомих авторів. Як свідчать дані, наведені в розділі 2 дисертаційної

роботи, рівень отриманих похибок є припустимим, отримана величина збіжності результатів знаходиться у межах інженерної похибки. Результати досліджень об'єктивно відображають основні закономірності складних газодинамічних процесів в проточному тракті елементів турбоустановки.

Достовірність та обґрутування основних наукових положень дисертаційної роботи підтверджується також їх апробацією на науково-практичних конференціях, публікаціями у наукових фахових виданнях, практичним використанням результатів досліджень при модернізації паророзподілу парових турбін.

#### **4 Основні наукові результати досліджень та наукова новизна дисертації**

Наукова новизна досліджень і результатів роботи полягає у наступному:

- вперше визначено вплив структури течії в тракті регулюючого клапана на рівень втрат енергії робочого тіла у вхідному патрубку та сопловому апараті першого ступеня циліндра турбіни;
- вперше визначено вплив одностороннього бічного підведення пари в клапанну коробку для різних форм профільної поверхні основної запірної чаші клапану на рівень втрат енергії робочого тіла та рівень динамічних навантажень на робочу поверхню основної запірної чаші;
- вперше визначено вплив зміщення осі підвідного патрубка в сторону віддалення від верхньої кромки сідла клапана для різних геометричних параметрів клапанної коробки на структуру парового потоку та рівень втрат енергії робочого тіла в проточному тракті клапана;
- на основі чисельних досліджень набула подальшого розвитку методика проектування стопорних та регулюючих клапанів, яка враховує вплив геометричних співвідношень вхідного відсіку проточного тракту клапанів на їх показники ефективності та надійності.

Матеріали дисертації доповідалися та обговорювалися на: КУ та ХІІ міжнародній науково-технічній конференції «Удосконалення енергоустановкових методами математичного та фізичного моделювання» 2015 р. 2015 р.

## **5 Практичне значення результатів дисертаційної роботи**

Практичне значення отриманих результатів роботи полягає в тому, що розроблені рекомендації для проектування стопорних та регулюючих клапанів дозволяють створити конструкції клапанів системи паророзподілу з низьким рівнем втрат енергії робочого тіла та високим рівнем надійності. При цьому зменшення втрати тиску в проточному тракті паророзподілу веде до збільшення наявного теплового перепаду в турбіні та супроводжується збільшенням вироблення електроенергії без додаткової витрати палива. Отримані результати можуть бути використані як при розробці проектів модернізації паророзподілу парові турбіни, так і при виконанні проектів нових турбін.

Запропонований пристрій для захисту проточного тракту від абразивного зносу дозволяє підвищити надійність парової турбіни в процесі експлуатації та знизити капітальні витрати на проведення ремонтно-відновлювальних робіт. Пристрій захищений патентом.

Результати роботи впроваджені заводом «Турбоатом» при розробці проектів модернізації паророзподілу парової турбіни К-200-130 та К-800-240.

## **6 Повнота викладення результатів дисертації в публікаціях**

Головні результати дисертації опубліковані в 12 друкованих роботах, з яких 5 статей у спеціалізованих фахових виданнях України, що входять до переліку рекомендованих МОН, 1 патент України, 2 статті в наукових журналах України, 4 роботи - матеріали конференції.

Автореферат достатньо повно відображає основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи. Основний зміст автореферату ідентичний змісту основних положень дисертації.

## **7 Апробація результатів дисертації**

Матеріали дисертації доповідалися та обговорювалися на: XV та XVI міжнародній науково-технічній конференції «Удосконалення енергоустановок методами математичного і фізичного моделювання» (2015 і 2017

рр., с. Задонецьке, Зміївський р-н, Харківська обл.), XI, XII і XIII Міжнародної науково-технічної конференції «Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування» (2015, 2016 і 2017 рр., м. Харків); Конференції молодих вчених та фахівців «Сучасні проблеми машинобудування» в ІІІМаш НАНУ (2015 і 2016 рр., м. Харків).

## **8 Оформлення дисертації**

Дисертація являє собою рукопис, обсягом 187 сторінок машинописного тексту, у тому числі 127 сторінок основної текстової частини. Дисертація складається зі вступу, основної частини, складається з 5 розділів, висновків, списку використаних джерел з 89 найменувань та 4 додатків.

Дисертація і автореферат написані відповідно до вимог до науково-технічним текстам.

## **9 Основні зауваження по дисертаційній роботі**

1. У розділі 1 (стор. 53) відсутнє докладне обґрунтування недоліків пасивних методів захисту проточної частини турбіни від абразивного зносу.
2. У підрозділі 3.2 наведено результати досліджень впливу клапанного каналу на нестационарні характеристики парового потоку. По суті в цьому розділі досліджується вплив підрізки чаші клапана на роботу клапана і не досліджуються всі відомі форми чащ, наприклад колокольного типу (рис. 1.8, стор. 33).
3. У підрозділі 3.4 (стор. 120) при дослідженні структури течії на ділянці вхідного відсіку проточного тракту клапана необхідно врахувати вплив структури течії на вході в клапанну коробку. Як правило, у клапанну коробку пар потрапляє після ділянки паропроводу за коліном, в результаті чого на вході в парову коробку потік має складну вихрову структуру, яка може значним чином вплинути на рівень втрат енергії робочого тіла та нерівномірний розподіл параметрів на рухомих елементах клапана.

4. У розділі 4.4 і 4.5 відсутнє зіставлення мінімальних прохідних площ для вихідної та модернізованої конструкції клапанів. При цьому неможливо визначити доцільність використання рекомендацій щодо проектування клапанів при розробці модернізованої конструкції клапану, оскільки збільшення пропускної здатності модернізованого клапана може бути наслідком тільки збільшення площи прохідного перерізу.

5. У підрозділі 4.3 наведені рекомендації щодо вибору геометрії профілю сідла та значення мінімального прохідного перерізу між чашею та сідлом. При цьому відсутні рекомендації щодо формування профілю поверхні чаші клапана на конфузорній ділянці клапанного каналу.

6. Наведені рекомендації щодо вибору геометричних співвідношень проточного тракту клапана дозволяють визначити конструкцію клапана з низьким рівнем втрат енергії робочого тіла, але не дають змогу визначити величину втрат енергії робочого тіла з великою точністю. Це може призводити до неузгодженості між проектними та експлуатаційними показниками турбоустановки.

7. В якості рекомендацій, вважаю, що доцільно було б окреслити напрямки подальших досліджень по підвищенню ефективності роботи паророзподілу турбомашин.

Вказані зауваження не знижують загальне позитивне враження від дисертаційної роботи. Дисертація має визначену вище актуальність, наукову новизну, практичну значимість та відповідає існуючим вимогам щодо кандидатських дисертацій.

## **10 Загальний висновок по дисертаційній роботі**

Дисертаційна робота Бабаєва Артема Івановича «Вплив паророзподілу на ефективність роботи турбін великої потужності» є завершеною науково-дослідною роботою, у якій на основі виконаних досліджень розв'язана науково-прикладна проблема підвищення ефективності роботи паротурбінних установок за рахунок вдосконалення газодинамічних процесів в елементах паровпуску

турбіни, що за совокупністю є значним досягненням для розвитку вітчизняного турбомашинобудування. За актуальністю, науковим рівнем і практичним значенням роботи, наявністю необхідної кількості й обсягу публікацій і повнотою відображення в них змісту досліджень дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 9, 11 та 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженному постановою Кабінету міністрів України № 567 від 24.07.2013 року, а її автор Бабаєв Артем Іванович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.16 – Турбомашини та турбоустановки.

Офіційний опонент,  
кандидат технічних наук, професор  
професор кафедри парогенераторобудування  
Національного технічного університету  
«Харківський політехнічний інститут»

  
В. Й. Касілов

Підпис к.т.н., проф. Касілова Віктора Йосиповича засвідчує,

Вчений секретар Національного технічного університету  
«Харківський політехнічний інститут»

д.т.н, професор

  
О. Ю. Заковоротний

