ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу **Колядюка Андрія Сергійовича**

«Термоміцність регулювального клапана парової турбіни»,

представлену на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук

за спеціальністю 05.02.09 – динаміка та міцність машин

1. Актуальність і новизна теми

Одним з ефективних напрямів розвитку енергетики та енергетичного машинобудування є збільшення надійності та ресурсу енергетичних установок, серед яких значне місце посідають парові турбіни великої потужності. У зв'язку з цим дисертаційна робота, спрямована на дослідження та пошук нових рішень щодо забезпечення термічної міцності регулювальних клапанів парових турбін є **практично актуальною**.

Сучасні системи пароросподілу та їх конструктивні елементи мають складну геометричну форму та працюють у широкому діапазоні усталених та перехідних режимів роботи, в умовах змінних температур високого рівня. Тому для вірогідного оцінювання ресурсу виникає необхідність визначення з високою точністю їх температурного та напружено-деформованого стану, який у свою чергу залежить від параметрів течії у каналах клапана.

Таким чином, виникає необхідність розв'язання спряженої задачі аналізу течії у каналах, теплопровідності у тілі клапана та накопичення деформацій та пошкоджень повзучості та малоциклової втоми.

У відомих роботах ця задача вирішувалася на інженерно-технічному рівні при створенні турбін, та досліджувалася розрахунковими методами із використанням спрощених моделей, проте на рівні, достатньому для формування кількісних показників ресурсу та висновків щодо можливості удосконалення існуючих та створення нових зразків відповідної техніки. Це визначає **наукову актуальність** цієї роботи.

Таким чином, тема дисертації має значну наукову і практичну актуальність, а об'єкт досліджень має новизну.

Актуальність роботи також підтверджується тим, що вона виконана в рамках держбюджетних НДР, а також плану наукових досліджень Інституту Проблем машинобудування НАН України.

2. Значення для науки і практики

Найбільш значущим **науковим результатом**, який вперше отримано автором і який визначає відповідність дисертації вимогам до кандидатського рівня, є **комплексне вирішення задачі визначення термічного та напружено-деформованого стану корпусу клапана з визначенням параметрів течії**

пари, теплопровідності та повзучості.

Автором обґрунтовано необхідність та виявлено шляхи удосконалення моделей клапана, необхідних для вирішення цієї задачі.

Для отримання зазначеного основного наукового результату автором запропоновано розглядати задачі аналізу деформацій повзучості та накопичення пошкоджень від малоциклової втоми окремо, базуючись на припущенні про те, що вони не впливають на температурній стан та характер течії всередині клапана.

Задача визначення температурного стану та розподілу тисків по внутрішній поверхні клапана вирішувалась як спряжена із задачею аналізу течії.

Рішення цих задач та відповідних моделей дозволило дослідити окремі ключові елементи термонапруженого стану та накопичування пошкоджень у клапанах турбін і на основі аналізу їх результатів отримати нові наукові результати:

– створено математичну модель та розв'язано спряжену тривимірну задачу течії пари та теплопровідності у клапані на усталених режимах роботи;

- визначено вплив фільтруючого сита на формування паропотоку та розподіл температури та тиску на поверхнях клапана;

- досліджено вплив режимів роботи на термонапруженість клапана та виявлено режими, критичні за показниками тепло напруженості; доведено, що ними є режими часткової потужності;

- виявлено зони клапана, найбільш пошкоджувані від малоциклової втоми та ті, у яких спостерігається максимальна деформація повзучості.

Дисертація має суттєве **значення для практики**:

- запропоновані методичні підходи до аналізу напружено-деформованого стану та ресурсу клапана можуть бути використані при модифікації конструкцій існуючих та проектування нових клапанів перспективних парових турбін;

- в роботі визначено критичні зони корпусу клапана, у яких відбуваються найбільші деформації повзучості та найбільш інтенсивне накопичування пошкоджень малоциклової втоми;

- визначено найбільш несприятливі усталені режими роботи клапана;

- сформовано рекомендації щодо підвищення надійності клапана.

Результати роботи безумовно мають бути використані у навчальному процесі, тому що розширюють знання у галузі енергетичного машинобудування і становлять значну пізнавальну цінність, тому що у сукупності дають цілісну картину робочого процесу, температурного, напруженого та деформованого стану у функціональних елементах складної геометричної форми.

3. Обґрунтованість і вірогідність результатів

Основні результати і висновки дисертації представляються достовірними, добре обґрунтованими та випробуваними.

Автор базує свої дослідження на детальному кваліфікованому аналізі проблеми і робіт інших дослідників, які виконано у напрямку її вирішення.

В основу методики формування усіх моделей покладено аналіз процесу, що моделюється, досвід попередників, відокремлення значущих факторів і формування математичної структури моделі.

Кінцеві результати розрахункових досліджень у вигляді виявлених критичних зон клапана співставлень з результатами експлуатації у вигляді виявлених тріщин та руйнувань.

Висновки, наведені автором в дисертації, повністю відповідають її змісту і отриманим результатам.

4. Повнота викладення дисертації в публікаціях

Перші публікації з результатами дисертації (авторські свідоцтва) з'явилися у 2010 році, вони регулярно висвітлювались у статтях і матеріалах науково-технічних конференцій. В авторефераті автор приводить список з 16 таких робіт, з яких 6 опубліковані у фахових виданнях, які входять у затверджений МОН України перелік, одна публікація у європейському періодичному журналі, та 10 - в матеріалах міжнародних конференцій. Три тези доповідей опубліковані одноосібно. Аналіз цих робіт дозволяє вважати, що усі основні результати дисертації опубліковані та відомі широкому колу вчених.

5. Оформлення дисертації і автореферату

Оформлення дисертації і автореферату відповідає встановленим вимогам.

Зміст автореферату достатньо повно відбиває зміст дисертації, її структуру та основні результати.

6. Зауваження

Зауваження до методики дослідження та моделей:

1). У першому розділі автор виконав аналіз проблеми та зробив висновок про доцільність її вирішення шляхом розв'язання спряженої задачі течії у каналах та теплопровідності у тілі клапана. Оскільки розв'язання цієї задачі захищається як наукова новизна, необхідно було б зробити аналіз робіт, у яких така задача розв'язана для інших об'єктів. Такі роботи є досить численними. Відсутність такого огляду ускладнює оцінку наукової вагомості зазначеного результату, отриманого автором.

2). У роботі явно недостатньо уваги приділяється аналізу похибок використаних моделей як щодо дослідження течії, так і визначення теплового

стану корпусу, а також аналізу деформацій. Вибір сітки обґрунтовується скоріше можливостями виконання розрахунків наявними обчислювальними засобами, ніж стійкістю та точністю моделі. З цих причин ряд важливих запитань залишається без відповіді:

- яка точність визначення пошкоджень необхідна для оцінки ресурсу?
- яка точність визначення розподілу тиску по поверхні деталі та температури у критичних зонах необхідна для оцінки пошкоджень?
- яка точність визначення розподілу температури по поверхні корпусу необхідна для оцінки температури всередині?
- яка точність розрахунку параметрів течії в клапані необхідна для оцінки граничних умов теплообміну?
- яка точність задання граничних умов течії необхідна для оцінки її параметрів?
- які параметри сітки скінченних елементів задовольняють усі перелічені вище вимоги?

3). В огляді виконаних робіт з дослідження течії пари у клапанах та їх температурного та напружено-деформованого стану (підрозділ 1.3) наведено декілька робіт попередників, у яких ці проблеми розглядалися, як справедливо зауважив автор, із використанням спрощених математичних моделей. Для визначення та підкреслення добутку автора йому було б доцільно порівняти свої результати з результатами цих робіт та наявно і кількісно показати, які нові можливості щодо дослідження процесів та стану обладнання відкривають запропоновані моделі порівняно з відомими. На жаль, такі порівняння у роботі не наведено.

4). Другий пункт наукової новизни присвячений урахуванню впливу фільтруючого сита. Факт підвищення статичної температури при гальмуванні потоку (а саме внаслідок цього температура відносно тонкого сита перевищує статичну температуру потоку пари на вході) є добре відомим, а кількісне значення цієї температури може бути корисним практичним здобутком. Тому вважаю доцільним перенести цей пункт з наукової новизни до вагомих практичних результатів.

Зауваження до подання дисертації та її оформлення:

5). Робота написана у добротному стилі, який раціонально поєднує теоретичний та інженерний аспекти. На жаль, у тексті зустрічається досить багато помилок мовного характеру, що ускладнює сприймання. Наприклад, замість «скінченні елементи» зустрічається «кінцеві елементи», замість «зведений параметр» - «наведений параметр», замість «напруження» - «напруги» та ін.

6). На стор. 29 – некоректне посилання на роботу [21].

7). На стор. 38 містяться незрозумілі вирази «стискаюча течія» та

«лінеаризація з точки зору тиску».

8). На стор. 48 – незрозумілий вираз «швидкість пари може перевищувати число Маха».

9). У підрозділі 2.4 написано, що визначено підвищення температури фільтруючого сита на 12 градусів на режимі потужності 100 МВт, а у науковій новизні йдеться про те ж на режимі 325 МВт.

7. Висновки

Наведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку роботи – вони скоріше є наслідком складності процесів, які розглянуто автором.

Дисертаційна робота виконана на високому науковому рівні та є значною працею, яка містить нові науково обґрунтовані результати у галузі міцності машин, які є вирішенням важливого науково-практичного завдання забезпечення термічної міцності та ресурсу регулювальних клапанів парових турбін.

Дисертація відповідає спеціальності 05.02.09 – динаміка і міцність машин.

Таким чином, дисертація задовольняє вимоги п. 11 «Порядку присудження вчених степенів та присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», які пред'являються до кандидатських дисертацій, а її автор – **Колядюк Андрій Сергійович** – заслуговує присвоєння вченого ступеня кандидата технічних наук.

Завідувач кафедри
конструкції авіаційних двигунів
Національного аерокосмічного університету
ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»,
Заслужений діяч науки і техніки України
докт. техн. наук, професор С.В. Єпіфанов

Підпис Єпіфанова Сергія Валерійовича ЗАВІРЯЮ
Проректор з Н Р

«____»_____ 2021 р. В.В. Павліков