

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Палькова Сергія Андрійовича
«УДОСКОНАЛЕННЯ ВНУТРІШНІХ КОРПУСІВ ПАРОВИХ ТУРБІН СЕРІЇ
К-500-240 ШЛЯХОМ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ТЕРМОМІЦНІСТНИХ
ХАРАКТЕРИСТИК»,

що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.16 – турбомашини та турбоустановки

Актуальність теми.

На ТЕС і АЕС України працює велика кількість турбін, які відслужили свій розрахунковий ресурс. При експлуатації цих турбін в умовах зростаючої нерівномірності графіка енергоспоживання необхідно забезпечувати підвищення експлуатаційних показників, і обов'язково звертати увагу на надійність корпусних елементів, що впливає на маневреність турбоагрегату.

Необхідно з урахуванням умов експлуатації досліджувати напружено-деформований стан корпусів, який обумовлений неоднорідними температурними полями і внутрішнім тиском парового потоку, особливо це відноситься до корпусів циліндру високого тиску, які є одними з найбільш відповідальних і дорогих елементів, що впливають на ресурс парової турбіни.

Актуальність теми роботи підтверджується так само й тим, що вона пов'язана з виконанням комплексу досліджень, які проводилися відповідно до тематичних планів ІПМаш НАН України у відділі вібраційних і термоміцнісних досліджень і відділі когенераційних систем, в тому числі під час виконання держбюджетних тем «Розроблення теплових схем енергоблоків на суперкритичних параметрах пари для використання на діючих ТЕС України з метою підвищення їх маневреності, надійності, економічності та екологічності» № ДР 0119U101781, «Розробка методів підвищення ефективності енергоблоків ТЕЦ за рахунок впровадження парогазових технологій», № ДР 0120U100883, де автор був виконавцем окремих розділів, а також відповідно до меморандуму про співпрацю між ІПМаш НАН України та АТ «Турбоатом».

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

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій,

сформульованих в дисертаційній роботі Палькова С.А. є високою й базується на аналізі науково-технічних джерел за даною проблемою, на використанні сучасних методів дослідження, зіставленні отриманих розрахункових результатів з імітаційним фізичним експериментом, порівнянні з результатами інших дослідників, чіткому формулюванню задач дослідження і отриманих висновків.

Достовірність результатів досліджень.

Отримані результати достатньо обґрунтовані і достовірні. Використані сучасні підходи визначення напружено-деформованого стану. Коректно використаний математичний апарат і сучасні обчислювальні методи. Проведено порівняння розрахунків з експериментальними даними, що отримані на фізичній моделі стенду АТ «Турбоатом» і їх результати не визивають сумніву.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

Виконані в дисертаційній роботі дослідження дозволили отримати нові наукові результати в сфері турбінобудування:

1. Методологія розрахунку термонапруженого стану внутрішнього корпусу парової турбіни в тривимірній пружно-пластичній постановці з урахуванням повзучості і термоконтатної взаємодії елементів конструкції, що дозволило в порівнянні з існуючими підходами більш точно отримувати розподіл контактного тиску на взаємодіючих поверхнях.

2. Підхід до трьохвимірного моделювання термозатяжки кріплення горизонтального роз'єму корпусу, за рахунок застосування приведенного коефіцієнта лінійного розширення матеріалу. Це дозволило більш точніше врахувати зміну геометрії елементів корпусу в наслідок теплових навантажень.

3. Підхід до експериментального визначення контактного тиску, в якому використовуються непрямі вимірювання прогину ущільнювача в залежності від прикладеного зусилля в кріпленні, що дозволяє отримати локальні чисельні характеристики контактної взаємодії.

4. Результати впливу геометрії корпусу на концентрацію напружень в елементах конструкції, що дозволяє розробити рекомендації щодо вдосконалення конструкції корпусу.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

1. Розроблено алгоритм розрахунку контактної взаємодії фланців горизонтального роз'єму корпусу з урахуванням теплообміну між дотичними поверхнями.

2. Розроблено рекомендації щодо зниження термічних напружень у внутрішньому корпусі турбіни за рахунок зміни його геометрії.

3. Результати дисертаційної роботи використані для удосконалення конструкції внутрішнього корпусу ЦВТ турбіни К-540-23.5 виробництва АТ «Турбоатом».

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

За темою роботи опубліковано 18 наукових праць, серед яких 7 статей, в тому числі 6 – в журналах і збірках, внесених в перелік спеціалізованих видань України, де можуть публікуватися результати дисертаційних робіт, 1 – в журналі, індексованому в наукометричній базі Scopus, 11 робіт – тези та матеріали доповідей наукових конференцій (включаючи міжнародні).

Оцінка змісту дисертаційної роботи:

Дисертація складається зі вступу, шести розділів, висновків, додатків та списку використаних джерел. Повний обсяг дисертаційної роботи складає 205 сторінок, з них 147 сторінок основного тексту, включаючи 50 рисунків та 6 таблиць, додатки на 10 сторінках та список використаних джерел із 209 найменувань на 19 сторінках.

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми дисертації, сформульовано мету і основні задачі дослідження, визначено наукову новизну і практичне значення отриманих дисертантом результатів, надана інформація щодо публікації та апробації результатів роботи, а також визначено особистий вклад здобувача.

У першому розділі виконано аналіз сучасного стану та тенденцій розвитку підходів к розрахунку та проектуванню корпусів турбін високої потужності. Особлива увага приділяється класичним та сучасним дослідженням із розрахунку міцності елементів конструкцій в термопружній постановці, з урахуванням контактної взаємодії елементів конструкції, типам граничних умов

для реальних процесів конвективного теплообміну, напружено-деформованому стану конструктивних елементів в умовах повзучості.

Другий розділ присвячено удосконаленню методики тривимірних розрахунків НДС корпусу за допомогою МСЕ з урахуванням контактної взаємодії елементів конструкції та її верифікації на тестовій фізичній моделі вузла ущільнення трубопроводу.

Третій розділ присвячено порівняльному аналізу запропонованої методики розрахунку і розрахункових методик, що затверджені нормативними документами підприємств-виробників турбінного обладнання і використовуються ними у повсякденній роботі. Це порівняння було виконано на прикладі пружно-напруженого стану елементів внутрішнього корпусу турбіни К-500-240-2 з урахуванням тих проблем, які виникли в процесі експлуатації даних турбін.

Четвертий розділ присвячено дослідженню контактної взаємодії фланців верхньої і нижньої половин внутрішнього корпусу турбіни К-500-240-2 в пружній постановці, як найбільш схильного до впливу явищ релаксації кріплення горизонтального роз'єму. З метою аналізу контактної взаємодії фланців при впливі процесів знеміцнення при високих температурах, розрахунки виконано при різних зусиллях затяжки.

П'ятий розділ присвячено аналізу напружено деформованого стану внутрішнього корпусу з урахуванням температурних і пластичних деформацій та термоконтантної взаємодії фланців корпусу. В розділі виконано оцінку міцності і деформації корпусу турбіни при температурних впливах в термопружній та термопластичних постановках.

Шостий розділ присвячено аналізу напружено деформованого стану внутрішнього корпусу за методикою термоконтантної взаємодії фланців корпусу з додатковим урахуванням деформацій повзучості. Аналіз розподілу контактного тиску на ущільнюючій поверхні фланцевого роз'єму корпусу в різні моменти часу показав, що відбувається значний перерозподіл контактного тиску і, в першу чергу, на внутрішньому ущільнюючому пояску горизонтального роз'єму, що не має місце в сучасних документах, які регламентують забезпечення щільності горизонтального роз'єму.

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

Дисертація та автореферат викладено логічно послідовно, структурно грамотно, коректно. Структура і зміст дисертації повністю відповідають меті і завданням дослідження, які узгоджені з висновками дисертаційної роботи. Структура подання матеріалу в авторефераті відповідає нормативним вимогам. Основні положення дисертації викладені в авторефераті в логічній послідовності, чітко і ясно. Зміст автореферату об'єктивно відображає основні положення дисертації, розбіжностей між суттю дисертації та авторефератом не виявлено.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. В літературному огляді, що представлений в першому розділі, досить повно розкрито проблему дослідження задач термопружності, контактної взаємодії між елементами конструкцій, напружено-деформованого стану елементів конструкції в умовах повзучості, але мало уваги приділено дослідженню напружено-деформованого стану конструкцій з урахуванням пластичних деформацій.

2. У другому розділі при порівнянні результатів фізичного експерименту і чисельного розрахунку, виконаного за допомогою методу скінченних елементів в програмному комплексі ANSYS, вузла ущільнення трубопроводу не вказані ймовірні причини їх розбіжності.

3. Розподіл еквівалентних напружень у внутрішньому корпусі в пружній постановці, що наведено в розділі 3, отримано на рівномірних сітках скінченних елементів. Аналіз розподілу еквівалентних напружень свідчить про значну концентрацію напружень в локальних зонах конструкції. В таких випадках доцільно застосовувати згущення сітки скінченних елементів в зонах концентрації.

4. В п'ятому та шостому розділах, результати чисельного аналізу термонапруженого стану корпусу, що отримані за допомогою програмного комплексу ANSYS, представлені в повному обсязі, однак доречно було більш детально спинитися на описі якості скінченно-елементної сітки та кількості елементів у адаптованій сітці для термоміцнісного аналізу розрахункової моделі.

5. В якості побажання хотілося б відмітити, що таке дослідження термонапруженого стану слід проводити і для корпусів середнього тиску, які є також навантаженими та високотемпературними компонентами турбіни.

6. За текстом дисертації і автореферату мають місце неточності і не зовсім коректне використання загальновизнаних термінів: наприклад на сторінках 124 і 125 рисунки мають однаковий номер 4.5, замість терміну «зворотня задача» більш коректно буде «обернена задача». Також є деякі граматичні помилки і описки.

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Палькова Сергія Андрійовича «Удосконалення внутрішніх корпусів парових турбін серії К-500-240 шляхом підвищення їх термоміцнісних характеристик» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.05.16 – турбомашини та турбоустановки. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу наукову задачу, суть якої полягає у підвищення термоміцнісних характеристик внутрішніх корпусів парових турбін. Дисертаційна робота повністю відповідає вимогам пунктів 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», щодо кандидатських дисертацій, а її автор, Пальков Сергій Андрійович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.16 – турбомашини та турбоустановки.

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



Ю.О. Юдін