

# **ВІДГУК**

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Носаля Олександра Юрійовича

«Вібродіагностика пошкоджень конструктивних елементів парової турбіни при її експлуатації і ремонті», яку подано на здобуття наукового ступеня доктора

філософії з галузі знань 14 – Електрична інженерія

за спеціальністю 144 – Теплоенергетика

## **Актуальність теми дослідження.**

На сьогодні в Україні більшість турбоагрегатів електростанцій уже виробили свій ресурс, причому не лише парковий, а й продовжений. Подальша їх експлуатація пов'язана з дедалі зростаючим ризиком аварій, тому питання про можливість продовження терміну роботи працюючих турбоагрегатів набуває все більшої актуальності. Безпечність експлуатації агрегатів оцінюється насамперед за їхнім вібраційним станом, саме тому дисертаційна робота Носаля Олександра Юрійовича, яка спрямована на розробку науково-обґрунтованого підходу до вібраційної діагностики пошкоджень конструктивних елементів парової турбіни під час її експлуатації та ремонту, є актуальною.

У дисертаційній роботі розроблено методи, відповідне математичне забезпечення розрахунків, контролю, моніторингу і вібраційної діагностики пошкодження лопаток і роторів турбін у різних варіантах їх застосування. Методи вібраційної діагностики дають можливість не тільки виявити наявні пошкодження і попередити катастрофічні руйнування, але й виявити дефект, що розвивається, на ранній стадії. Це дозволяє прогнозувати аварійну ситуацію та обґрунтовано планувати терміни проведення відновлювальних заходів.

Таким чином, дисертаційна робота Носаля Олександра Юрійовича створює науково-технічну основу для моніторингу існуючих та розробки нових перспективних конструкцій у теплоенергетиці.

Актуальність виконаних досліджень також підтверджує те, що вони є частиною планів наукових досліджень, що проводилися на кафедрі теплової та альтернативної

енергетики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», у яких здобувач брав участь як виконавець.

### **Оцінка обґрунтованості, достовірності і новизни наукових результатів дисертації.**

Наукові положення та висновки і рекомендації, наведені в дисертаційній роботі Носаля Олександра Юрійовича, в достатній мірі обґрунтовані як у науковому, так і у технічному плані. Обґрунтованість отриманих у роботі наукових положень, висновків і рекомендацій базується на фундаментальних підходах теорії коливань, механіки руйнування тіл з тріщинами та методів вібраційної діагностики. Дослідження виконані з використанням математичного апарату та сучасного комп'ютерного моделювання, а результати перевірені шляхом проведення числових експериментів.

Достовірність результатів теоретичних досліджень підтверджується добрим узгодженням з результатами відповідних експериментальних досліджень та даними, що наведені у літературних джерелах.

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

– удосконалено методику розрахункового дослідження поперечних коливань лопатки, ротору та валопроводу турбіни за допомогою розроблення чисельно-аналітичних моделей, які враховують наявність крайової поверхневої тріщини втоми;

– на основі розроблених розрахункових моделей вперше оцінено вплив параметрів крайової поверхневої тріщини втоми і геометричних характеристик лопатки та ротору турбіни на ефективність зміни їх демпфуючої здатності для вібраційної діагностики тріщин;

– уточнено підхід до вібраційної діагностики пошкодження за результатами проведення порівняльного аналізу ефективності інтегральних вібраційних характеристик пошкодження, що дає можливість оцінювати параметри пошкодження за вібраційним відгуком всієї конструкції.

## **Значущість отриманих результатів для науки і практичного використання.**

Практична цінність полягає у використанні результатів досліджень на підприємстві на підприємстві ДТЕК Бурштинська ТЕС для аналізу допустимості продовження терміну експлуатації ротора середнього тиску блоку, що підтверджено довідкою про впровадження результатів дисертаційного дослідження.

Також отримані наукові результати можуть бути використані в організаціях, що спеціалізуються на проведенні вібраційної діагностики енергетичного обладнання.

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

Результати досліджень опубліковані у 11 наукових працях, серед яких: 5 статей у наукових фахових виданнях України, 6 тез доповідей у матеріалах міжнародних науково-практичних конференцій, одна з яких реферується в наукометричній базі даних Scopus. Це засвідчує широку апробацію результатів дисертації.

Участь здобувача у роботах, що опубліковані у співавторстві, зазначена у дисертаційній роботі.

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 8 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. №44.

## **Оцінка змісту дисертаційної роботи.**

Дисертаційна робота Носаля Олександра Юрійовича складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків.

**Анотація** відображає основний зміст дисертації та достатньо повно розкриває наукові результати та практичну цінність роботи.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, показана її наукова і практична цінність, сформульовані мета і задачі дослідження, які необхідно вирішити для її досягнення, приведена апробація дисертаційної роботи і публікації.

У **першому розділі** виконано огляд методів вібраційної діагностики пошкодження різних конструкцій та їх елементів, проведено аналіз результатів аналітичних та експериментальних досліджень чутливості вібраційних характеристик пошкодження, обґрунтовано напрями досліджень дисертаційної роботи.

У **другому розділі** розроблено розрахункову модель лопатки турбіни з крайовою поверхневою тріщиною втоми для визначення зміни власних частот поперечних коливань, характеристик демпфування і дослідження спектра її коливань. За результатами порівняння експериментальних досліджень адекватність моделі було підтверджено. Із використанням запропонованої моделі виконано порівняльний аналіз чутливості вібраційних характеристик пошкодження лопаток турбін, що ґрунтуються на відносній зміні її власних частот коливань, характеристики демпфування та спектра коливань при основному резонансі. Визначено подальші перспективи впровадження методики вібраційної діагностики пошкоджень у лопатках турбін під час ремонтного періоду.

У **третьому розділі** запропоновано розрахункові моделі ротора турбіни з крайовою поперечною тріщиною втоми з подальшим аналізом впливу параметрів тріщини на власну частоту поперечних коливань роторів високого, середнього та низького тиску, а також їх геометричних параметрів. Також визначено власні форми коливань, які виникають під час проходження валопроводу турбіни через критичні швидкості обертання, розроблено методику вібраційної діагностики пошкоджень роторів турбіни на етапі їх ремонту та валопроводу турбіни під час експлуатації з урахуванням впливу експлуатаційних факторів на швидкість росту тріщини.

У **четвертому розділі** дисертації розроблено підхід до аналізу ефективності запропонованих методів вібраційної діагностики пошкодження лопаток і роторів турбін. Підхід ґрунтується на оцінці попередньо заданої величини зміни інформаційної характеристики пошкодження, яка має перевищувати похибку тесту та випадкові чинники методики експерименту. Встановлено залежність

ефективності вібраційної діагностики крайової тріщини у роторах турбіни від відносного місцеположення тріщини вздовж довжини ротора, жорсткості ротора, а також від загальної похибки методики випробувань.

**Висновки** до розділів та за результатами роботи сформульовані чітко та відповідають змісту дисертаційної роботи.

**Список використаних джерел** із 331 найменування досить повний і включає вітчизняні та зарубіжні публікації.

**Додатки** містять довідку про впровадження результатів наукових досліджень дисертації на підприємстві ДТЕК Бурштинська ТЕС, економічне обґрунтування доцільності впровадження вібраційної діагностики, лістинг програмного коду.

### **Академічна доброчесність.**

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено.

Усі результати, які винесено автором на захист, отримані самостійно і містяться в опублікованих роботах. У роботах, опублікованих у співавторстві, використані тільки ті ідеї, положення та розрахунки, які є результатом особистих наукових пошуків.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

1. Огляд літературних джерел, який наведено у розділі 1, становить близько 25 % дисертаційної роботи. Його можна було б обмежити сучасними публікаціями.

2. У дисертаційній роботі зазначено, що зміни температури викликають циклічне розширення і стиснення матеріалу ротора турбіни, що призводить до його руйнування, але вплив термічних навантажень не враховано.

3. У дисертації не показано, як здійснювався контроль збіжності розв'язків, які отримані у розділах 2 та 3.

4. У тексті дисертаційної роботи є друкарські та пунктуаційні помилки.

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи. Дисертація є актуальною і має високу наукову цінність та практичну значущість.

## ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Носаля Олександра Юрійовича «Вібродіагностика пошкоджень конструктивних елементів парової турбіни при її експлуатації і ремонті», за своїм змістом відповідає галузі знань 14 – Електрична інженерія та спеціальності 144 – Теплоенергетика. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу науково-практичну задачу, яка полягає в розробці теоретичних методів дослідження впливу пошкоджень конструктивних елементів парової турбіни на параметри вібрації, що виникають під час її експлуатації та ремонті.

Подана дисертаційна робота відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а саме вимогам пунктів 6, 7, 8 і 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», який затверджено Постановою КМУ від 12.01.2022 р. №44, а здобувач Носаль Олександр Юрійович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 14 – Електрична інженерія за спеціальністю 144 – Теплоенергетика.

### Офіційна опонентка

Завідувачка відділом вібраційних і  
термоміцнісних досліджень

Інституту енергетичних машин і систем

ім. А.М. Підгорного НАН України

докторка технічних наук, професорка

Наталя СМЕТАНКІНА

Підпис
<i>Н. Сметанкіної</i>
засвідчую _____ <i>Лигова</i>
Зав. сектору діловодства ( <i>ЕЦ</i> )

*07.07.2025р.*

