

## **ВІДГУК**

офіційного опонента Деркача О.Л. на дисертаційну роботу  
**Носаля Олександра Юрійович**  
на тему **"Вібродіагностика пошкоджень конструктивних елементів парової турбіни при її експлуатації і ремонті",**  
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
у галузі знань 14 Електрична інженерія  
за спеціальністю 144 Теплоенергетика

### **Актуальність теми дисертації.**

Підвищення надійності та безпеки експлуатації енергетичного обладнання, зокрема парових турбін, є одним із ключових завдань сучасної енергетики. Умови роботи парових турбін супроводжуються складними навантаженнями, високими температурами та динамічними впливами, що зумовлює поступове накопичення дефектів і пошкоджень у конструктивних елементах, особливо в періоди тривалої експлуатації або після ремонту.

Застосування методів технічної діагностики, зокрема вібродіагностики, дає змогу виявляти пошкодження на ранніх стадіях, прогнозувати залишковий ресурс, запобігати аваріям та оптимізувати графіки технічного обслуговування. Разом із тим, в умовах сучасних вимог до точності, швидкості та ефективності контролю, виникає потреба у вдосконаленні існуючих та розробці нових вібродіагностичних підходів і методик.

Тема дисертаційної роботи, присвяченої вібродіагностиці пошкоджень конструктивних елементів парової турбіни, є безумовно актуальною. Вона поєднує в собі практичну значущість для енергетичної галузі та наукову новизну у підходах до оцінювання технічного стану обладнання на основі аналізу вібраційних характеристик на основі застосування характеристик розсіювання енергії коливань. Актуальність теми підтверджується також потребами в підвищенні ефективності експлуатації турбомашин в умовах подовження терміну їх служби та зниження витрат на непланові ремонти.

Отже, задача дисертаційної роботи Носаля Олександра Юрійовича є актуальною, в ній вирішується важливе для практики науково-практичне завдання розвитку методів вібраційного діагностування пошкоджень елементів конструкцій парових турбін.

**Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна роботи полягає в розробленні аналітичних моделей лопаток, роторів і валопроводів парових турбін з урахуванням впливу крайових втомних

тріщин на зміну їх вібраційних характеристик. Це дозволило розвинути методи вібродіагностики пошкоджень робочих лопаток і роторів турбін.

Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні на основі запропонованої математичної моделі робочої лопатки турбіни програмного комплексу для оцінювання вібродіагностичних ознак пошкоджень, який включає:

- розрахунок змін власних частот поперечних коливань роторів і валопроводу турбіни К-200-130;
- розрахунок співвідношення амплітуд домінуючих гармонік спектра вимушених коливань лопатки турбіни К-1000-60/3000 з втомною тріщиною;
- розрахунок амплітудно-залежних характеристик розсіювання енергії при коливаннях лопатки турбіни К-1000-60/3000.

Таким чином, поставлене в дисертаційній роботі наукове завдання щодо розроблення моделей та методів аналізу вібраційних ознак пошкоджень типу тріщин нормального відриву в лопатках та роторах парових турбін виконано повністю. Здобувач у повному обсязі опанував методологію наукової діяльності.

### **Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача О.Ю. Носаля відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 144 Теплоенергетика та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми "Електрична інженерія".

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача.

Звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння свідчить, що дисертаційна робота Носаля Олександра Юрійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

### **Мова та стиль викладення результатів.**

Дисертаційна робота написана українською мовою. Всі результати досліджень викладені у логічній послідовності, форма викладення доступна для фахівців.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та чотирьох додатків. Загальний обсяг дисертації 238 сторінок, у тому числі список використаних джерел із 331 найменувань на 31 сторінці, 48 рисунків та 3 таблиці.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету й завдання дослідження, визначено його предмет і об'єкт; окреслено наукову новизну отриманих результатів і їхнє практичне значення;

подано відомості про апробацію результатів дисертації та вказано особистий внесок здобувача.

У *першому* розділі здійснено ґрунтовний огляд проблематики, пов'язаної з розробкою методів вібродіагностики елементів конструкцій турбомашин, їхніх стрижневих моделей, а також роторів. Проведено аналіз наукових джерел, що розкриває сучасний стан досліджень з обраної тематики. За результатами огляду обґрунтовано необхідність розроблення критеріїв оцінювання ефективності практичного використання різних методів вібродіагностики пошкоджень конструктивних елементів парових турбін. Такий підхід має ґрунтуватися на порівняльному аналізі чутливості методів і оцінюванні впливу умов експлуатації обладнання на вибрані вібраційні характеристики.

У *другому* розділі розглянуто аналітичну розрахункову модель лопатки турбіни з тріщиною, що дає змогу виконувати експрес-аналіз впливу крайових тріщин та геометричних параметрів лопатки на її власні частоти коливань, характеристику демпфування і спектр коливань. Достовірність запропонованої моделі підтверджено шляхом її валідації за результатами експериментальних досліджень. За допомогою моделі проведено аналіз чутливості власних частот, співвідношення амплітуд домінуючих гармонік спектра та характеристик розсіювання енергії до локальних крайових пошкоджень у металевих зразках.

У *третьому* розділі представлено спрощену модель ротора парової турбіни з поперечною крайовою тріщиною. Досліджено вплив параметрів тріщини (розмірів і місцеположення) на власні частоти коливань роторів високого, середнього та низького тиску, а також валопроводу турбіни. Встановлено особливості впливу поперечної крайової тріщини з різною орієнтацією відносно осі обертання на власні частоти коливань. Визначено власні форми коливань, які виникають під час проходження валопроводу через критичні швидкості обертання, а також ідентифіковано найбільш доцільні форми для забезпечення надійної та ефективної вібродіагностики.

У *четвертому* розділі подано результати порівняльного аналізу чутливості розглянутих методів вібродіагностики пошкоджень лопаток парової турбіни. Визначено особливості та межі застосування методів, що базуються на зміні власних частот коливань, характеристик демпфування та спектрального аналізу резонансних коливань лопаток. Показано залежність ефективності діагностики тріщин у роторах від їх відносного місцеположення вздовж довжини ротора, жорсткісних характеристик, а також похибки методики випробувань. Продемонстровано вплив похибки на ефективність діагностики пошкоджень у роторах і валопроводі турбіни.

У загальних *висновках* наведені головні наукові результати, отримані у дисертаційній роботі.

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

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України

від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.**

Результати досліджень опубліковані у 11 наукових працях здобувача, серед яких: 5 статей у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України, 1 публікація у науковому виданні, яке індексується у міжнародній наукометричній базі Scopus. Результати дисертації апробовані на 6 міжнародних наукових конференціях.

Участь здобувача у роботах, що опубліковані у співавторстві зазначена у дисертаційній роботі. У списку опублікованих праць за темою дисертації є посилання на всі зазначені вище публікації здобувача. У тексті дисертації зроблено відповідні посилання, представлені у ній наукові результати висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

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

1. Огляд літератури є достатньо ґрунтовним, однак більшість проаналізованих джерел стосуються періоду понад десять років тому. Було б доцільно доповнити огляд сучасними публікаціями останніх років, які відображають сучасний стан досліджень у галузі вібродіагностики та моделювання пошкоджень елементів парових турбін та їх стрижневих моделей.

2. Для побудови аналітичної моделі робочої лопатки турбіни з крайовою тріщиною нормального відриву використано відому поліноміальну залежність коефіцієнта інтенсивності напружень (КІН) від геометричних параметрів тріщини в тонкій пластині. Враховуючи складність геометрії та напружено-деформованого стану в реальній лопатці, доцільним є проведення тривимірного скінченно-елементного аналізу для дослідження напруженого стану в околі тріщини з метою верифікації та уточнення меж застосування зазначеної аналітичної залежності для КІН.

3. Вплив залишкового дисбалансу ротора, пружні та дисипативні властивості опор, а також конструкційне розсіювання енергії в замковому з'єднанні можуть мати значний вплив на ефективність вібродіагностичних ознак наявності тріщин у роторах турбін.

4. У роботі розглянуто три практично значущі підходи до вібродіагностування. Сучасні тенденції розвитку вібродіагностики пошкоджень конструкцій передбачають комплексне застосування декількох методів з метою підвищення достовірності діагностики. У дисертаційній роботі кожен із методів представлено окремо. Було б доцільно надати обґрунтовані рекомендації щодо можливого комбінованого використання досліджених підходів.

Вважаю, що висловлені зауваження не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### Висновок про дисертаційну роботу.

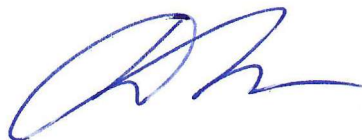
Дисертаційна робота здобувача наукового ступеня доктора філософії Носаля Олександра Юрійовича на тему "Вібродіагностика пошкоджень конструктивних елементів парової турбіни при її експлуатації і ремонті" виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує важливе наукове завдання, що має істотне значення та за своїм змістом відповідає спеціальності 144 Теплоенергетика.

Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.п. 6–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Носаль Олександр Юрійович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії у галузі знань галузь знань 14 Електрична інженерія за спеціальністю 144 Теплоенергетика.

#### Офіційний опонент:

Завідувач відділу  
коливань і вібраційної надійності  
Інституту проблем міцності  
імені Г.С. Писаренка НАН України  
кандидат технічних наук, ст. досл.



Олег ДЕРКАЧ

Підпис офіційного опонента к.т.н., ст. досл. О.Л. Деркача

#### ЗАСВІДЧУЮ:

Заступник директора  
Інституту проблем міцності  
імені Г.С. Писаренка НАН України  
з наукової роботи

к.т.н., с.н.с.



Костянтин БУЙСЬКИХ

«26» червня 2025 р.