

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
Ліщука Сергія Руслановича  
на тему «Система планування раціональних ресурсозберігаючих режимів  
експлуатації ТЕС»,  
представлену на здобуття ступеня доктора філософії  
в галузі знань 14 Електрична інженерія  
за спеціальністю 144 Теплоенергетика

### **Актуальність теми дисертації.**

Енергоблоки теплових електростанцій забезпечують необхідний рівень генерації електричної енергії України. При цьому основне завдання цих блоків, це забезпечення постійної надійності функціонування Об'єднаної енергетичної системи України. Генерація електричної енергії проводиться у напівпіковій-піковій частині графіку електричного навантаження, забезпечуючи проходження ранкових та вечірніх максимумів споживання. При чому в час нічних провалів забезпечується розвантажування системи до необхідного рівню та забезпечення електроенергією гідроакумулюючих електростанцій в насосних режимах.

Наукове дослідження спрямоване на впровадження оптимізації режимів роботи окремого енергоблоку, що дає змогу впровадити ресурсозбереження конструкції з великим економічним ефектом. Враховуючи вищезазначене, робота є актуальною з наукової та практичної точки зору. Представлена робота дає можливість генеруючим компаніям більш ефективно планувати стратегію експлуатації свого устаткування. В подальшому розвиток цієї системи покращить прогнозування і формування структури генеруючих потужностей енергосистем. Вищезазначені рішення дозволяють знизити собівартість згенерованої електричної енергії та збільшити ресурс енергетичного обладнання теплових електростанцій.

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

У дисертаційній роботі вирішується важлива науково-технічна проблема, що полягає в плануванні раціональних ресурсозберігаючих режимів експлуатації ТЕС.

Вирішення поставлених у дисертаційній роботі задач здійснювалось з використанням наукових методів, що базуються на енергетичних та матеріальних балансах. Необхідно зазначити, що чисельні дослідження термонапруженого стану елементів парових турбін проводились з використанням сучасних методів математичного моделювання, які базуються

на основних положеннях нестационарної теплопровідності та механіки твердих тіл. Для досягнення необхідної точності використано числові методи вирішення задач математичної фізики та розрахункові методи інженерного аналізу загальних положень механіки твердих тіл, теорії коливань та теплопровідності.

Узгодження отриманих результатів підтверджує адекватність запропонованих методів та результатів досліджень, що були отримані різними методами моделювання.

Результати дисертаційної роботи проведені на кафедрі теплової та альтернативної енергетики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» в межах комплексних науково-дослідних робіт № 3545-ЗЕ-БуТЕС від 06.08.2021 р. «Розрахунок ресурсу ротора середнього тиску турбіни блоку №11 для ДТЕК БУРШТИНСЬКА ТЕС», № 37-124-08-22-17927 від 14.06.2022 р. «Оцінка можливості подовження безпечної експлуатації турбоустановки К-1000-60/3000 енергоблоку №2 ХАЕС після пошкодження ротора ЦВТ» та № 5162-ЗЕ-БуТЕС від 20.09.2024 р. «Розрахунок ресурсу ротора середнього тиску турбіни блоку №11 для ДТЕК БУРШТИНСЬКА ТЕС»). Для вказаних вище фактів, наявні відповідні акти-впровадження.

**Наукова новизна** результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Знайшла подальшого розвитку математична модель планування маневрених режимів роботи енергоблоку для зменшення середньорічної витрати палива, завдяки зменшенню пускових втрат енергії та тепла.

2. Уточнено нестационарний термонапружений стан ротора середнього тиску турбіни К-200-130 в частині задання граничних умов, високого ступеня дискретизації розрахункової моделі, детального аналізу градієнтів температур та динаміки зміни інтенсивності напружень.

3. Вдосконалено режимний метод управління ресурсом парових турбін, завдяки раціоналізації режимних параметрів експлуатації, який дозволяє уповільнити темпи накопичення пошкодження під час маневреної експлуатації.

**Практичне значення** отриманих результатів полягає в такому:

1. Надано рекомендації щодо режиму експлуатації енергоблоку 200 МВт, які дозволяють зменшити середньорічну витрату палива на котельному агрегаті ТП-100 (різниця між найбільш та найменш раціональними режимами роботи – 20 %).

2. Визначено показники експлуатаційного пошкодження ротора середнього тиску турбіни К-200-130 проєктної конструкції під час типових експлуатаційних режимів роботи.

3. Розрахунково обґрунтована можливість збільшення індивідуального ресурсу турбіни К-200-130 на 27 % понад парковий ресурс, завдяки раціоналізації її режимів роботи.

Частина наукових досліджень здобувача впроваджені на енергоблоці № 11 ДТЕК Бурштинська ТЕС та на енергоблоці № 2 ВП Хмельницька АЕС НАЕК «Енергоатом».

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання щодо управління ресурсом парових турбін, завдяки раціоналізації режимних параметрів експлуатації, який дозволяє уповільнити темпи накопичення пошкодження під час маневреної експлуатації.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Ліщука Сергія Руслановича відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 144 Теплоенергетика та напрямкам досліджень відповідно до освітньо-наукової програми «Теплоенергетика», про що свідчить висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Ліщука Сергія Руслановича наданий кафедрою теплової та альтернативної енергетики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям оцінки довговічності експлуатації енергетичного обладнання.

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено. Використання в тексті результатів інших вчених супроводжується відповідними посиланнями, а самі посилання на літературні джерела коректні. Усі результати, які винесено автором на захист, отримані самостійно і містяться в опублікованих роботах. У роботах, що опубліковані у співавторстві, використані тільки ті ідеї, положення та розрахунки, які є результатом особистих наукових пошуків.

**Мова та стиль викладення результатів.**

Дисертаційна робота написана українською мовою, логічно структурована та доступно викладена. Основний текст підготовлено якісною технічною мовою, з використанням професійної термінології. Наукова робота достатньо забезпечена рисунками та таблицями. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків та додатків.

У вступі дисертаційної роботи обґрунтовано актуальність теми запропонованого дослідження, сформульовано мету та основні задачі,

підкреслено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, вказано особистий внесок здобувача та наведено апробацію результатів. Представлено об'єкт, предмет та методи дослідження. Також відображається наукова новизна, практичне значення отриманих результатів, особистий внесок здобувача, апробація результатів, публікації, структура та обсяг роботи

*У першому розділі* автором оглянуто можливість раціоналізації режимів роботи енергетичного обладнання, що включає в себе всі етапи, зокрема: виробництво, передачу та розподіл електроенергії. Показано, що в результаті збільшення нерівномірності графіків навантаження та нестачі генеруючих потужностей, регулювання ОЕС є досить проблематичним. В роботі ретельно прораховані можливості та проблеми маневрених потужностей в Україні, для розв'язання якої залучаються ТЕС, які працюють не в номінальному, а в змінних режимах роботи. Представлено дослідження, впливу маневрених режимів роботи обладнання на економічну складову та було отримано залежність між графіком навантаження та собівартістю електроенергії.

Враховуючи вищезазначене було обрано задачу розв'язання основних проблем в енергетиці за рахунок впровадження комплексного підходу, що включає в себе як технічну модернізацію, так і покращення методів діагностики та експлуатації енергообладнання.

*Другий розділ* дисертації присвячено дослідженню особливостей роботи енергоблоку 200 МВт з турбіною К-200-130, що часто використовується в ОЕС України. Описано класифікацію пускових режимів теплових електростанцій, де основною є температура металу циліндра високого тиску перед пуском турбіни. Наведено математичні моделі для дослідження теплового та напружено-деформованого стану ротора середнього тиску. Підтверджено, що робота при частих пусках та зупинках збільшує швидкість пошкодження обладнання.

*У третьому розділі* проаналізовано пускові перевитрати палива енергоблоку 200 МВт в залежності від типу пуску. Встановлено, що при пуску з холодного стану (ХС) перевитрата умовного палива сягає 90,7 т.у.п., при пуску з неостиглого стану (НС) даний параметр дорівнює 77,2 т.у.п., а при пуску з гарячого стану (ГС) - 59,6 т.у.п. Враховуючи час навантаження турбіни було розраховано аналогічні показники згенерованої протягом пуску кількості електричної енергії.

Використовуючи запропоновані підходи було з'ясовано, що найменша перевитрата умовного палива досягається при терміні роботи енергоблоку 5500–6500 год на рік, 20–32 пусках, із часткою пусків із холодного стану близько 70-80 %. Даний режим експлуатації забезпечує на 20 % меншу перевитрату умовного палива в порівнянні з найменш раціональним режимом

роботи. Додатково встановлено міру підвищення витрати палива при відхиленні режимних параметрів від встановлених раціональних значень.

*Четвертий розділ* було присвячено розробці геометричної моделі найбільш навантаженої частини ротора середнього тиску парової турбіни К-200-130 та проведено дослідження його теплового та напружено-деформованого стану під час пускових режимів та на номінальному навантаженні. В процесі розрахунків був використаний метод скінченних елементів, а сама модель виконана в двовимірній постановці, з використанням нерівномірної розрахункової сітки, що ущільнюється по наближенню до найбільш навантажених областей.

В подальшому було запропоновано математичну модель раціоналізації режимів роботи, яка має на меті управляти темпом накопичення пошкоджень за рахунок зменшення негативного впливу менш раціональних режимів на ресурс, і цим самим збільшуючи загальне можливе напрацювання обладнання. В якості режимних параметрів, як і в розділі 3, використані значення річного напрацювання енергоблоку, кількості пусків з різних теплових станів та дольове співвідношення пусків з холодного, гарячого та неостиглого станів.

Провівши розрахунки для енергоблока потужністю 200 МВт було встановлено, що найбільш раціональним режимом роботи забезпечується при річному напрацюванні 6000–6500 год., кількості пусків протягом року 20–26, при цьому переважна частина пусків із ХС - 0,74–0,8. Різниця при роботі на даному режимі в порівнянні з найменш раціональним режимом складає 80 тис. год.

*Загальні висновки* висвітлюють основні отримані наукові результати, а також містять рекомендації щодо їх практичного застосування.

У *додатках* наведено перелік наукових публікацій здобувача за темою дисертації та акти впровадження результатів на ДТЕК Бурштинська ТЕС, ВП «Хмельницька АЕС» ДП «НАЕК «Енергоатом».

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.**

Наукові результати дисертації висвітлені у 7 наукових працях, зокрема, 3 статті у наукових фахових виданнях України, 1 стаття опублікована за результатами міжнародної науково-практичної конференції, 3 тези доповідей в збірниках праць міжнародних науково-практичних конференцій

Публікації Ліщука Сергія Руслановича мають високий науковий рівень, проходили рецензування та перевірку на унікальність згідно з умовами видавництва. Особистий внесок здобувача до поданих наукових публікацій є

вагомим. Публікації охоплюють усі основні результати дисертаційного дослідження.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

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

1. Представлені в таблиці 1.2 значення паркового ресурсу колекторів котлів встановлених на ТЕС України потрібно було б доповнити механічними параметрами та кривими втоми металу, для яких проводився ресурсний прорахунок.

2. В формулі 2.1 не повністю приведені розмірності розрахункових параметрів, за рахунок чого не можливо однозначно прорахувати термін експлуатації та визначити його розмірність.

3. В формулі 2.23 вибирався коефіцієнт 0.4, який визначав межу міцності сталі на розтяг без попереднього обґрунтування.

4. Діаграму середньорічної питомої витрати умовного палива енергоблоку 200 МВт в залежності від його режимних параметрів на рис. 3.2 потрібно було б більш детально пояснити. Зазначити характер функціональних змін основних параметрів.

5. На рис. 4.3 Модель ротора середнього тиску турбіни К-200-130 зі скінчено елементною сіткою, необхідно було б більш детально описати вибір розрахункових скінчених елементів та представити шлях отримання достатньої збіжності результатів.

Важливо відмітити, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

#### **Висновок про дисертаційну роботу.**

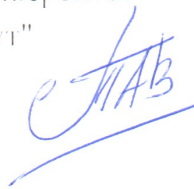
Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Ліщука Сергія Руслановича на тему «Система планування раціональних ресурсозберігаючих режимів експлуатації ТЕС» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 14 Електрична інженерія. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в 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 Ліщук Сергій Русланович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 14 Електрична інженерія за спеціальністю 144 Теплоенергетика.

**Офіційний опонент:**

Завідувач кафедри аерогідродинаміки,  
Національний аерокосмічний університет  
"Харківський авіаційний інститут"  
доктор техн. наук, доцент



Олексій ТРЕТЯК

«12» червня 2025 року



перший секретар  
університету  
Григорій Болдирєв