

РЕЦЕНЗІЯ

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 (ТЕС) мають важливе значення для забезпечення стабільної роботи Об'єднаної енергосистеми України та безперебійної генерації електроенергії. Вони працюють у напівпікових і пікових режимах, покриваючи споживчі навантаження у ранкові та вечірні години, а також зменшують виробництво енергії в періоди нічного зниження попиту.

Наукове дослідження є актуальним завдяки розробці системи раціоналізації експлуатації окремих енергоблоків з метою підвищення економічної доцільності та ефективного використання ресурсів. Запровадження такої системи дозволить виробникам електроенергії ефективніше планувати роботу обладнання, поліпшити точність прогнозування та оптимізувати структуру генерації в межах енергосистеми. Це, у свою чергу, сприятиме зниженню вартості електроенергії та продовженню терміну експлуатації основного обладнання ТЕС.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Розв'язання завдань, поставлених у дисертаційній роботі, здійснюється шляхом проведення розрахункових досліджень ефективності функціонування енергоблоку за умов змінних режимів експлуатації. Ці дослідження базуються на аналізі енергетичних та матеріальних балансів. Одночасно виконується чисельне моделювання термонапруженого стану конструктивних елементів парових турбін із застосуванням сучасних методів математичного моделювання, що ґрунтуються на основоположних принципах нестационарної теплопровідності та законах механіки деформованих твердих тіл.

Для досягнення поставленої мети використовується комбінація чисельних методів математичної фізики та стандартизованих інженерних розрахункових методик. У роботі наведено порівняння отриманих результатів із результатами аналогічних досліджень, що демонструє незначні відхилення і, таким чином, підтверджує достовірність запропонованого підходу. Значна частина наукових і

прикладних напрацювань вже впроваджена на підприємствах, що підтверджується відповідними актами 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 проектної 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.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі теплової та альтернативної енергетики КПІ ім. Ігоря Сікорського під керівництвом к.т.н., доц. Пешко Віталія Анатолійовича.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання щодо розробки системи планування раціонального режиму роботи енергоблоків ТЕС виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Ліщука Сергія Руслановича повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 144 Теплоенергетика та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Теплоенергетика».

Дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, що підтверджує наявність особистого внеску здобувача у відповідний науковий напрям.

Аналіз звіту щодо текстових збігів за результатами перевірки дисертації свідчить про те, що робота Ліщука Сергія Руслановича є самостійним дослідженням. Вона не містить ознак фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату чи неналежних запозичень. Усі використані ідеї, результати й фрагменти текстів інших авторів супроводжуються відповідними посиланнями на джерела.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою, логічно структурована та доступно викладена. Основний текст підготовлено технічною мовою, з використанням професійної термінології. Наукова робота достатньо забезпечена рисунками та таблицями.

Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатків.

У **вступі** дисертаційної роботи обґрунтовано актуальність обраної тематики, чітко сформульовано мету дослідження та окреслено основні завдання. Окрему увагу приділено науковій новизні та практичному значенні отриманих результатів. Також зазначено особистий внесок здобувача й наведено інформацію щодо апробації основних положень дослідження.

Перший розділ присвячено аналізу наукових джерел, що стосуються питань раціоналізації експлуатації енергетичного обладнання, зокрема процесів виробництва, транспортування та розподілу електроенергії. Встановлено, що нерівномірність навантажувальних графіків і дефіцит генеруючих потужностей ускладнюють регулювання режимів роботи Об'єднаної енергосистеми України. Це, своєю чергою, зумовлює необхідність експлуатації теплових електростанцій у змінних режимах, що спричиняє підвищення собівартості виробництва електроенергії, пришвидшене зношення обладнання та зменшення його залишкового ресурсу. Розглянуто вплив маневрових режимів на економічні показники й надійність функціонування енергообладнання.

У **другому розділі** досліджується функціонування енергоблоку потужністю 200 МВт із турбіною типу К-200-130, яка є типовим прикладом обладнання, що експлуатується в межах Об'єднаної енергосистеми України. Основний акцент зроблено на аналізі пускових режимів роботи турбоагрегату, що класифікуються залежно від температурного стану металу циліндра високого тиску на момент запуску.

Детально розглянуто енергетичні втрати та витрати палива під час пускових операцій. Для їхнього розрахунку використано спеціалізовані методики, а розроблені математичні моделі дають змогу аналізувати процеси теплообміну як у стаціонарних, так і в нестаціонарних режимах роботи.

Особливу увагу приділено оцінці технічного ресурсу обладнання. На основі гіпотези Пальмгрена-Майнера виконано аналіз малоциклової втоми металу ротора. Розроблено методики визначення залишкового ресурсу та допустимої кількості пусків. Представлено математичні моделі для дослідження теплового і напружено-деформованого стану ротора циліндра середнього тиску, що дозволяють прогнозувати ймовірність утворення тріщин. Отримані результати підтверджують, що часті пуски та зупинки істотно знижують довговічність обладнання.

У **третьому розділі** наголошується на вираженій залежності витрат палива від початкового теплового стану турбоагрегату під час пуску. Установлено, що найбільші витрати спостерігаються при пусках з холодного стану (90,7 т.у.п.), тоді як пуски з гарячого стану потребують менше палива (59,6 т.у.п.).

На основі отриманих результатів розроблено комплексну математичну модель для раціоналізації режимів експлуатації енергоблоку. Запровадження цього підходу дозволяє досягти до 20% економії паливних ресурсів.

У **четвертому розділі** змодельовано найбільш навантажену частину ротора середнього тиску турбіни К-200-130 та досліджено її тепловий і напружено-деформований стан під час пусків і на номінальному режимі. Розрахунки виконано методом скінченних елементів з уточненою сіткою в критичних зонах.

Максимальна температура металу при номінальному навантаженні — 508 °С у зоні регулюючого ступеня, напруження — 134 МПа в осьовому отворі. У пускових режимах найбільші напруження спостерігаються в термокомпенсаційних канавках: 439–447 МПа (ХС), 280–367 МПа (НС), 220–270 МПа (ГС). Критичний період — розгін до холостого ходу.

Розроблена модель раціоналізації режимів роботи дозволяє керувати пошкодженням і подовжити ресурс. Раціональні параметри: 6000–6500 год. напрацювання, 20–26 пусків на рік, 74–80% — з ХС. Це дає приріст ресурсу до 80 тис. год. порівняно з неефективними режимами.

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

У *додатках* наведено список публікацій здобувача та довідки про використання результатів науково-дослідної 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.

Наукові результати дисертації висвітлені у 7 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 3 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України.

Також результати дисертації були апробовані на 4 наукових фахових конференціях.

Наукові публікації Ліщука Сергія Руслановича вирізняються високим рівнем якості, пройшли рецензування та перевірку на унікальність відповідно до вимог видавництва. Особистий внесок автора є суттєвим у кожній із поданих праць. У публікаціях відображено всі ключові результати дисертаційного дослідження.

Таким чином, зміст дисертації повністю представлений у наукових працях здобувача..

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Із тексту дисертації не зрозуміло, яким чином виконано верифікацію та валідацію моделі?
2. Із тексту дисертації не зовсім зрозуміло, що має на увазі автор, коли вживає визначення «залишкового ресурсу»?
3. Із тексту дисертації не зрозуміло, яка похибка при проведенні даних досліджень?
4. У тексті дисертації сказано, що оптимальна частка пусків із холодного стану становить 70-80%, яким чином вибрано цей діапазон або таку частку діапазону пусків?

Вважаю, що висловлені зауваження не є значними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну цінність 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 Лішук Сергій Русланович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 14 Електрична інженерія за спеціальністю 144 Теплоенергетика.

Рецензент:

доцент кафедри теплової та
альтернативної енергетики
КПІ ім. Ігоря Сікорського,
кандидат техн. наук, доцент




Артур РАЧИНСЬКИЙ
Підпис гр.
ЗАСВІДЧУЮ
Відділ кадрів
«12» червня 2023 року