

## ***ВІДГУК***

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора  
Трища Романа Михайловича на дисертацію  
Чеботарьова Антона Миколайовича **«Удосконалення методів підвищення  
якості низькопотенційних комплексів електростанцій шляхом  
забезпечення енергоефективного керування»**, поданої на здобуття ступеня  
доктора філософії за спеціальністю  
152 Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка

### ***Актуальність теми дисертації***

Реальним способом підвищення економічних показників якості енергоблоків теплових і атомних електростанцій є вдосконалення систем керування їх низькопотенційними комплексами (НПК), які є складними технологічними підсистемами, одними з найважливішими у загальноблоковій системі. У завдання НПК входить створення та забезпечення необхідного кінцевого тиску пари в турбіні. Найбільш істотний зв'язок НПК із енергоблоком здійснюється через кінцеві параметри пари і витрата електроенергії на привід насосів комплексу, тобто НПК впливає на економічність електростанції, визначаючи їх ККД. Основними завданнями, які вирішуються при керуванні НПК є порівняння фактичних і нормативних значень вакууму, температурного напору, переохолодження конденсату, нагрівання води, гідравлічного й парового опору, присосів повітря й продуктивності ежекторів; визначення фактичних характеристик і оптимізація режимів роботи насосів, аналіз і з'ясування можливих причин відхилень у роботі насосів, оптимізація включення й параметрів експлуатації циркуляційних насосів і водоводів.

В дисертаційній роботі отримано подальшого розвитку розв'язання важливої науково-технічної задачі, яка полягає в підвищенні показників якості низькопотенційних комплексів теплових і атомних електростанцій

шляхом забезпечення ефективних режимів роботи їх елементів в нормальних режимах експлуатації. Вирішення цієї задачі дозволяє суттєво підвищити такі показники якості систем керування як економічність та енергоефективність.

***Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації***

Теоретичні та експериментальні дослідження, які провів Чеботарьов Антон Миколайович в рамках дисертації, дозволяють зробити висновок щодо високої обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій. Вирішення поставлених задач здійснювалось завдяки використанню перевірених методів досліджень, а саме методів математичного моделювання та методів експериментальних досліджень. Удосконалені математичні моделі, отримані в роботі, перевірялись на практиці шляхом ідентифікації експериментальних характеристик. При синтезі систем керування використовувались перевірені методи теорії керування та методи оптимізації. Отримані наукові положення, висновки і рекомендації, які сформульовані у дисертації, не вступають у протиріччя з аналогічним результатами досліджень вітчизняних та закордонних вчених.

***Наукова новизна результатів дисертації***

Наукова новизна отриманих результатів, що виносяться на захист, полягає у наступному:

- вперше розроблено науковий метод підвищення якості НПК електростанцій, заснований на мінімізації енергетичних втрат з комплексним використанням технічної діагностики та енергозберігаючого керування;

- отримали подальший розвиток математичні моделі механічних, гідрогазодинамічних і тепломасообмінних процесів і елементів НПК, які включають інтегральну функцію енергетичних втрат, з метою оцінки і аналізу можливих діапазонів підвищення показників якості НПК;

- вперше виконано структурно-параметричний синтез енергозберігаючих автоматизованих систем керування НПК, які дозволяють оцінювати і мінімізувати комплексні енергетичні втрати і підвищувати ККД енергоблоків, що є основними показниками якості.

### ***Достовірність, обґрунтованість, новизна висновків та рекомендацій***

Основні наукові результати, висновки та рекомендації, які отримані в дисертації Чеботарьова Антона Миколайовича, є обкантовані та достовірні. Це підтверджується науковими працями провідних науковців в галузі якості енергетичного обладнання, використанням сучасних методів теоретичних та експериментальних досліджень, а також нормативними документами, які використовувались при дослідженні.

Автор чітко визначив задачі досліджень та обґрунтував їх актуальність, використовував сучасний науковий апарат досліджень, оптимальні методи досліджень та науково обґрунтував план проведення експериментальних досліджень, які підтвердили адекватність теоретичних положень та гіпотез.

Наукові результати, висновки та рекомендації узгоджуються з результатами досліджень вітчизняних та закордонних вчених та мають наукову новизну.

### ***Повнота викладення наукових положень в опублікованих працях***

Основні результати наукових досліджень Чеботарьова Антона Миколайовича викладені у 13 наукових працях, серед них: 1 стаття у наукометричній базі Scopus, 3 статті у спеціалізованих фахових виданнях України, 3 статті у фахових виданнях України, 5 тез доповідей на національних та міжнародних конференціях, 2 монографії України. Опубліковані праці у повній мірі відображають основний зміст та положення дисертаційної роботи, наукову новизну та рівень апробацій результатів наукових досліджень.

### *Значущість результатів дослідження для науки та техніки, рекомендації щодо їх використання*

Дослідження Чеботарьова Антона Миколайовича, які проведені в дисертації мають нові наукові результати та впровадження в технологічний процес діючих електростанцій. Результати досліджень науково обґрунтовані та мають практичну значимість. Наукові дослідження вирішують актуальну задачу підвищення рівня енергозбереження при керуванні низькопотенційними комплексами, що є одним з основних показників якості роботи енергообладнання електростанцій.

Практична цінність отриманих результатів полягає в удосконаленні існуючих та розробці нових ефективних алгоритмів керування низькопотенційними комплексами, які здатні в режимі реального часу забезпечувати високі показники якості роботи низькопотенційних комплексів, а запропонована система діагностики дозволяє визначати стан обладнання та встановлювати причини погіршення теплообміну в конденсаторі без його відключення. Розроблені та удосконалені математичні моделі можуть бути впроваджені для аналізу показників якості роботи низькопотенційних комплексів, визначення їх енергетичних характеристик та техніко-економічних показників їх роботи.

Розроблені структури ефективних регуляторів можуть бути використані в існуючих системах автоматизованого керування низькопотенційними комплексами електростанцій у вигляді окремих підсистем енергозберігаючого керування в нормальних режимах роботи.

Практичну цінність представляє проєкт технічних умов, який містить в собі усі наукові результати, отримані при дослідженні. Затверджені технічні умови можуть бути впроваджені на діючих електростанціях з метою

забезпечення високих показників якості низькопотенційних комплексів при їх автоматизованому керуванні.

Науково-практичні задачі, які були поставлені у дисертаційному дослідженні вирішуються шляхом використання сучасних методів математичного моделювання, методів структурно-параметричного синтезу та методів експериментальних досліджень.

### ***Оцінка змісту дисертації, її завершеність***

Дисертація складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних літературних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації 173 сторінки, з них основний текст – 121 сторінки, 32 ілюстрацій (21 за текстом і 11 окремо на 9 сторінках), 11 таблиць (8 за текстом і 3 окремо на 11 сторінках), список використаних літературних джерел зі 141 найменування на 12 сторінках і 4 додатків на 20 сторінках.

У вступі наведено загальну характеристику досліджень, показана актуальність, відповідність науковим темам та планам кафедри; визначено наукову новизну та практична цінність результатів досліджень, предмет та об'єкт досліджень, сформульовано мету та основні задачі наукового дослідження; показана апробація результатів досліджень та наукові публікації.

В першому розділі проведено аналіз існуючої нормативної та науково-технічної документації, спрямованої на забезпечення високих показників якості роботи систем низькопотенційних комплексів теплових і атомних електростанцій. Проведено аналіз впливу роботи систем низькопотенційних комплексів на техніко-економічні показники енергоблоків теплових і атомних електростанцій. Виявлено можливі резерви підвищення ефективності роботи систем низькопотенційних комплексів та окремих їх елементів.

В другому розділі уточнені математичні моделі елементів систем низькопотенційних комплексів теплових і атомних електростанцій; виконано структурно-параметричний синтез ефективних регуляторів для автоматизованих систем керування; сформульовано технічні вимоги до систем керування низькопотенційними комплексами.

В третьому розділі виконано аналіз та дослідження експериментальних характеристик елементів низькопотенційних комплексів та розроблено проєкт технічних умов «Системи енергозберігаючого керування низькопотенційними комплексами теплових і атомних електростанцій», в якому знайшли відображення основні науково-технічні рішення дисертаційної роботи.

Визначено можливий діапазон підвищення енергоефективності роботи низькопотенційних комплексів електростанцій, який складає 1% від загальних втрат енергії енергоблоку.

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

Дисертаційна робота Чеботарьова Антона Миколайовича за своїм змістом та формою є завершеним дисертаційним дослідженням.

### ***Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації***

Незважаючи на загальну позитивну оцінку дисертаційних досліджень, її наукову та практичну цінність, слід зазначити зауваження та питання дискусійного характеру:

1. В п.1.3. наведено аналіз впливу окремого обладнання систем низькопотенційних комплексів на економічність роботи енергоблоків, але бракує кількісних оцінок цього впливу.

2. В формулі 2.14. в якості зовнішніх збурень є параметри циркуляційної води, але відсутні параметри оточуючого середовища, такі як температура повітря, його вологість та інше.

3. В математичній моделі елементів низькопотенційних комплексів багато параметрів, які виміряти важко. В роботі не визначено, якими методами чи приладами вони будуть виміряні. До таких параметрів відносяться, наприклад, коефіцієнтів тепловіддачі від пари до зовнішніх стінок трубних пучків (2.22) та інші.

4. В роботі особлива увага приділяється визначенню оптимуму циркуляційної води та потужності циркуляційних насосів, але бракує алгоритмів визначення оптимуму ежекторів, які також впливають на загальні показники якості НПК.

5. З проведених досліджень не зовсім зрозуміло методи інтеграції запропонованих рішень в існуючі АСК ТП електростанцій.

6. При розробці загальної функціональної схеми енергозберігаючої САУ режимами роботи конденсатора з використанням еталонної моделі (рис. 3.7) блок діагностики зображено умовно. Бажано було показати загальну схему, на якій обидві системи відображались повністю.

7. В роботі визначено, що існують системи очищення конденсаторів від забруднення, але не показано, як ці системи узгоджуються з розробленими алгоритмами керування. Який вплив чи підпорядкованість вони оказують одна на одну?

8. При розробці системи технічної діагностики та підвищення якості діагностики показано, що погіршення якості НПК може бути викликана декількома причинами. Бажано навести критерії, за якими будуть визначатись причини та кількісні показники їх впливу на якість.

9. Деякі літературні джерела оформленні не у повній відповідності діючим вимогам.

Вищезазначені зауваження не знижують наукової та практичної цінності досліджень та не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

### **Висновок**

Дисертація Чеботарьова Антона Миколайовича «Удосконалення методів підвищення якості низькопотенційних комплексів електростанцій шляхом забезпечення енергоефективного керування» є самостійною науковою працею, яка за своїм змістом, рівнем новизни та практичними значеннями одержаних результатів відповідає вимогам 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 № 44, та Вимогам до оформлення дисертації затвердженими наказом МОН України № 40 від 12.01.2017, а її автор, Чеботарьов Антон Миколайович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка.

#### **Офіційний опонент:**

доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри мехатроніки  
та електротехніки (№305)  
Національного аерокосмічного  
університету ім. М.Є.Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

Роман ТРИЦЬ

