

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Некрашевич Олени Василівни

на тему «Автоматизоване діагностування ефективності роботи

теплонасосної установки на основі критеріїв ексергетичного аналізу»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань Автоматизація та приладобудування

за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

### **Актуальність теми дисертації.**

Теплоенергетичні системи складаються з величезної кількості обладнання, яке постійно необхідно підтримувати в належному робочому стані. Дотепер на підприємствах теплоенергетичного сектору існувала система планово-запобіжного ремонту та система ремонту на основі результатів технічного діагностування, остання з яких є більш економічно доцільнішою та ефективнішою. Зважаючи на це, розроблення рішень, що надавали б можливість в автоматизованому режимі ідентифікувати найбільш неефективні компоненти системи, є актуальною проблемою.

Водночас з цим, виникає наступна проблема, яка пов'язана з тим, що будь-яка теплоенергетична система складається з великої кількості різнопланового обладнання. Таке різноманіття обладнання призводить до складнощів або неможливості визначення саме того компонента системи, який найбільше призводить до зниження ефективності роботи системи в цілому. Тому розробка критерію, що виявляє найбільш неефективний компонент у системі під час її експлуатації, є актуальною проблемою.

Базуючись на вищезгаданому, можна зробити висновок, що тема дисертаційного дослідження є актуальною.

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

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в: доведеній можливості та доцільності використання методології ексергетичного аналізу у задачах діагностування змін експлуатаційних характеристик компонентів системи та оцінювання впливу цієї зміни на ефективність роботи системи в цілому; подальшому розвитку математичного моделювання динамічних процесів теплонасосної установки з врахуванням втрат енергії під час стиснення робочого тіла у компресорі та залежності теплофізичних

властивостей робочих тіл від умов роботи, нелінійності процесів в об'єкті; вперше запропонованому застосуванню зміни ендогенної частини деструкції ексергії, як критерію у задачах ідентифікації зміни експлуатаційних характеристик компонентів системи в умовах динамічних режимів роботи; подальшому розвитку розроблення інформаційно-дорадчої системи з використанням технологій цифрового двійника.

Наукові результати дисертаційної роботи входили до складу науково-дослідницьких програм кафедри автоматизації енергетичних процесів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», прикладних держбюджетних науково-дослідних робіт.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувачка повною мірою оволоділа методологією наукової діяльності.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувачки Некрашевич О.В. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувачки у науковий напрям «Методи та засоби моделювання, математичного, алгоритмічного та програмного забезпечення автоматизованих систем керування об'єктів енергетики».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Некрашевич Олени Василівни є результатом самостійних досліджень здобувачки 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.

Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації 153 сторінки.

У вступі наведено мету та завдання дослідження; наукову новизну та практичне значення отриманих результатів; інформацію про апробацію результатів та особистий внесок здобувачки.

У першому розділі здобувачка проаналізувала особливості методології та критеріїв ексергетичного аналізу. Здобувачкою було розглянуто можливість застосування цієї методології у задачах діагностування поточного стану компонентів об'єкта теплоенергетики з урахуванням змінних режимів роботи. Здобувачкою сформульовано мету та завдання дослідження.

У другому розділі здобувачкою реалізовано математичну та комп'ютерну моделі для ідентифікації зміни ефективності роботи компонентів теплонасосної установки у складі системи теплозабезпечення на базі квазістаціонарного підходу впродовж опалювальних сезонів.

У третьому розділі здобувачкою було реалізовано динамічну модель теплонасосних установок типу «повітря-вода» та «вода-вода» з перевіркою її на адекватність. Також було досліджено динамічні характеристики установки.

У четвертому розділі здобувачкою реалізовано алгоритм та модель діагностування стану компонентів теплонасосної установки з урахуванням динамічних режимів роботи на основі критерія ексергетичного аналізу – ендегенної частини деструкції ексергії.

У п'ятому розділі здобувачкою реалізовано запропонований підхід із застосуванням цифрового двійника з метою удосконалення процесу прийняття рішень у межах інформаційно-дорадчої системи автоматизованого діагностування теплонасосної установки типу «вода-вода».

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 21 науковій публікації здобувачки, серед яких: 6 статей у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 1 стаття у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus і віднесених до першого — третього квартилів (Q1—Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports.

Також результати дисертації були апробовані на 14 наукових фахових конференціях та оформлено 2 авторських свідоцтва на комп'ютерні програми.

Здобувачка самостійно сформувала мету, завдання дослідження та наукові результати.

У публікаціях, які висвітлюють наукові результати дисертаційної роботи, запропоновано ключовий критерій, який вказує на найбільш неефективний компонент системи з урахуванням впливу несправностей в інших компонентах, що призвело до подальшого розвитку підходу з діагностування ефективності роботи компонентів теплонасосної установки.

Здобувачка в наукових публікаціях дотримувалася принципів академічної доброчесності.

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

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

1. У пункті 1.2 «Ексергетичний аналіз, як методологічна основа діагностування ефективності роботи компонентів системи» на рисунку 1.2 відсутні умовні позначення фізичних величин.

2. У розділі 2 «Застосування квазістаціонарного підходу для діагностування зміни ефективності роботи компонентів ТНУ у змінних режимах роботи» більше уваги приділяється технологічним особливостям дефектів, які виникають у системі, а не власне, методології застосування квазістаціонарного підходу для діагностування.

3. У розділі 2 «Застосування квазістаціонарного підходу для діагностування зміни ефективності роботи компонентів ТНУ у змінних режимах роботи» не наведено створену комп'ютерну модель ТНУ типу «вода-вода».

4. У пункті 3.1 розділу «Побудова та реалізація динамічних моделей теплонасосних установок для ідентифікації їх характеристик» значна увага приділяється аналітичному огляду побудови динамічних моделей, що варто було б описати у розділі 1.

5. На рисунку 4.2 «Процедура виявлення, ідентифікації та кількісної оцінки несправностей у досліджуваному ТНУ» блок-схема наведена англійською мовою, хоча мова дисертації – українська.

6. У пункті 3.1 розділу «Розроблення динамічної моделі ексергетичного аналізу ТНУ» відсутній код Matlab функцій, описаних в тексті дисертації.

7. У роботі недостатньо уваги приділяється можливості поширення розробленої системи діагностування на інші подібні об'єкти промисловості.

Проте, наведені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів, а також не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### **Висновок про дисертаційну роботу**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувачки ступеня доктора філософії Некрашевич Олени Василівни на тему «Автоматизоване діагностування ефективності роботи теплонасосної установки на основі критеріїв ексергетичного аналізу» 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 «Автоматизація та приладобудування». 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.

Здобувачка Некрашевич Олена Василівна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань «Автоматизація та приладобудування» за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

**Офіційний опонент:**

В.о. директора навчально-наукового інституту енергетики, автоматики та водного господарства, д.т.н., проф.  
Національного університету водного господарства та природокористування  
МОН України

Андрій САФОНИК

М.П.

22.12.2023 року



Олександр Уманський