

## **ВІДГУК**

офіційного опонента Арсірія Василя Анатолійовича, професора, доктора технічних наук, завідувача кафедри прикладної екології та гідрогазодинаміки Одеського національного політехнічного університету на дисертаційну роботу Михайленка Владислава Сергійовича за темою «Концепція розробки систем управління судновими пароенергетичними установками», що представлена на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки

### **АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

Сучасні суднові системи автоматичного управління забезпечують стабільну роботу більшості судових систем і механізмів та полегшують роботу екіпажу. Разом з тим, специфіка роботи судових пароенергетичних установок встановлює вимоги до адаптації системи автоматичного управління парогенераторів до умов експлуатації при зміні парового навантаження судових агрегатів і впливів зовнішніх умов. Це визначає необхідність в розв'язанні завдань по розробці нових методів, моделей та принципів управління, що здатні забезпечити зниження вмісту шкідливих викидів в атмосферу і підтримувати високі значення коефіцієнта корисної дії судових енергетичних установок системи автоматичного управління. Тому тема дисертаційної роботи - концепція розробки систем управління судових пароенергетичних установок, яка спрямована на вирішення наукової проблеми забезпечення ефективних екологічних й енергетичних показників роботи та надійності судових пароенергетичних установок, є актуальною.

### **СТУПІНЬ ОБГРУНТОВАНOSTІ ТА ДОСТОВІРНІСТЬ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ ТА РЕКОМЕНДАЦІЙ**

Ступінь обгрунтованості та достовірність наукових положень, результатів, висновків та рекомендацій визначаються використанням у дисертаційній роботі теорії та методів: планування експерименту, термодинаміки, горіння, корозії металів, автоматичного управління, штучного інтелекту тощо, обранням сучасних засобів комп'ютерного моделювання, узгодженістю експериментальних результатів з теоретичними.

Отримані наукові результати підтверджуються актами впровадження у системи автоматичного управління промислових та судових пароенергетичних установках, а також апробовані на міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференціях.

Для досягнення мети дослідження здобувачем були логічно обгрунтовані головна і допоміжні задачі наукового дослідження. Верифікація наукових положень та практичних результатів основана на використанні експериментальних даних судових і промислових парових котлів та імітаційним моделюванням систем управління параметрами водотрубних парових котлів широкого конструктивного виконання.

Матеріали дослідження здобувача також були апробовані в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт:

Таким чином, на основі аналізу дисертаційної роботи можна стверджувати, що наукові положення, висновки та рекомендації є достатньо обгрунтованими.

## НОВИЗНА НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ ТА РЕКОМЕНДАЦІЙ

В дисертаційній роботі отримано значний ряд нових наукових положень, які є значущими для вирішення актуальної науково-прикладної проблеми забезпечення ефективних екологічних й енергетичних показників роботи суднових пароенергетичних установок широкого конструктивного класу.

Серед основних результатів, які мають наукову новизну є наступні:

- нова концепція розробки систем управління судновими пароенергетичними установками, яка відрізняється комплексним використанням нових моделей, методів і методик на ключових етапах експлуатаційного циклу парогенеруючих установок, що дозволяє досягти ефективних екологічних й енергетичних показників роботи парогенераторів.

Наступні методи:

- створення системи адаптивного управління процесом рециркуляції димових газів у систему подачі повітря до СПУ, що дозволяє знизити вміст  $\text{NO}_x$  до 54 % за допомогою контролю витрати повітря, палива та швидкості димових газів;

- створення САУ процесом оптимізації режиму горіння рідкого палива суднового парогенератора, яка оснащена додатковими каналами контролю кольору полум'я пальника і димових газів, а також розрядження повітря в топки, що дозволяє своєчасно коригувати коефіцієнт надлишку повітря, знизити присоси повітря та збільшити ККД брутто парогенератора на усталених режимах роботи до 8 %;

- синтезу САУ з функцією прогнозування експлуатаційних параметрів парогенератора, яка сприяє покращенню показників якості процесів експлуатації на перехідному режимі роботи і забезпечує підтримку заданого теплового режиму на всьому діапазоні парового навантаження;

- синтезу двоканального регулятора тиску пари комбінованого парового котла, що дозволяє поліпшити показники часу виходу на задане теплове навантаження, забезпечує своєчасну адаптацію котла до умов експлуатації, відсутність значних коливань експлуатаційних параметрів та підвищує надійність роботи СПУ;

- розробки експертної системи для отримання значень параметрів аналітичних моделей парогенераторів, що дозволяє досліджувати динамічні режими СПУ з метою поліпшення їх конструктивних і експлуатаційних характеристик.

Експертна система ідентифікації параметрів математичних моделей підсистем управління судновими парогенераторами, використання якої дозволяє спростити і прискорити налагодження та адаптацію парогенеруючих установок, що сприяє зниженню аварійних ситуацій.

Математичні моделі, які дозволяють розрахувати оптимальні параметри САУ СПУ, при навантаженні 25 – 75 % та діагностувати технічний стан елементів СПУ.

Також слід зазначити наступні наукові положення, отримання яких вказує на високий науковий рівень дослідження:

1. Підвищення ККД СПУ в умовах обмеження вмісту оксидів азоту забезпечується оптимізацією витрат повітря в системі горіння з одночасною

оцінкою величини присосів повітря по газовому тракту котла при постійному контролі процесів розрядження і теплового навантаження.

2. Зниження вмісту оксиду азоту досягається адаптивним управлінням процесу рециркуляції димових газів у повітряпровод СПУ з урахуванням як характеристик процесу горіння палива, так і режимів теплового навантаження парогенератора.

3. Контроль за низькотемпературною, кисневою та міжкристалічною корозією в елементах СПУ досягається новими системами моніторингу, моделі яких описують динамічні зміни концентрації розчинених речовин в котельній воді, швидкості протікання димових газів та інтенсивності пароутворення.

4. Забезпечення заданої якості експлуатаційних характеристик СПУ на перехідних режимах роботи досягається за рахунок застосування запропонованого комбінованого критерію ефективності, який враховує мінімум суми зваженого значення перерегулювання і зваженого значення часу регулювання по умові експертного пріоритету, що виражено в вигляді вагових коефіцієнтів.

5. Запас стійкості САУ СПУ в умовах інтенсивної хитавиці судна забезпечується моделлю хвильових коливань, яка визначає межу переходу системи управління в нестійкий режим роботи та загрозу виникнення аварійної ситуації.

6. Впровадження турбулізатора гвинтового типу в конструкцію СПУ дозволяє знизити температуру димових газів, що з одночасною корекцією вмісту кисню дозволяє збільшити ККД до 6 % в залежності від теплового навантаження і стану поверхні нагріву.

## **ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ**

Практична значимість отриманих науково-практичних результатів підтверджується їх впровадженням в методику налаштування котельних установок в проектно-монтажних компаніях ТОВ «Південспецмонтаж», ТОВ «Енергетичні інвестори» і план модернізації САУ парогенераторів ПАО «ДТЕК Західенерго» Ладизинської ТЕС, методику проектування та наладки судових систем управління ПРАТ «Дунайсудноремонт» м. Ізмаїл.

Здобувачем зазначено, що програмно реалізовані експертні системи для етапів ідентифікації і адаптації САУ параметрів СПУ, які можна використовувати в якості тренажерів, дозволяють підвищити ефективність процесів наладки і знизити кількість помилкових дій операторів до 25 % на прикладі налагодження та адаптації промислових парогенераторів ГМ і ДКВР та СПУ марки КВВА 12/15.

А впровадження запропонованої адаптивної САУ рециркуляції димових газів зменшенню вмісту викидів оксидів азоту, на прикладі роботи промислового котла марки ГМ 50 та СПУ марки Mitsubishi MB 50 до 55 % в атмосферу в порівнянні з класичною САУ.

Практичні результати можуть бути використані розробниками систем управління СПУ; фахівцями з наладки промислових та судових пароенергетичних установок; операторами судових та промислових парових котлів; спеціалістами з технічної діагностики та експлуатації СПУ. Результати досліджень здобувача Михайленка В.С. використовуються у навчальному процесі національного університету «Одеська морська академія» та можуть

використовуватися для навчання спеціалістів з експлуатації пароенергетичних установок.

## **ПОВНОТА ВИКЛАДУ В ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЯХ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ**

За результатом виконаних досліджень автором опубліковано 61 наукова праця (з них 26 одноосібно), в тому числі: 35 статей в журналах і збірниках Переліку наукових фахових видань України; 7 статей видано в міжнародних журналах, з них у наукометричній базі Scopus - 5 статей; тез в збірниках праць міжнародних і всеукраїнських конференцій - 19.

Запозичень чужих наукових праць та ідей без посилань, а також невідповідності змісту дисертації і автореферату паспорту спеціальності 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки у тексті не виявлено. Наукових результатів кандидатської роботи Михайленка В.С. за паспортом спеціальності 05.13.07. – «автоматизація процесів керування» у докторській дисертаційній роботі не виявлено.

## **СТРУКТУРА ТА ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ. ВІДПОВІДНІСТЬ ДИСЕРТАЦІЇ І ЇЇ ЗМІСТУ ВИМОГАМ. ОФОРМЛЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ ТА АВТОРЕФЕРАТУ**

Дисертація складається з анотацій, переліку умовних скорочень, вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг роботи становить 379 сторінок, де крім основного тексту 316 сторінок, містяться 33 таблиці і 184 рисунка. Список використаних джерел містить 236 найменувань. У додатках приведені акти впровадження результатів дисертаційного дослідження та розрахунки економічних та теплових показників роботи пароенергетичних установок.

Зміст автореферату повністю відповідає основним положенням дисертації. Оформлення дисертації та автореферату за своїм обсягом, структурою та змістом відповідає чинним вимогам «Порядку присудження наукових ступенів».

### **ЗАУВАЖЕННЯ ЩОДО ЗМІСТУ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

1. Проблема ізольованості в період плавання вимагає від персоналу суднів необхідність контролювати весь спектр завдань і проблем. У дисертаційній роботі виділена нова, актуальна концепція, яка пов'язана в першу чергу з «системою автоматичного управління». Однак, для розробки трьох виділених проблем: надійність, ефективність і екологічність; необхідно знати особливості технологічних процесів, а також тенденції їх розвитку, що втричі ускладнює дослідження. Через таке складне об'єднання дисертація перевантажена і завданнями, і великою кількістю (понад 17-ти) пунктів наукової новизни. Було б доцільно об'єднати пункти 5 і 6, а також пункти 7; 8; і 9. Це зробило б дисертацію більш лаконічною.

2. Складнощі одночасного розгляду складних технологічних процесів з автоматикою, неминує призводить до термінологічним і методичним помилок: замість пневмометричних трубок Піто-Прандтля краще використовувати термін пьезо трубки; живильний насос на рис.17 позначається ПН та ін ...

3. Також, через проблеми перевантаженості: об'єднання в роботі технології; головних питань управління та тенденцій вдосконалення окремих технологічних процесів, при вивченні дисертації важко розділяти три головні скорочення, які закінчуються на У: САУ - «системи автоматичного управління» необхідно відокремити від СПУ - «суднова пароенергетична установка» і СЕУ - «суднового енергетична установка».

4. У другому розділі (стор. 114) автор для зниження корозії пропонує забезпечити зниження температури металу елементів пароперегрівача котла з організацією режиму горіння з мінімальними коефіцієнтами надлишку повітря, що лежить у діапазоні  $\alpha = 1,03 - 1,04$ , проте в п'ятому розділі показано, що збільшення  $\alpha$  вище 1,5 (рис. 14 і рис. 15), що дає зниження температури горіння, відповідно забезпечує поліпшення екологічних показників за рахунок зниження викидів  $\text{NO}_x$  и  $\text{SO}_x$ .

5. У третьому розділі (стор. 187) автор при розрахунку вагових коефіцієнтів пропонує використовувати як найбільш ефективні - методи ранжювання та приписування балів експертами в області розробки, експлуатації та налагодження судових пароенергетичних установок. Однак, посилення тільки на одну публікацію не є повністю переконливим підтвердженням ефективності обраних експертних методів.

6. В процесі моделювання на стр. 208, автором було встановлено, що традиційна САУ комбінованого парового котла з ПІ-регулятором демонструє значно більший час регулювання (на 20 %), а також не має можливості корекції значення вмісту  $\text{O}_2$  у вихідних газах, тобто коефіцієнт надлишку повітря завжди постійний. Разом з тим було б доцільними провести порівняння двоканальної нечіткої САУ і адаптивної традиційної САУ, яка дозволяє коригувати коефіцієнт надлишку повітря в залежності від теплового навантаження.

7. На стор. 257 вказано, що вимірювання швидкості газу в газоході здійснювалося за допомогою пневмометричних трубок Піто-Прандтля і мікроманометра, проте для підвищення точності вимірювань і збільшення швидкодії САУ доцільніше було б скористатися сучасними цифровими приладами. Також, в тексті зустрічаються вказівки на дії операторів як сигнали для управління процесами, що знижує якість уявлення нової концепції автоматизації процесів управління.

8. При розробці нейромережевої системи моніторингу вмісту оксидів азоту і сірки в димових газах судових котлів, (стор.265), автором пропонується використовувати плавне регулювання швидкістю обертання вентилятора і димососа. Наряду з тим вимагає уточнення питання визначення мінімально необхідної встановленої потужності електроприводів вентиляторів і димососів, тому що в процесах проектування потужність вказаних агрегатів, як правило, занижена.

9. На стор. 288 автор вирішує завдання визначення коефіцієнтів ефективності динамічних процесів у газоходах. При цьому для визначення структури потоків димових газів в каналі рециркуляції доцільно було б використовувати більш інформативні методи візуальної діагностики руху газів для зменшення втрат на аеродинамічні опори, у урахуванням того, що рециркуляція димових газів дає значне зростання опорів газоходів.



10. На стор. 315 автор пропонує досліджувати залежність якості горіння різних видів рідкого палива за допомогою введення додаткових датчиків кольору факела пальника, кольору димових газів. Ідея такого контролю може бути перспективною для оцінки якості горіння, але для оцінки коефіцієнта надлишку повітря такий контроль не потрібен, так як прилади контролю надлишку повітря вже використовуються і добре себе зарекомендували.

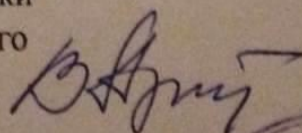
Незважаючи на вказані зауваження, здійснені в дисертаційній роботі дослідження є новими, змістовними і корисними.

### ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота Михайленка Владислава Сергійовича "Концепція розробки систем управління судновими пароенергетичними установками" є завершеною і оригінальною науковою працею, у якій вирішено важливу науково-технічну проблему, що пов'язана із забезпеченням ефективних енергетичних і екологічних показників судових пароенергетичних установок та надійності їх роботи.

Дисертація виконана на високому теоретичному рівні, містить результати, що відзначаються науковою новизною та практичною значимістю. За рівнем наукової новизни, якістю досліджень, достовірністю та обґрунтованістю висновків, теоретичною і практичною цінністю дисертаційна робота відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів» (затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.13 р. № 567 зі змінами) та іншим чинним вимогам, які висуваються до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, а її автор, Михайленко Владислав Сергійович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки.

Офіційний опонент,  
доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри  
прикладної екології та гідрогазодинаміки  
Одеського національного політехнічного  
університету, МОН України



В.А. Арсірій

Підпис д.т.н., професора Арсірія Василя Анатолійовича завідувачу  
Вчений секретар Одеського національного  
політехнічного університету

