

ВІДГУК

офіційного опонента Єфімова Олександра В'ячеславовича, доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри парогенераторобудування Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» 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 дослідження

В даний час проблема захисту повітряного басейну стоїть дуже гостро. Кількість оксидів азоту, що надходять в атмосферу, становить близько 65 млн. тон на рік. Від загальної кількості, що викидаються в атмосферу оксидів азоту, на транспорт припадає 55 %. Водночас відомо, що промислові та суднові пароенергетичні установки є одними з найбільших забруднювачів навколишнього середовища. Димові гази судових парогенераторів містять шкідливі забруднюючі речовини, що негативно впливають на клімат планети.

З усіх викидів в атмосферу судових пароенергетичних установок найбільш токсичними є оксиди азоту. Проблема зниження концентрацій оксидів азоту нерозривно пов'язана з економією паливних ресурсів, іншими словами з необхідністю забезпечення ефективного згоряння палива в парогенераторах.

Необхідно відзначити, що питання вирішення зазначених проблем суттєвим чином пов'язані з ефективністю й надійністю роботи засобів автоматичного управління, які забезпечують постійний контроль і регулювання параметрів технологічних процесів у парогенераторах. З урахуванням сучасного розвитку систем інтелектуального управління перед розробниками виникають нові завдання по впровадженню найбільш вдалих

рішень в морську галузь з метою забезпечення оптимальних екологічних і енергетичних показників роботи парогенераторів.

Тому дисертаційна робота Михайленка В.С., що спрямована на розвиток та удосконалення теоретичних основ, методів і моделей для синтезу автоматизованих багатокритеріальних систем управління судновими пароенергетичними установками, які дозволяють розробляти високоефективні системи управління екологічними та енергетичними показниками роботи суднових парогенераторів, є актуальною.

Актуальність дисертаційної роботи також підтверджується держбюджетними науково-дослідними роботами Національного університету «Одеська морська академія» «Підвищення ефективності, надійності і якості функціонування суднових енергетичних установок» № ДР 0115U003582, «Методи і способи підвищення ефективності СЕУ» № ДР 0117U005137, у яких автор брав участь як виконавець.

Структура та зміст дисертації. Відповідність дисертації і її змісту встановленим вимогам. Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації

Дисертація складається з анотації, переліку умовних скорочень, вступу, основного змісту (що включає п'ять розділів), висновків, списку використаних джерел з 236 найменувань та додатків, у яких відображені сім актів впровадження результатів дисертаційного дослідження; техніко-економічні показники процесу впровадження нейромережевої системи автоматизованого управління суднової пароенергетичної установки (СПУ); розрахунок теплового балансу допоміжного суднового парового котла марки МАС 35 з пароперегрівом; розрахунок процесу зростання низькотемпературної корозії в конструктивних елементах СПУ. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 379 стор. При оцінці дисертаційної роботи, слід зазначити, що вона є завершеним науковим дослідженням з чіткою структурою і логічними викладами. Стиль викладання матеріалів

дослідження, наукових положень й результатів забезпечує доступність її сприйняття. Оформлення дисертації відповідає вимогам п.10, п.12, п.14 «Порядку присудження наукових ступенів». Автореферат обсягом 44 друкованих сторінок за своїм обсягом, структурою та змістом відповідає чинним вимогам п. 13 «Порядку присудження наукових ступенів». Зміст автореферату розкриває зміст основних наукових положень дисертаційної роботи.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій

В дисертаційній роботі наведено комплексний аналіз існуючої актуальної науково-прикладної проблеми, теоретичні і практичні розробки основних напрямків її вирішення. Всі розділи дисертації підпорядковані єдиній меті дослідження та логічно пов'язані між собою. Отримані результати, висновки і рекомендації науково обґрунтовані.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, що містяться в дисертації, на теоретичному і практичному рівнях підтверджуються коректним застосуванням відповідного математичного апарату, сертифікованих комп'ютерних програм, сучасних методів математичного моделювання, методів проведення чисельних експериментів та обробки їх даних, нормативними документами морської галузі і документами, що узагальнюють досвід експлуатації суднових пароенергетичних установок різних типорозмірів, а також впровадженням основних результатів дисертаційної роботи в ПРАТ «Дунайсудноремонт», ТОВ «Південспецмонтаж» та інших.

Новизна наукових положень, висновків, результатів і рекомендацій

На основі аналізу теоретичних положень та наукових результатів дисертаційної роботи Михайленка В.С. доцільно визначити наступні положення:

1. Підвищення ККД СПУ в умовах обмеження вмісту оксидів азоту забезпечується оптимізацією витрат повітря в системі згоряння 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 повітропровід СПУ з урахуванням як характеристик процесу згоряння 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 у вигляді вагових коефіцієнтів.

5. Запас стійкості систем автоматизованого управління 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.

Вперше, з моєї точки зору, отримано наступні наукові результати:

1. Запропоновані нові напрямки розвитку та удосконалення теоретичних основ синтезу сучасних автоматизованих багатокритеріальних систем управління судновими пароенергетичними установками, що дозволяють на відміну від існуючих комплексне використання в цих системах нових методів, моделей і методик з метою забезпечення високих техніко-економічних та екологічних показників роботи установок за різноманітними критеріями в широкому діапазоні режимів експлуатації в різних акваторіях.

2. Запропоновано метод створення системи адаптивного управління процесом рециркуляції димових газів у систему подачі повітря до суднових пароенергетичних установок, що дозволяє за допомогою сучасних вимірювальних приладів для оцінки витрати повітря, палива і швидкості димових газів суттєво знизити концентрацію NO_x в газах.

3. Запропоновано метод вибору раціональних режимів згоряння рідкого палива в топках суднових парогенераторів на основі використання створеної системи автоматизованого управління, яка оснащена додатковими каналами контролю кольору полум'я пальника і димових газів, а також розрядження повітря в топці, що дозволяє своєчасно коригувати коефіцієнт надлишку повітря, знизити присоси повітря та збільшити ККД бруто парогенератора на усталених режимах роботи до 8 %.

4. Запропоновано метод синтезу двоканального регулятора тиску пари у комбінованому судовому парогенераторі, що дозволяє поліпшити показники часу досягнення заданого теплового навантаження, забезпечує своєчасну адаптацію парогенератора до умов експлуатації, зменшує коливання експлуатаційних параметрів та підвищує надійність роботи судової пароенергетичної установки.

5. Запропоновано метод розробки експертної системи для отримання значень параметрів аналітичних моделей парогенераторів, що дозволяє

досліджувати динамічні режими роботи суднових пароенергетичних установок з метою поліпшення їх конструктивних та експлуатаційних характеристик.

6. Розроблено експертну систему ідентифікації параметрів математичних моделей окремих підсистем управління судновими парогенераторами, використання якої дозволяє спростити й прискорити процеси їх налагодження та адаптації до умов експлуатації, що сприяє підвищенню надійності і зниженню ймовірності виникнення можливих аварійних ситуацій.

7. Розроблені математичні моделі, які можуть бути ефективно застосовані в процесах оптимізації параметрів систем автоматизованого управління судновими пароенергетичними установками та діагностики технічного стану їх елементів.

Повнота викладення основних наукових положень, висновків, результатів і рекомендацій у наукових виданнях

Всі результати дисертації з достатнім ступенем повноти опубліковані у 61 науковій праці, з яких – 35 статей в журналах і збірниках Переліку наукових фахових видань України; 7 статей видано в міжнародних журналах; публікації входять в зарубіжні наукометричні бази: Scopus (5 статей), Index Copernicus, Google Scholar, INSPEC IDEAS, тощо; 19 – тези в збірниках праць міжнародних і всеукраїнських конференцій.

Наукових праць апробаційного характеру достатньо для представлення основних результатів науковій спільноті для їх обговорення. Запозичень чужих наукових праць та ідей без посилань, а також невідповідності змісту дисертації автореферату не виявлено. Результати та висновки кандидатської дисертаційної роботи Михайленка В.С. до результатів і висновків докторської дисертаційної роботи не включені.

Треба відзначити, що ряд окремих наукових положень і результатів дисертаційної роботи в деякій мірі можна віднести до спеціальності 05.13.07 – автоматизація процесів керування. Але загальна наукова спрямованість дисертаційної роботи, її мета і завдання, об'єкт і предмет дослідження, переважна більшість наукових положень і результатів, включаючи пункти наукової новизни і практичної значимості, а також загальний напрям впровадження результатів роботи, зокрема в ПРАТ «Дунайсудноремонт», ТОВ «Південспецмонтаж» та інших, безумовно відносяться до спеціальності 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки за напрямками наукових досліджень: «Розроблення системи автоматичного керування (САК) енергоустановок на усталених і перехідних режимах роботи. Теоретичні й експериментальні методи дослідження САК»; «Розроблення засобів, моделей, методів і методик для ідентифікації та діагностичного контролю технічного стану двигунів і енергоустановок».

Важливість для науки і народного господарства отриманих результатів

Важливість результатів дисертаційної роботи для науки полягає в розвитку та удосконаленні теоретичних основ, математичних методів і моделей, які можуть ефективно використовуватися для синтезу сучасних автоматизованих багатокритеріальних систем управління судновими пароенергетичними установками, що забезпечують високі техніко-економічні та екологічні показники роботи в широкому діапазоні режимів експлуатації в різних акваторіях.

Важливість практичної значимості дисертаційної роботи полягає в розробці прототипів автоматизованих багатокритеріальних систем управління судновими пароенергетичними установками на базі сучасних комп'ютерних технологій і приладів контролю параметрів технологічних процесів для широкого спектру типорозмірів суден морського флоту, про що

свідчать відповідні акти впровадження результатів дисертаційної роботи, зокрема на підприємстві ПРАТ «Дунайсудноремонт», м. Ізмаїл, ТОВ «Південспецмонтаж», м.Одеса, ТОВ «Енергетичні інвестори», м. Одеса та інших, а також акт впровадження в освітній процес в Національному університеті «Одеська морська академія» на кафедрі електрообладнання і автоматики суден.

Зауваження до дисертаційної роботи

1. Назва дисертаційної роботи «Концепція розробки систем управління судновими пароенергетичними установками» не повній мірі відповідає змісту і висновкам дисертації та автореферату.

Автором чітко не сформульовані ті теоретичні принципи, постулати, положення, методологічні підходи, з яких складається саме поняття «концепція» як єдина система поглядів і за якими можуть розроблятися сучасні високоефективні автоматизовані системи управління судновими пароенергетичними установками. Головну задачу дослідження автор формулює як: «... запропонувати нову концепцію створення ...», але у 12-ті висновках за результатами дисертаційної роботи поняття «концепція» зустрічається лише один раз у першому висновку в якості констатації факту створення і не дуже зрозуміло, як інші 11 висновків пов'язані з цією концепцією.

В той же час треба відзначити, що безумовно в своїх наукових дослідженнях при розробці і використанні математичних методів, моделей і підходів для синтезу сучасних систем управління судновими пароенергетичними установками автор спирається на окремі нові концептуальні принципи і положення, але, на жаль, не формулює їх як єдину систему поглядів.

На мою думку, змісту дисертаційної роботи та її результатам більше б відповідала така назва: «Розвиток та удосконалення теоретичних основ,

методів і моделей для синтезу автоматизованих багатокритеріальних систем управління судновими пароенергетичними установками».

2. Ні в текстах дисертації та автореферату, ні у висновках до них автор не підкреслює важливої, якщо не основної, переваги запропонованих їм систем управління судновими пароенергетичними установками над багатьма існуючими, а саме їх багатокритеріальність. Адже саме це дає можливість використання таких систем управління для одночасного раціонального вибору режимів роботи суднових пароенергетичних установок та їх елементів в різних умовах експлуатації та в різних акваторіях за багатьма критеріями: – техніко-економічними характеристиками (загального і часткових ККД, загальної питомої витрати палива, питомої витрати палива на загальносуднові потреби, питомої витрати палива на мильо та ін.); – показниками екологічності (викидами NO_x , SO_x та ін.); – показниками надійності (рівнями хімічної та електрохімічної корозії елементів). На жаль, термін «багатокритеріальність» автор не використовує, не зважаючи на її наявність.
3. Значення, що наводить автор про зниження вмісту NO_x , до 54 % за рахунок використання системи адаптивного управління процесом рециркуляції димових газів у систему подачі повітря до суднових парогенергетичних установок і до 25 % за рахунок удосконаленої системи моніторингу димових газів є дуже значними. Досягти таких значень зниження концентрацій термічних, швидких, паливних оксидів азоту у практиці експлуатації вже діючих (встановлених) енергетичних і промислових котлів під час їх модернізації за допомогою загальновідомих схем рециркуляції димових газів та способів спалювання палива досить складно. Тому доцільно було б більш детально пояснити за рахунок зміни яких параметрів фізико-хімічних процесів спалювання палива в топках суднових пароенергетичних

установок внаслідок запропонованих систем управління і моніторингу і за рахунок яких видів NO_x , були досягнуті такі результати.

4. У першому розділі на сторінці 65 у таблиці 1.3. «Основні причинно-наслідкові зв'язки, що призводять до взаємопов'язаних проблем при розробці, налагодженні та експлуатації САУ СПУ» в якості ряду причин вказується неефективність діючих методик розробки та налагодження систем управління СПУ, однак докладного аналізу чинних методик проектування і налагодження в роботі не представлено.
5. У другому розділі дисертації автор розглядає лінійні диференціальні рівняння, що описують динаміку фізико-хімічних процесів суднового парогенератора. Однак, навіть при постійному тепловому навантаженні процеси згоряння протікають в нестационарному режимі, тому доцільно було б вказати допустиму область лінеаризації параметрів парогенератора, що контролюються.
6. У другому розділі автором представлена система лінійних диференціальних рівнянь, а саме процесів розрядження в топці котла, сторінка 88, концентрації кисню в димових газах, сторінка 93, концентрації солей в живильній воді, сторінка 99, тощо з урахуванням нових розрахункових коефіцієнтів, які описують процеси утворення міжкристалічної, низькотемпературної й газової корозії в елементах парового котла. Разом з тим, процеси утворення електрохімічної корозії, як правило, носять нелінійний і, в деякій мірі, випадковий характер, тому лінеаризація параметрів корозії вимагає додаткового дослідження.
7. У другому розділі на сторінці 151 у формулі (2.39) і сторінці 154 у формулі (2.40) у рівняннях регресії четвертого порядку не вказано ступені адекватності отриманих рівнянь і не обґрунтовано обраний порядок.

8. Автор не проводить системного аналізу адекватності отриманих математичних моделей реальним технологічним і фізико-хімічним процесам у суднових пароенергетичних установках та їх елементах з використанням класичних статистичних методів обробки результатів експериментів з побудовою довірчих інтервалів, в які входять результати відповідної кількості натурних та імітаційних експериментів з урахуванням похибок вимірювань і математичного моделювання і які дають можливість оцінити адекватність моделей.
9. Автор часто використовує термін «оптимізація», наприклад «оптимізація ККД СПУ», «оптимальне значення α » та ін. (п'ятий розділ дисертаційної роботи). Однак математичних методів оптимізації для одержання оптимальних значень параметрів або характеристик, що досліджуються, він не застосовує. Під оптимальними значеннями розуміється краще значення серед декількох результатів розрахунків. Наприклад, як вказано у п'ятому розділі «для визначення оптимальної області значень коефіцієнтів надлишку повітря α було проведено тепловий розрахунок для декількох теплових режимів роботи» суднової пароенергетичної установки. З результатів декількох розрахунків було обране краще значення α . Використання терміну «оптимальний» є не дуже коректним при такому підході. На мою думку, більш коректним був би термін «раціональний».
10. В дисертаційній роботі недостатньо уваги приділено обґрунтуванню використання саме нейромережевих систем для моніторингу та управління показниками шкідливих викидів суднових пароенергетичних установок в атмосферу (зокрема NO_x), їх перевагам і недолікам у порівнянні з іншими існуючими методами обробки і формалізації інформації про зміни параметрів технологічних та фізико-хімічних процесів в установках в різних умовах експлуатації, що також можуть ефективно використовуватися для систем управління.

11. В текстах дисертації та автореферату зустрічаються не дуже вдалі вирази, застарілі термінологія та одиниці вимірювання і помилки.

Загальні висновки

Зроблені зауваження в цілому не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Михайленка Владислава Сергійовича «Концепція розробки систем управління судновими пароенергетичними установками», яка відповідає паспорту спеціальності 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки. Дисертаційна робота містить раніше не захищені наукові положення та нові обґрунтовані результати, вона є завершеним науковим дослідженням і присвячена розв'язанню актуальної наукової

проблеми – забезпечення високоефективних екологічних і енергетичних показників роботи суднових пароенергетичних установок широкого конструктивного класу.

Результати дисертаційної роботи можуть бути рекомендовані до використання у вітчизняних та закордонних суднобудівних компаніях, а також на підприємствах, які пов'язані з тепловою енергетикою.

Вважаю, що дисертаційна робота Михайленка В.С. 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,
завідувач кафедри парогенераторобудування
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»
Міністерства освіти і науки України,
доктор технічних наук, професор



« 2 » березня 2021 р.