

**ВІДГУК**  
**ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА**

Вичужаніна Володимира Вікторовича,  
професора, доктора технічних наук,  
завідувача кафедри «Інформаційні технології»  
Одеського національного політехнічного університету  
на дисертаційну роботу Харченко Романа Юрійовича  
«Гібридні інтелектуальні мережі для суднових систем мікроклімату»,  
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за  
спеціальністю 05.22.20 - експлуатація та ремонт засобів транспорту.

**1. Актуальність теми дисертації.** Актуальність теми обумовлена проблемою збільшення психологічного навантаження на екіпажі суден через стрімкий розвиток автоматизації суден і, відповідно, зменшенням чисельності екіпажів з пропорційно зростаючим ступенем відповідальності. Дослідження показують що переважна більшість аварійних ситуацій і надзвичайних подій на суднах відбувається через перевтому екіпажу і втрату уваги, на що безпосередній вплив надає якість повітряного середовища навколо людини, не кажучи вже про загальновідомий вплив клімату на продуктивність праці, а разом з цим й аварійність. Недосконалість експлуатованих систем мікроклімату і застосовуваний у вітчизняній і зарубіжній практиці проектування підхід щодо забезпечення "середнього рівня комфорту", який не враховує індивідуальних характеристик людини, додає чималого дискомфорту й пасажирам, що не сприяє розвитку круїзного бізнесу.

Основною причиною недосконалості даних систем є як «людський фактор», так і спрощеність та застарілість систем мікроклімату та недостатньо досліджений вплив складу повітряної суміші внутрішньо суднової атмосфери на екіпаж та пасажирів. То ж цілком логічно, що автор поставив завданням



підвищення якості параметрів мікроклімату та створення ергатичних систем управління та систем підтримки прийняття рішень системи мікроклімату судна. У цьому сенсі актуальними стають дослідження з удосконалення процесів та механізмів впливу на параметри мікроклімату, якими керують суднові оператори. Виділяється що розв'язання цих задач призведе до суттєвого підвищення соціальної і екологічної безпеки екіпажів суден та знизить енергозатрати, особливо під час рейсу.

Таким чином, з огляду на необхідність глибокого дослідження процесів повітроутворення суднових приміщень, є доцільність застосування отриманої методики та обґрунтованих рекомендацій у підготовці й оцінці компетентності операторів, які керують експлуатацією систем мікроклімату, тим самим можна знизити рівень аварійності та експлуатаційні витрати як на науково-методологічному, так і технологічно-конструктивному рівнях.

Тому тема дисертаційного дослідження – гібридні інтелектуальні мережі для суднових систем мікроклімату, є достатньо *актуальною*.

Актуальність теми дисертації підтверджується також і тим, що вона виконувалась у рамках держбюджетної науково-дослідної роботи кафедри морської електроніки Національного університету «Одеська морська академія».

## **2. Структура дисертації** цілком відповідає логіці й послідовності рішення поставлених задач.

Дисертація складається зі вступу, 5-ти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, зазначено її зв'язок з науковими програмами, планами та темами, сформульовано мету та напрямок досліджень, відзначено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, надано інформацію про їх впровадження, апробацію та публікації.

**У першому розділі** здійснено огляд основних напрямків дослідження

проблем забезпечення ефективності експлуатації та ергатичного управління судновими системами вентиляції і кондиціювання повітря і обрано напрями дисертаційного дослідження. Основна увага приділена проблемі забезпечення безпеки судноводіння шляхом комплексного вирішення питань забезпечення комфорtnого мікроклімату у різних умовах плавання та вдосконалення методів експлуатації кліматичного обладнання. Здійснено вибір теми, визначено об'єкт і предмет дослідження, постановлено мету та завдання дослідження, висунуто гіпотезу вирішення завдань, обґрунтовано цілеспрямованість дослідження, пов'язану з підвищеннем соціальної безпеки експлуатації суден шляхом переходу до використання сучасних інтелектуальних технологій ергатичного управління та діагностики параметрами мікроклімату приміщенъ судна, прийнято поняття судової системи комфорtnого мікроклімату - ССКМ.

**Другий розділ** присвячено аналізу основних підходів вирішення проблем експлуатації суднових систем клімат контролю, задіяна теорія термодинаміки – для опису фізичних процесів в системах клімат контролю. Методом експертного оцінювання здійснений вибір теми дисертаційної роботи, теорія автоматичного управління використана для аналізу ефективності діючих систем регулювання.

Шляхом системного аналізу головна задача дисертаційного дослідження розділена на допоміжні, сформовані технології наукового дослідження і теорії ідентифікації та адаптивного управління для аналізу ефективності адаптивних систем регулювання при управлінні складними об'єктами.

Показана доцільність використання графо-аналітичних методів при вирішенні диференціальних рівнянь переходних процесів повіtroобміну і формування повітряної суміші, теорії нечітких множин та нечіткої логіки – для моделювання знань і досвіду експертів; методів цифрового моделювання – для виконання порівняльного аналізу інтелектуальних систем управління. Програмне забезпечення та методи аналізу запропоновані у роботі дозволяють провести дослідження, необхідні для проектування ССКМ при менших витратах часу.

**Третій розділ** роботи присвячено розробці математичних моделей для розрахунку параметрів перехідних процесів в ССКМ при різних режимах функціонування обладнання з включенням адаптивної системи регулювання, використання яких дозволяє провести в САПР MatLab Simulink достовірне імітаційне моделювання ергатичної системи моніторингу та управління ССКМ.

Отримані математичні моделі дозволяють досліджувати процеси в ССКМ будувати моделі, проводити аналіз показників якості та параметрів перехідних процесів, виявляти вплив елементів і параметрів сигналів управління, складають основу інженерного розрахунку при проектуванні пристройів і систем ССКМ.

Показано, що використання адаптивного регулювання в системі контролю клімату суднових приміщень дало можливість:

- скоротити час налаштування контурів регулювання вологості і температури у 1,5 – 2 рази та знизити вимоги до кваліфікації обслуговуючого персоналу;
- покращити якість управління та моніторингу ССКМ в враховуючі індивідуальні характеристики людини та географічне місцезнаходження широкого класу суден;
- забезпечити безперервний процес підстроювання параметрів внутрішньо суднової атмосфери, під властивості людей та приміщень.

У четвертому розділі розроблено програмне забезпечення для налаштування ССКМ за різних режимів функціонування, яке дозволило виконати необхідний комплекс розрахунків, при цьому суттєво скоротити витрати часу, в порівнянні з використанням існуючих САПР для аналогічних досліджень ССКМ, воно може бути інтегровано до складу більшості САПР. Програмний комплекс для дослідження ССКМ складається з універсальної програми і динамічно-підключаємої бібліотеки, що містить модулі відображення і редактування вихідних даних і результатів розрахунку, графічний модуль для побудови графіків, а також модулі експорту результатів.

Дисертантом вдосконалена система моніторингу і діагностики параметрів ССКМ з функцією самодіагностики. В основі принципу дії системи закладений

механізм нечіткої продукційної експертної системи (НЕС) і проведення аналізу її адекватності в умовах невизначеності за допомогою нечіткої мережі Петрі (НМП). Як об'єкт дослідження проаналізовано діяльність оператора при управлінні ССКМ дистанційно. Достовірність отриманого рішення була підтверджена за допомогою імітаційного моделювання в середовищі MatLab. Спільне використання НЕС і НМП дозволило отримати ефективну систему підтримки прийняття рішень (СППР) з управління обладнанням ССКМ з функцією самодіагностики, з'ясувати рівень адекватності прийнятої моделі і розрахункових показників надійності.

**П'ятий розділ** дисертації присвячено розробці гібридної інтелектуальної мережі для ССКМ. Створена нейро-нечітка мережа, що враховує думку експертів, здатну до апроксимації параметрів для всіх можливих режимів навантаження, екстраполяції даних, а також до самонавчання на основі досвіду експертів і алгоритму зворотного поширення помилки.

Використання апарату нейронних мереж, дозволило провести ідентифікацію ССКМ що функціонує в динамічних режимах властивих маневруванням судна та впливу несприятливої навігаційної обстановки. Проведено навчання мережі на основі моделювання фазі-контролера. Подібна задача вперше розглядається в області інтелектуального ергатичного управління системами мікроклімату.

Показано, що гібридна система може бути легко вдосконалена шляхом використання нових алгоритмів, а також розширення функціональних можливостей системи (регулювання повіtroобміну, вологості, хіміко-біологічного складу повітря тощо). Була проведена перевірка на стійкість ССКМ при мінімальному піковому навантаженні (аварійний режим роботи).

Розробка гібридної мережі для ССКМ дозволяє в автоматичному або супервізорному режимі, формувати завдання для локальних систем, виводячи ССКМ судна на новий рівень комфорту.

**3. Наукова новизна** одержаних результатів полягає в тому, що:

1. *Вперше розроблено*

- способи інтелектуальної настройки параметрів повітряної суміші в приміщеннях судна залежно від індивідуальних характеристик людини, виду роботи екіпажу та географічного положення судна, зокрема спосіб розрахунку з використанням альтернативного нейро-нечіткого підходу;
- адаптаційні математичні моделі, що описують перехідні процеси в судновій атмосфері з регуляторами різних типів, засновані на виборі налаштувань та відповідних параметрів мікроклімату таких, що запропоновані інтелектуальною експертною системою;
- автономне компактне програмне забезпечення для рішення завдань аналізу та моніторингу в межах єдиного комплексу суднової системи комфорtnого мікроклімату та системи підтримки прийняття рішень для її моніторингу.

2. *Отримали подальший розвиток* методи теорії нечіткої логіки та нейронних мереж в системах моніторингу параметрів вузлів системи мікроклімату.

3. *Отримав подальший розвиток* метод створення бази правил нечітких регуляторів для їх адаптації в процесах зміни режимів роботи обладнання, а також методи визначення параметрів систем за рахунок їх комп'ютерної реалізації.

4. *Вдосконалено* методи настройки нечітких регуляторів за ідентифікацією показників експлуатаційних процесів ССКМ, що дозволяє проводити стабілізацію контролюваних параметрів за менший у середньому на 30% час регулювання в порівнянні з традиційними. Математичні моделі теплоенергетичних об'єктів та системи діагностики технічного стану обладнання ССКМ.

**4. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій.** У дисертаційній роботі наведено глибокий аналіз науково-технічної задачі, що розв'язується здобувачем та проведено комплексний

теоретичний аналіз усіх її аспектів, що вказує на високий ступінь обґрунтованості її положень та висновків.

*Достовірність* наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується коректним застосуванням математичного апарату, системою методик і перетворень, що не містить принципових помилок, результатами комп'ютерного моделювання.

*Достовірність* отриманих результатів підтверджується практичною реалізацією та експериментальними дослідженнями які практично збігаються з теоретичними розрахунками, апробацією на виробництві,

**5. Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання** полягає у розширені теорії вибору системного аналізу та сучасної теорії автоматичного управління за станом системи мікроклімату судна шляхом застосування гіbridних інтелектуальних мереж. У роботі виконано:

- аналіз умов протікання технологічних процесів в суднових системах комфорного мікроклімату ССКМ, що дозволяє визначити сукупність взаємовпливу контролюваних параметрів і виявлення основних збурень;
- аналіз причин несправностей і відхилень контролюваних параметрів від приписів, що виникають в ході експлуатації і налагодження систем автоматизації;
- отримані математичні моделі теплоенергетичних процесів в приміщеннях судна, що описують властивості, зв'язки і відносини між контролюваними параметрами;
- проведена розробка адаптивних, нечітких, нейро-нечітких та інших інтелектуальних методів експлуатації, адаптації систем регулювання і діагностики ССКМ, виконана їх перевірка, отримано експериментальне підтвердження адекватності нових методів і алгоритмів моделей;

*Практична цінність одержаних результатів* полягає у тому, що вони можуть бути застосовані на морських суднах в процесі експлуатації систем мікроклімату, розробниками даних систем, а також при навчанні і підвищенні

кваліфікації електромеханіків, судномеханіків, реф.механіків.

Результати дисертаційного дослідження впроваджені у проектування і розробку адаптивної інтелектуальної системи автоматичного управління систем кондиціонування і вентиляції Ладижинської ТЕС та роботу з модернізації систем автоматичного управління процесами повіtroобробки в її приміщеннях, в проектування і розробку адаптивної інтелектуальної системи автоматичного управління систем кондиціонування і вентиляції із застосуванням регуляторів що працюють на базі контролерів з нечіткою логікою в проектно-монтажної компанії ТОВ «Енергетичні Інвестори». Матеріали дисертаційного дослідження використовуються в навчальному процесі та в НДР НУ «ОМА».

**6. Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях.** Основні наукові положення, висновки і рекомендації, які сформульовані в дисертаційній роботі, достатньо повно відображені в публікаціях здобувача і пройшли апробацію на міжнародних науково-технічних конференціях. За темою дисертації опубліковано 39 друкованих наукових праць, серед яких 16 статей у наукових спеціалізованих виданнях (19-у виданнях, що входить до міжнародних наукометричних баз даних, у тому числі 3 у Scopus та Orcid), у зарубіжних наукових профільних виданнях - 4 статті; у збірках матеріалів міжнародних і вітчизняних наукових конференцій - 18 доповідей, опубліковано монографією у німецькому науковому виданні.

Отримані автором результати роботи пройшли апробацію на конференціях національного й міжнародного рівня, зокрема, в Одесі, Києві, Миколаєві, Херсоні, Харкові та Сумах.

**7. Оформлення дисертації та автореферату.** Автореферат та дисертація викладені послідовно, логічно та коректно.

Зміст автореферату дисертації відповідає змісту дисертаційної роботи. Оформлення автореферату та дисертації відповідає встановленим вимогам.

### **8. Зауваження згідно змісту та оформлення дисертаційної роботи:**

- 1) при вирішенні першого допоміжного завдання не наведено вихідні матеріали за статистичними даними пов'язаним з опитуванням експертів рівня управління для ранжирування ситуації;
- 2) не обґрунтовано математичну модель процесу розвитку ситуації зовнішнього впливу, яка представлена одиничним стрибком, а не іншим законом;
- 3) немає чітких визначень в трактуванні понять «управління параметрами мікроклімату» і «управління внутрішньо-судновим атмосферним середовищем», і який між ними зв'язок?
- 4) параграф 5.1 структурно більш відповідає четвертому розділу, де необхідно було б його і розглядати, а в п'ятому розділі залишити тільки результати експериментальних досліджень.

До недоліків першого розділу слід віднести:

1. Недостатньо систематизовані результату аналізу можливостей та обмежень існуючих методів дослідження перехідних процесів у регуляторах
2. У розділі недостатньо освітлені особливості проектування та моделювання систем мікроклімату за допомогою відомого програмного забезпечення.

До недоліків другого розділу слід віднести:

1. Математичні моделі отримані занадто ідеалізовані. Недостатньо розглянуто питання наявності паразитних елементів, які мають місце та можуть суттєво вплинути на результати досліджень.
2. Під час аналізу перехідних процесів не розглянуті особливості функціонування допоміжних елементів системи мікроклімату, зокрема фільтрів.

3. У розділі занадто багато уваги приділено опису простих та інтуїтивно зрозумілих методик та алгоритмів програмних модулів.

До недоліків третього розділу слід віднести:

1. Недостатньо увагу приділено аналізу існуючих математичних моделей для обчислення показників якості регуляторів при їх паралельній роботі.

До недоліків четвертого розділу слід віднести:

1. Під час проведення досліджень недостатньо обґрунтовано у яких межах на практиці змінюються досліджувальні параметри, наприклад коефіцієнт пропорційності чи запізнення.

До недоліків п'ятого розділу слід віднести:

1. У розділі не наведені приклади практичного використання розробленого програмного забезпечення

Однак зазначені зауваження не носять принциповий характер і не знижують цінності проведеного автором дослідження.

## **9. Загальний висновок**

Дисертація є завершеною науковою працею, виконаною одноосібно.

Робота містить не захищенні раніше наукові положення і нові науково обґрунтовані результати. Вважаю, дисертація є закінченою кваліфікаційною науковою роботою, оформленою відповідно до державних стандартів України, наведені в ній науково обґрунтовані результати у сукупності вирішують важливу науково-прикладну задачу по забезпеченню соціальної та екологічної безпеки судноплавства за рахунок поліпшення комфорту екіпажу та пасажирів, підвищення якості та надійності систем мікроклімату методами ергатичного управління параметрами системи мікроклімату суднових приміщень шляхом застосування гіbridних інтелектуальних мереж та систем моніторингу.

Результати дисертації можуть бути рекомендовані до використання в суднобудівних компаніях, центрах підвищення кваліфікації та енергетичних підприємствах України, а також у вищих навчальних закладах при підготовці фахівців за відповідними навчальними програмами.

Дисертаційна робота відповідає вимогам "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника" затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 із змінами, а також вимогам до кандидатських дисертацій, рекомендованих МОН України.

Все вищесказане дає підстави вважати, що дисертаційну роботу виконано на високому науковому рівні, а її автор, Харченко Роман Юрійович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 - експлуатація та ремонт засобів транспорту.

#### **Офіційний опонент**

**Вичужанін Володимір Вікторович,**  
доктор технічних наук, професор, завідувач  
кафедри інформаційних технологій Одеського  
національного політехнічного університету

«31» 10 2018 р.

B.B. Вичужанін

Підпис офіційного опонента, доктора технічних  
наук В.В. Вичужаніна засвідчує. Вчений секретар  
Одеського національного політехнічного  
університету

«31» 10 2018 р.

B.I. Шевчук

