

## **Підвищення ефективності функціонування ергатичних систем управління мікрокліматом судових приміщень**

Михайлов Сергій Анатолійович<sup>1</sup>, Харченко Роман Юрійович<sup>2</sup>  
НУ «Одеська морська академія», Одеса, Україна  
smikhailov@i.ua<sup>1</sup>, romannn30@gmail.com<sup>2</sup>

## **Improving the efficiency of functioning the ship ergatic microclimate control systems of ship spaces**

Mikhailov S.A.<sup>1</sup>, Kharchenko R.Yu<sup>2</sup>  
National University «Odessa Maritime Academy», Odessa, Ukraine  
smikhailov@i.ua<sup>1</sup>, romannn30@gmail.com<sup>2</sup>

*Анотація – Виявлено, що одним з основних напрямів підвищення ефективності функціонування судових ергатичних систем управління є впровадження сучасних інтелектуальних систем та методів моніторингу і діагностики роботи обладнання. Обґрунтований напрям дослідження - вдосконалення програмного забезпечення та впровадження сучасних інтелектуальних гібридних методів управління. Об'єкт дослідження – система аварійної сигналізації та контролю відхилень параметрів внутрішньо-суднового атмосферного середовища.*

*Abstract – It was revealed that one of the main directions of increasing the functioning efficiency of ship's ergatic control systems is the introduction of modern intelligent systems and methods for monitoring and diagnosing equipment operation. The direction of the study is substantiated - improving software and introducing modern intelligent hybrid management methods. The object of study was the alarm system and control deviations of the parameters of the internal atmospheric environment on the vessel.*

DOI: 10.31653/1819-3293-2019-1-25-63-71

Аналіз сучасного стану розвитку інтелектуальних технологій дозволяє зробити висновок, який ще зовсім недавно звучав досить фантастично – в найближчому майбутньому судном буде управляти ме-

режа нейронів штучного інтелекту без участі людини. Впровадження спеціальних алгоритмів в електронні системи управління на суднах дозволить знайти оптимальний варіант маршруту, прорахувати найефективніший режим проходження судна з урахуванням метеорологічних умов і витрати палива, створити оптимальні умови для роботи екіпажу. Враховуючи загальносвітову тенденцію провідних суднобудівників по створенню повністю автоматизованих «розумних» суден із застосуванням штучного інтелекту для постійного моніторингу всіх систем судна і своєчасне попередження і ліквідацію поломок і несправностей, актуальність роботи по підвищенню ефективності діючих систем управління з участю оператора беззаперечна.

Пропонується розглянути до застосування при експлуатації ергатичних систем на судні апарат гібридних інтелектуальних мереж (ГІМ), який є потенційно потужним інструментом вирішення складних проблем та забезпечує повноту бази знань [1].

В архітектуру таких гібридних систем інтегровані, в залежності від поставленого завдання, різні інтелектуальні модулі - нейронні мережі, генетичні алгоритми, нечіткі контролери, системи підтримки прийняття рішень (СППР), адаптивні системи та інші складові так званого «штучного інтелекту». У коло завдань штучного інтелекту входить постійний моніторинг всіх систем судна і своєчасне попередження і ліквідація поломок і несправностей. Нейронна мережа зможе розрахувати ймовірність несправності і розробити варіанти її запобігання [2]. Ці системи успішно реалізують досвід і знання експертів, а також мають здатність до самонавчання.

Розглянуто альтернативний метод експлуатації ергатичних систем управління мікрокліматичними параметрами судових приміщень із застосуванням інтелектуальних систем в єдиному комплексі. У запропонованому варіанті побудови такої системи функцію адаптації виконують нейронні мережі, здатні до самонавчання.

Область використання подібних технологій має величезні перспективи на суднах будь-яких типів, тому що сучасне судно є складним нелінійним об'єктом, на якому активно впроваджуються інтегровані системи, які в комплексі вирішують завдання управління судовими технічними засобами - системи навігації, попередження зіткнень, управління рухом, забезпечення радіозв'язку, безпеки та ін. Незважаючи на великий інтерес до цих технологій і наукові напрацювання в даній області стосовно суден, даний напрямок все ще залишається слабо розвиненим, і в багатьох складних підсистемах судна управління здійснюється традиційними методами, в більшості випадків не забезпечуючи належної якості та надійності.

Традиційні підходи в розробці СППР засновані на низці теорій таких як - системний аналіз, теорія ігор, теорія ризику, теорія ймовірності і т.д. Експертні системи (ЕС), що лежать в основі таких СППР, мають ряд недоліків, пов'язаних з неможливістю враховувати досвід, знання і інтуїцію людини - штурмана, механіка, лоцмана, тобто експерта в даній області.

Останнім часом широке застосування і актуальність в «інтелектуальних» СППР отримують нечіткі експертні системи, які імітують міркування експерта у вигляді словесних або лінгвістичних припущень, що використовують апарат теорії нечітких множин. Наприклад, логіка міркувань оператора систем мікроклімату на судні така: якщо температура повітря «висока», то температуру в системах кондиціонування необхідно зробити «нижче» і тому подібне. Це приклади нечіткої логіки - логіки, властивій людському мисленню.

З цих причин можна зробити висновок про те, що в СППР багатьох судових автоматизованих підсистем подібні технології, засновані на нечіткій логіці, будуть дуже актуальні і можуть отримати велике поширення. Вони здатні працювати з якісною інформацією, перетворюючи і обробляючи її в чисельній формі. Основна суть таких систем полягає в формуванні кількісного рішення на базі продукційних правил. Крім того, на відміну від класичної математики і логіки, в апараті нечіткої логіки є проміжні оцінки, що відповідає природним процесам.

Однак завдання ускладнено тим, що мікроклімат на судні, як об'єкт управління, схильний до впливу численних збурень, які нелінійно змінюються в часі: температура забортної води, сонячна активність, швидкість і температура повітряних потоків, мінливі температурні умови всередині приміщень і т.п. Крім того, останнім часом істотно зростають вимоги до систем мікроклімату на судах для підвищення продуктивності праці моряків, тому як на тлі погіршення екологічних параметрів навколишнього середовища в цілому, шкідливих виробництв поблизу районів плавання, аварійної небезпеки, шкідливих вантажів, що перевозяться, вірусної та мікробіологічної небезпеки та ін., якість повітряного середовища в приміщеннях, контроль його складу і швидкі заходи по нормалізації виходять на перший план. Комп'ютеризація та оснащення суден дорогими приладами, точна і безвідмовна робота яких можлива тільки за певних температурі і вологості повітря, строгі параметри для багатьох перевезених вантажів також сильно ускладнюють завдання управління.

Проаналізувавши різні варіанти побудови систем управління [3] пропонується наступний вигляд структури СППР системи судового контролю мікроклімату (ССКМ) (рис. 1).



Рис. 1. Структурна схема СППР судна

На цьому рисунку  $Z$  - це задана інформація від підсистем судна які входять в комплекс інтелектуального управління з адаптивними нечіткими ЕС (АНЕС). АНЕС в свою чергу виробляє сигнал для ОПР у вигляді ради  $S_i$  є функцією бази знань  $F$  від контрольованих параметрів  $X_j$  які приходять на ходовий місток по зворотному зв'язку. Функцію адаптації в АНЕС виконують нейронні мережі, здатні до самонавчання. Можна відзначити, що проведений аналіз методів інтелектуального управління стосовно до СППР судна дозволяє зробити висновок про перспективність використання нейро-нечіткої логіки для підвищення якості управління судновими автоматизованими системами. Такі інтелектуальні системи володіють властивостями самонавчання і здатністю змінюватися в залежності від обставин.

Для перевірки ефективності нечітких адаптивних і типових формульних методів налаштувань, за допомогою програми MatLab (Simulink) проводиться комп'ютерний експеримент. Перехідні процеси регулювання представлені на рис. 2.

Як видно з аналізу рис. 2, адаптивні настройки дозволяють зменшити час регулювання на 30 с в порівнянні з формульними, що в експлуатаційних умовах сприяє економії енергоресурсів при роботі виконавчих механізмів. Також перерегулювання при використанні нечіткого і формульного підходів становить відповідно  $g^H = 23\%$ ,  $g^F = 33,3\%$ . Таким чином, використання гібридної інтелектуальної системи регулювання (нечітка з адаптацією) є виправданим для підвищення ефективності суднової системи ергатичного управління енергетичними установками в цілому.

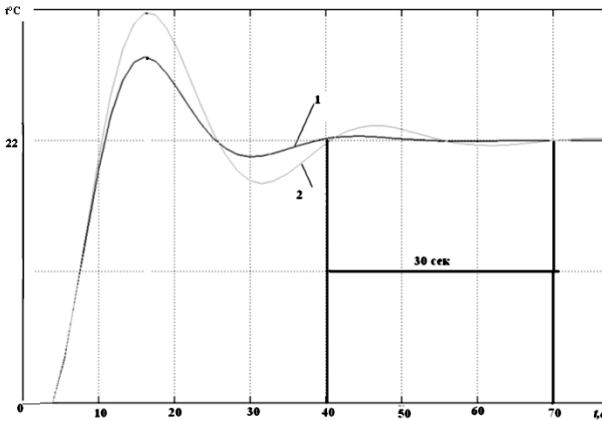


Рис. 2. Перехідні процеси: 1 – метод нечітких адаптивних настройок; 2 – формульних по каналу завдання (одиничний стрибок)

В результаті дослідження встановлено, що застосування гібридних інтелектуальних мереж дозволило вирішити завдання оптимізації процесів повітрообміну [4]. Імітаційні експерименти запропонованих моделей продемонстрували їх ефективність у порівнянні з традиційними в плані досягнення найкращих показників якості в процесі експлуатації. Розроблена система придатна для експлуатації в автоматичному або супервізорному режимі та дозволяє формувати завдання локальним вузлам, виводячи експлуатацію систем на новий рівень комфорту і дозволяє досягнути значної економії електроенергії в порівнянні з діючими. Також запропоновано систему діагностики технічного стану обладнання, яка відрізняється функцією врахування експертного досвіду і можливістю одночасного розрахунку показників надійності, що підвищує ступінь достовірності результату [5]. Експериментальним шляхом встановлено, що робота системи за допомогою апарата нейро-нечіткої логіки, в якій враховується експертний досвід та реалізуються апарат штучного інтелекту, може бути з прийнятною для практичного застосування точністю.

Доведено, що відомі традиційні методи потребують вдосконалення і завдання пошуку оптимальних процесів адаптивного управління залишається відкритим. Тому запропоновано новий підхід в автоматизації ССМК судна - метод нечіткої адаптації. Було проведено аналіз методів адаптації нечітких регуляторів для ССМК морських суден, поставлена задача знаходження оптимального режиму експлуатації та надання рекомендацій для розробників таких систем.

Пропонується використовувати нечітку систему регулювання з одним фазі-контролером і введенням в нього інформації за двома каналами: з виходу об'єкта і з проміжної точки об'єкта. Таке управління є найбільш досконалим. Система з нечітким мікропроцесором реалізує оптимальне (програмоване) управління по нечіткій моделі і раціонально використовує всі можливості системи [6]. Дані системи з високою точністю підтримують регульовані параметри на заданому рівні.

При розробці нечіткої моделі визначені нечіткі множини помилки  $e(t)$ , швидкості її зміни  $e'(t)$  і керуючого впливу  $u(t)$ ; вищевказані нечіткі множини описані за допомогою лінгвістичного мови, де лінгвістичні змінні (ЛЗ) наступні: NB - негативно велике, NS - негативно середнє, NM - негативно мале, Z - нульове, PS - позитивно середнє, PM - позитивно велике, PB - позитивно велике [6]. Продукційна база правил виду: ЯКЩО  $e(t) = NS$  І  $e'(t) = Z$  ТО  $u(t) = NM$  представлена у вигляді табл. Для апробації запропонованої нечіткої каскадної системи управління ССМК і проведення аналізу ефективності її роботи у порівнянні з традиційною, що складається з двох послідовно включених ПІ - регуляторів, були проведені віртуальні експерименти в середовищі Matlab (рис. 3). Об'єкт третього порядку з запізненням у вигляді інерційних ланок є моделі двох калориферів, камери зрошення і вентилятора [7].

Таблиця 1

База правил нечіткого контролера

Помилка $e(t)$	Правила управління $U(t)$ при похідній від відхилення $e'(t)$						
	NB	NS	NM	Z	PM	PS	PB
NB	NB	NB	NB	OS	Z	PM	PS
NS	NS	NS	NS	NM	PM	PM	PS
NM	NS	NM	NM	Z	Z	PM	PS
Z	NS	NM	NM	Z	PM	PM	PS
PM	NM	NM	Z	Z	PM	PM	PS
PS	NM	NM	Z	PM	PS	PS	PS
PB	NS	NM	Z	PS	PS	PB	PB

Перехідні процеси з виходу об'єкта, отримані на осцилографі (рис. 4), демонструють перевагу фазі-системи (аперіодичний процес;  $T_p=65$  с) (крива 1) в порівнянні з типовою системою ( $\Delta T_1 = 0,3$ ;  $T_p=75$  с) крива 2. Таким чином, запропонована нечітка система управління успішно підтримує задані параметри повітря і може бути використана при управлінні ССМК морського судна.

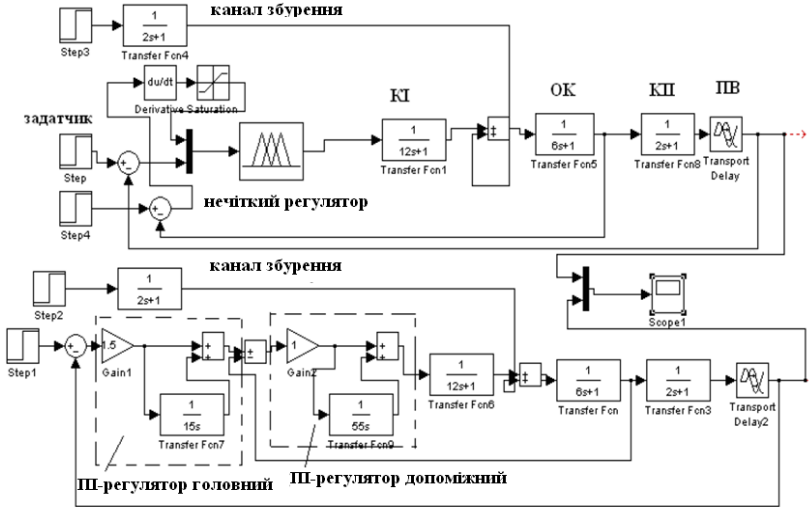


Рис. 3. Структурні схеми нечіткої та типової каскадних ССМК за каналом завдання при дії каналу збурення

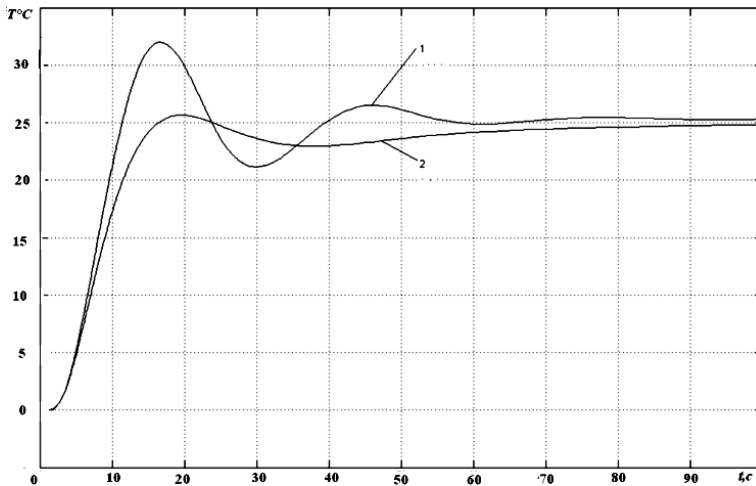


Рис. 4. Перехідні процеси системи управління ССМК: 1 – каскадна с ПІ – регуляторами; 2 – нечітка адаптивна

У висновку можна відзначити основні переваги запропонованого нового виду управління ССМК в порівнянні з традиційною адаптацією: простота настройки фази - регулятора (доступність для розуміння обслуговуючому персоналу), відсутність необхідності в побудові складних математичних моделях, відсутність необхідності в спеціальних пристроях для адаптації (генераторах, пробних перегонах тощо), дешевизна обладнання, економія електроенергії за рахунок зменшення часу регулювання  $T_p$ , а також висока точність підтримки заданих параметрів.

Таким чином на основі теорії нейро-нечіткої логіки запропоновані інтелектуальні гібридні системи управління температурою, повітрообміном і вологістю повітря в приміщеннях судна. Імітаційні експерименти запропонованих моделей продемонстрували їх ефективність у порівнянні з традиційними в плані досягнення найкращих показників якості процесів експлуатації, і наявності можливостей урахування особистих якостей та знань експертів [6].

Також запропонована аварійна нечітка експертна інтелектуальна модель визначення рівня комфортності для членів екіпажу та пасажирів судна і враховує індивідуальні особливості (вид роботи, одяг і тощо) дозволяє досягти високого рівня самопочуття людей і зниження захворюваності членів екіпажу.

Надалі планується вдосконалити запропоновану нечітку систему регулювання шляхом розробки і використання нових алгоритмів, а також розширення функціональних можливостей системи (регулювання повітрообміну, вологості, хіміко-біологічного складу повітря тощо) і в результаті розробити систему підтримки прийняття рішень (СППР). Також перспективним може бути застосування інтелектуально-адаптивних систем на базі нейронних мереж (НС) і генетичних алгоритмів і їх спільного застосування у вигляді гібридних мереж (ГС) [8]. Є ряд робіт, що показують що використання апарату гібридних мереж, в яких висновки виробляються на основі теорії нечітких множин, успішно дозволяють провести ідентифікацію об'єктів навіть функціонують в умовах невизначеності [8].

#### ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

1. Харченко Р. Ю. Гібридні інтелектуальні мережі для судових систем мікроклімату: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20. – Одеса: Нац. ун-т «Одеська морська академія», 2018. – 255 с.
2. Харченко Р. Ю. Сравнительный анализ методов активной адап-



тации ПИ-регуляторов и нечетких регуляторов для систем кондиционирования и вентиляции (СКВ) морских судов // Науковий вісник ХДМА. – 2012. – №2 (7). – С. 276 – 286.

3. Харченко Р. Ю. Методы адаптивного регулирования в системе климатического контроля судна/ Р. Ю. Харченко // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сб. – 2011. – Вып. 17. – С. 95 – 106.

4. Михайленко В. С. Нейро-нечеткие технологии в системах поддержки принятия решений/ В. С. Михайленко, Р. Ю. Харченко // Advanced Information Systems and Technologies, AIST 2012: материалы международной НПК интернет конференции (Суми). – С. 144 – 146.

5. Михайлов С. А. Гібридна система управління параметрами мікроклімату / Михайлов С. А., Харченко Р. Ю. // Інформаційні управляючі системи та технології: матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції, 23 - 25 вересня 2019. – Одеса: ОНМУ, 2019. – С. 122 – 124.

6. Михайленко В. С. Решение задач идентификации и управления температурным контуром системы охлаждения судового дизеля/ В. С. Михайленко, Р. Ю. Харченко // Науковий вісник ХДМА. – 2017. – №2. – С. 69 – 77.

7. Михайленко В. С. Адаптивная настройка нечеткого ПИ – регулятора по идентификации переходного процесса/ В. С. Михайленко, Р. Ю. Харченко // Труды Одесского политехнического университета. – 2012. – № 1 (38). – С. 152 – 156.

8. Михайлов С. А. Применение гибридных интеллектуальных сетей в судовых системах климат-контроля / Михайлов С. А., Харченко Р. Ю. // Современные информационные и электронные технологии: конференция «СИЭТ-2014» МНПК. – 2014. – С. 13.