

О.А. Дакі, В.В. Колесник, З.Я. Дорофєєва, В.В. Тришин

*Дунайський інститут водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій, Ізмаїл*

## МОДЕЛЬ ТА СЦЕНАРІЇ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ СУДНОВОЮ ЕНЕРГЕТИЧНОЮ УСТАНОВКОЮ

*Суднові енергетичні установки оснащуються системами контролю, моніторингу (контролерами, датчиками, сенсорами) та управління (мікропроцесорними системами, інформаційно-керуючими системами). Подальшим кроком технічного прогресу в суднобудуванні є створення інтелектуальних інформаційних систем та апаратних засобів, які здатні компенсувати вплив людського фактору на процес експлуатації складного суднового обладнання. За допомогою даних систем буде вирішуватися завдання контролю технічного стану систем суднової енергетичної установки, вибору режимів оптимального управління, попередження та усунення аварійних ситуацій. Ядром інтелектуальної системи управління стає база знань, що містить сценарії, моделі та правила управління. У результаті дослідження в статті розроблені моделі та сценарії управління судновою енергетичною установкою. Таких моделей всього вісім, кожна з яких характеризується станом внутрішнього та зовнішнього середовища. Обґрунтована структура єдиної комплексної цілеспрямованої системи керування СЕУ, доведено, що при даному рівні розвитку мікропроцесорної техніки та інформаційних технологій можлива реалізація її у складі конкретного судна як на етапі проектування, так і на етапі модернізації. Підсумком виконаного дослідження є формування прообразу можливого розвитку майбутньої ситуації в інтелектуальному керуванні СЕУ та у напрямку підвищення енергетичної й екологічної ефективності суден. В результаті дослідження в статті розроблені моделі та сценарії управління судновою енергетичною установкою. Таких моделей всього вісім, кожна з яких характеризується станом внутрішнього та зовнішнього середовища. Обґрунтована структура єдиної комплексної цілеспрямованої системи управління СЕУ, доведено, що при даному рівні розвитку мікропроцесорної техніки та інформаційних технологій можлива реалізація її у складі конкретного судна як на етапі проектування, так і на етапі модернізації. Отримані результати досліджень можуть бути використані при розробці елементів штучного інтелекту, що здійснює функції керування СЕУ в різних експлуатаційних ситуаціях.*

**Ключові слова:** інформаційні технології, інтелектуальні технології, моделі знань, суднові енергетичні установки.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Об'єктивними процесами останніх років є стрімке зростання ролі інформаційних технологій та інтелектуалізація процесів управління, в тому числі і в процесах суднобудування та судноводіння. Суднові енергетичні установки оснащуються системами контролю, моніторингу (контролерами, датчиками, сенсорами) та управління (мікропроцесорними системами, інформаційно-управляючими системами). Наступним кроком технічного прогресу в суднобудуванні є створення інтелектуальних інформаційних систем та апаратних засобів, які здатні компенсувати вплив людського фактору та процес експлуатації складного суднового обладнання. За допомогою даних систем буде вирішуватися завдання контролю технічного стану систем суднової енергетичної установки, вибору режимів оптимального управління, попередження та усунення аварійних ситуацій. Ядром інтелектуальної системи управління стає база знань, що містить сце-

нарії, моделі та правила управління. Розробці сценаріїв та моделей автоматичного управління судновою енергетичною установкою з застосуванням інтелектуальних інформаційних технологій і присвячені дослідження в даній статті. Таким чином, можна стверджувати, що інтелектуалізація процесів автоматичного управління судовими енергетичними установками є актуальним науковим завданням.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У розробку окремих питань та завдань, які розглядаються у статті значний внесок зробили наступні вчені: Абрамов Г.О., Бажан П.І., Безюков О.К., Валіулін С.М., Васильєв С.М., Гоц А.М., Єрофєєв В.Л., Захаров Л.А., Поспелов Д.А., Решняк В.І., Рудницький В.І., Садовський В.М., Самикін Г.А., Федосенко Ю.С., Фрейдзон І.Р., Хімич В.О., Ципкін Я.З., Чайнов Н.Д., Чіркова М.М., Barto A., Gupta M.

**Метою статті** є розробка сценаріїв та моделей автоматичного управління судновою енергетичною установкою.

## Виклад основного матеріалу

У складі судна звичайно виділяють наступні елементи: корпус, СЕУ, загальносуднові системи, суднові пристрої. Елементи, з яких складається СЕУ, не залежать від структурної схеми СЕУ, виконують одні й ті ж самі функції на судах різних типів і призначень. До складу СЕУ можуть входити: головні двигуни (двигуни внутрішнього згоряння, парові машини); головні електрогенератори; головні передачі, які передають енергію від головного двигуна (ГД) до суднових рушіїв; суднові технічні засоби допоміжного призначення, теплообмінні апарати та інше обладнання систем, що обслуговує ГД; системи дистанційного автоматизованого управління (ДАУ), системи аварійно-попереджувальної сигналізації та захисту ГД та електрогенераторів; системи автоматизованого контролю параметрів. Таким чином, СЕУ представляє собою складний комплекс функціонально взаємозалежних елементів [2], серед яких традиційно виділяють головні елементи енергетичної установки (ГЕ СЕУ), допоміжні елементи енергетичної установки (ДЕ СЕУ) і елементи електроенергетичної установки (ЕЕУ).

При проведенні аналізу літературних джерел [1–5], може бути складена загальна технологічна структурна схема, що містить відомі базові елементи СЕУ: котлову установку, дизельну установку, турбіну, систему паливопідготовки (ПП), систему генерації електроенергії, тощо. У схему також увійшли всі можливі технологічні способи вироблення та регенерації теплової, механічної й електричної енергії при роботі судна (рис. 1).

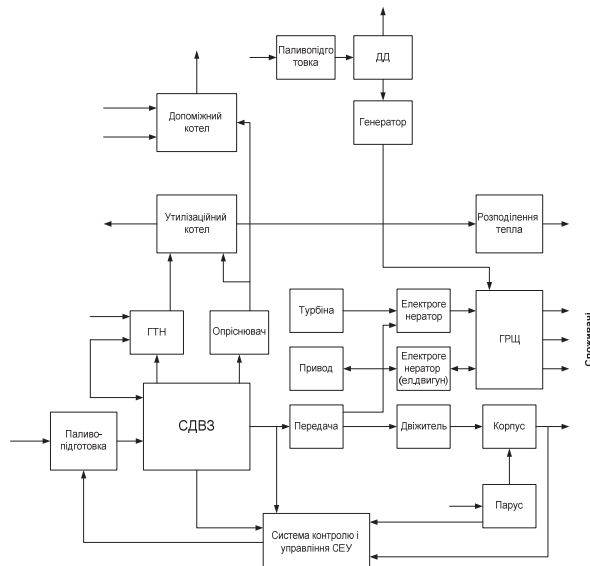


Рис. 1. Структурно-функціональна схема суднової енергетичної установки

Джерело: розроблено авторами.

При розробці технологічної схеми (рис. 1) був використаний принцип функціонування всіх можли-

вих зв'язків при використанні шести технологічних контурів. П'ять, з описаних контурів є взаємозалежними і при деяких режимах експлуатації судна можуть розглядатися як взаємозамінні.

На рис. 1 позначено: ГТН – газотурбонагнітач; СДВЗ – судновий двигун внутрішнього згоряння; ГРЩ – головний розподільний щит; ДГ – дизель-генератор; ДД – допоміжний дизель.

У першому технологічному контурі (рис. 2) при роботі ГЕУ здійснюється перетворення енергії згоряння палива в механічну енергію, яка передається на рушій судна. Рушій за допомогою валопроводу (ВП) приводить корпус судна в рух.



Рис. 2. Перший технологічний контур суднової енергетичної установки

Джерело: розроблено авторами.

Другий технологічний контур (рис. 3) описує процес використання в умовах роботи судна тепла вихлопних газів. Продукти згоряння надходять від ГД в утилізаційний котел, у якому виробляється водяна насичена пара. З утилізаційного котла пар спрямовується на утилізаційний турбогенератор у якому турбіна за рахунок енергії пари обертає генератор, який виробляє електричну енергію. Отримана електроенергія розподіляється в подальшому між усіма судновими споживачами через ГРЩ.

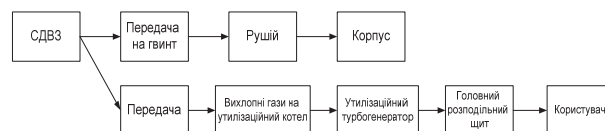


Рис. 3. Другий технологічний контур суднової енергетичної установки

Джерело: розроблено авторами.

Третій технологічний контур (рис. 4) призначений для виробництва електричної енергії для суднових споживачів. При його введенні в робочий процес використовується обертання вала ГД. За рахунок використання редукторного зв'язку обертальний момент від валу двигуна передається на валогенератор електродвигуна. При обертанні ротора електродвигуна починає виробляти електроенергію з її наступною передачею на ГРЩ, після якого вона надходить до споживачів.

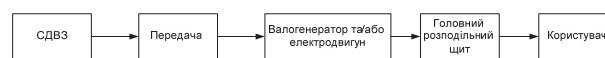


Рис. 4. Третій технологічний контур суднової енергетичної установки

Джерело: розроблено авторами.

Четвертий контур (рис. 5) використовується як контур регенерації тепла відпрацьованих газів (ВГ). Уся теплова енергія ВГ із ДВЗ використовується в утилізаційному котлі, де за рахунок теплообмінних процесів виробляється водяна насичена пара.



Рис. 5. Четвертий технологічний контур суднової енергетичної установки  
Джерело: розроблено авторами.

Перегріта водяна пара далі подається на допоміжну турбіну. За рахунок обертання окремого приводу турбіни уся вироблена енергія у виді обертового моменту через систему редукторів передається на рушій судна – його гвинти.

П'ятий технологічний контур (рис. 6) також працює в режимі регенерації тепла ВГ. У цьому контурі вся теплова енергія, що виробляється СДВЗ, з ВГ передається на утилізаційний котел (УК). В УК відбувається її перетворення в енергію водяної насиченої пари. Пара під тиском у залежності від конструктивного виконання СЕУ судна може в подальшому подаватися або на турбіну або, у випадку її наявності на судні, на утилізаційний турбогенератор. При своєму обертанні турбіна і/або турбогенератор виробляють електричну енергію, що передається через ГРЦ на електродвигун. Електродвигун після початку своєї роботи практично відразу починає передавати енергію на обертання вала рушій судна за допомогою приводу і редукторної передачі.

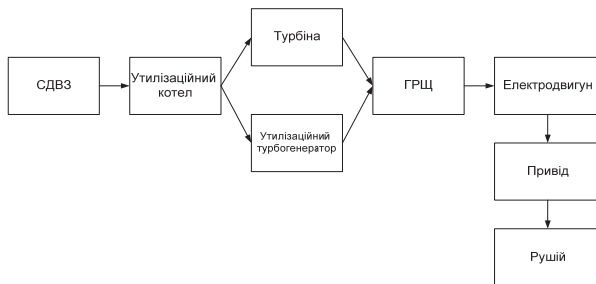


Рис. 6. П'ятий технологічний контур  
Джерело: розроблено авторами.

Останній шостий технологічний контур (рис. 7), може розглядатися, як незалежний від загальної системи пропульсивного комплексу (ПК) судна. При цьому цей технологічний контур призначений для безпосередньої роботи в складі суднової енергетичної установки.

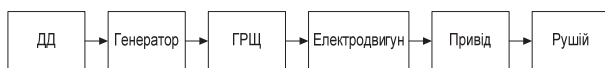


Рис. 7. Шостий технологічний контур  
Джерело: розроблено авторами.

Він працює в такий спосіб. Суднова допоміжна дизельна установка при спалюванні палива обертає генератор електричної енергії. Уся вироблена енергія передається на ГРЦ. З щита в подальшому за необхідністю електроенергія подається до кінцевих споживачів. Також енергія може подаватися на електродвигун, що при своїй роботі через муфтовий привід приводить в обертання редукторну передачу, пов'язану з гвинтовим рушієм судна.

Слід зазначити, що загальним для всіх шести розглянутих технологічних контурів є правило виконання енергетичного балансу між СДВЗ, ГТН та УК. При їх експлуатації завжди повинна виконуватися рівність між затраченою та спожитою енергією у всіх елементах СЕУ з урахуванням можливих сумарних механічних та гідравлічних втрат.

З розвитком науково-технічного прогресу виконання багатьох технологічних операцій на судах автоматизується. Весь комплекс задач управління технологічними комплексами і технічними процесами, такими як стабілізація частоти обертання колінчатого вала суднового дизеля, підтримка напруги та частоти генератора на заданому рівні, стабілізація рівня й температури води в котлах, стабілізація судна на заданому курсі, вирішується на базі обчислювальної техніки.

Для кожного елемента СЕУ передбачається система управління, що забезпечує досягання мети управління – регульованої величини повинна дорівнювати заданому значенню.

Теорія автоматичного управління розділяє системи управління на три групи за принципом регулювання:

- за відхиленням (принцип зворотного зв'язку);
- за заданим впливом (принцип розімкнутого регулювання);
- за збурюючим впливом (принцип компенсації).

Якість систем автоматичного управління (САУ) прямо залежить від обраного алгоритму регулювання.

САУ СЕУ формуються за принципом триступінчастої ієрархічної структури: перший вищий рівень – рівень посту ДАУ у рульовій рубці, другий рівень – центральний пост управління (ЦПУ) й третій рівень – пост управління окремими двигунами та іншими технічними засобами.

Автоматизацію кожного процесу (об'єкта) можна розглядати або самостійно, або як підсистему в системі автоматизації установки в цілому, що, у свою чергу, є підсистемою в системі автоматизації судна. Автоматизацію всього комплексу операцій з управління технологічним (виробничим) процесом, його контроль та захист найчастіше називають комплексною автоматизацією.

Комплексна автоматизація судна дозволяє підвищити технічну безпеку плавання та скоротити чисельність екіпажа. Вона сприяє також збільшенню ресурсу суднових технічних засобів; економії палива завдяки вибору раціональних режимів роботи; скороченню шляху в результаті точності витримування курсу при плаванні; підвищенню надійності механізмів. У задачу комплексної автоматизації входить раціональний розподіл функцій управління та контролю між людиною-оператором та засобами автоматизації.

Складовою частиною системи управління є система централізованого контролю (СЦК). Вона забезпечує індикацію та реєстрацію основних параметрів СЕУ, а також сигналізацію при відхиленні їх від допустимих значень. До складу СЦК входять датчики контрольованих величин, комп'ютер централізованого контролю, що аналізує інформацію від датчиків, і засоби представлення інформації, що поєднують пристрої світлозвукової сигналізації та мнемосхеми. Автоматизація СЕУ й судна в цілому значно полегшує управління судном, але разом з тим ставить новий ряд задач, який необхідно вирішити при створенні автоматизованих судів. СЕУ потрібно комплектувати технічними засобами та обладнанням, пристосованим до безвахтового обслуговування, а також оснащувати їх системами моніторингу, що одночасно є засобами технічної діагностики об'єктів СЕУ.

Управління елементами СЕУ пропонується здійснювати на основі концепції єдиного цифрового рішення, що є невід'ємною частиною або навіть основою єдиної системи управління СЕУ (рис. 8). Представлена система управління є модульною. При модульній побудові весь комплекс розділяється на ряд самостійних підсистем, що вирішують визначені підзадачі з вхідних у головну задачу системи, наприклад, цілеорієнтоване управління СЕУ. Таким чином, модульні системи складаються з блоків - модулів (рис. 9), кожний з яких може функціонувати як самостійно, так і в рамках усієї системи, отримуючи команди з підсистем більш високого рівня.

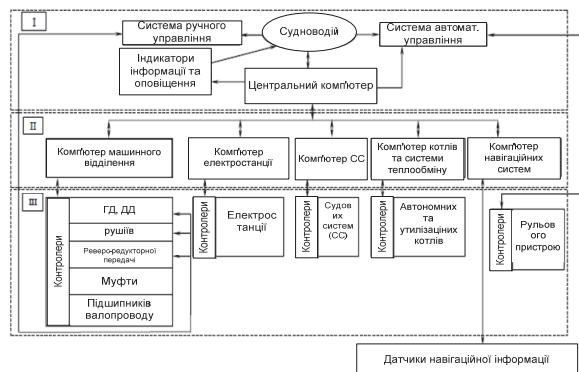


Рис. 8. Модель автоматичного управління судном  
Джерело: розроблено авторами.

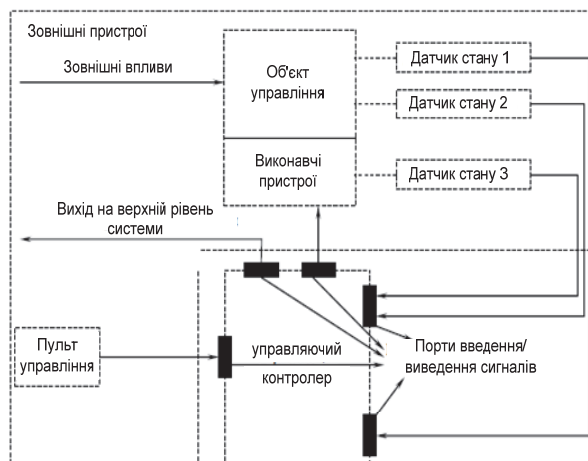


Рис. 9. Блок-схема модуля III рівня  
Джерело: розроблено авторами.

Центральний комп'ютер управління (ЦКУ) I-го (вищого) рівня пов'язаний з комп'ютерами II-го рівня. Періодично ЦКУ здійснює зв'язок з комп'ютерами II-го рівня:

- здійснює збір, обробку інформації про об'єкти управління, передачу команд управління, збереження та відображення інформації про задані змінні, відображає на екрані монітора хід процесу управління у зручному для судноводія вигляді.

Комп'ютери II-рівня формують запити до контролерів III-го рівня, отримують від них оперативну інформацію про хід управління конкретним об'єктом, здійснюють збереження інформації, роблять корекцію необхідних параметрів алгоритмів управління та уставок регуляторів у контролерах III-го рівня, здійснюють передачу і прийом інформації від комп'ютера I-рівня.

Контролери III-го рівня (рис. 9) виконують:

- збір сигналів від датчиків, установлених на об'єктах управління;
- попередню обробку сигналів (фільтрацію і масштабування);
- реалізацію алгоритмів управління і формування керуючих сигналів на виконавчі механізми об'єктів управління;
- передачу і прийом інформації від комп'ютерів II-рівня.

Реалізація сценаріїв управління можлива при використанні моделі системи управління (рис. 8). Для виконання одного з восьми представлених далі сценаріїв ЄЦСУ СЕУ комп'ютер I-го рівня при відповідному намірі судноводія видає команди на комп'ютери II-го рівня про переклад об'єктів СЕУ у відповідному сценарію режими роботи відповідно до прийнятого протоколу управління.

Комп'ютери II-го рівня передають необхідні настройки управління на контролери об'єктів СЕУ.

Зведена таблиця сценаріїв наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Зведена таблиця режимів роботи об'єктів СЕУ при реалізації інтелектуальних сценаріїв управління

Об'єкт СЕУ	Режим роботи СЕУ								
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	
ГД	МП	НП	МЕ	ШР	Макс. ЕБ	МД	ШР	ШР	
РРП	РСВ (ПЗХ)	РСВ (ПЗХ)	РСВ (ПЗХ)	РСВ (ПЗХ)	РСВ (ПЗХ)	РСВ (ПЗХ)	РСВ (ПЗХ)	РСВ (ПЗХ)	
Рушії	Макс. упор	ШР	ШР	ШР	ШР	МД	ШР	ШР	
Допоміжні двигуни	ШР	ШР	МЕ	ШР	Макс. ЕБ	МД	ШР	ШР	
Електростанція	ЗРП	ШР	МЕ	ШР	Макс. ЕБ	ШР	ЗРП	ЗРП	
СС	Осушувальна	ГП	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР	ГП	ШР
	Баластна	ГП	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР	ГП	ШР
	Газопи-вускна	МП	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР
	Венти-ляційна	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР
	Паливна	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР
	Змашу-вання	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР
Стисну-того повітря	ГП	ГП	ШР	ШР	ШР	ШР	ГП	ГП	
Водога-сіння	Водога-сіння	ГП	ГП	ШР	ШР	ШР	ШР	ГП	ШР
	Газового пожежо-гасіння	ГП	ГП	ШР	ШР	ШР	ШР	ГП	ШР
	Аерозо-льного пожежо-гасіння	ГП	ГП	ШР	ШР	ШР	ШР	ГП	ШР
	Піносу-спензійна система пожежо-гасіння	ГП	ГП	ШР	ШР	ШР	ШР	ГП	ШР
	Інша система пожежо-гасіння	ГП	ГП	ШР	ШР	ШР	ШР	ГП	ШР
Система кондиціо-нування повітря та опалення	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР	
Автономні котли	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР	
Утилізатори ВГ	Відкл.	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР	ШР	
Підрулюю-чий пристрій	ГП	Відкл.	Відкл.	Вкл.	ШР	Відкл.	ГП	Вкл.	

Джерело: розроблено авторами.

\*Примітка

ДД – допоміжні двигуни

ШР – штатний режим

ГП – готовність до пуску

МД – максимальна довговічність

ЗРП – з забезпеченням резерву потужності

РСВ (ПЗХ) – Режим судноводія (передній задній хід)

МЕ – Максимальна економічність

МП – Максимальна потужність

НП – Номінальна потужність

Аналіз можливих дій системи з тим або іншим інтелектуальним сценарієм управління показує, що для сценаріїв 1, 2, 4, 6, 7 та 8 додаткові розробки критеріїв результативності, на які повинна бути орієнтована система управління, не потрібні – такими критеріями є:

- для сценарію 1 – максимальна потужність головних двигунів;
- для сценарію 2 – номінальна потужність головних двигунів;
- для сценарію 4 – швидкість руху судна;
- для сценарію 6 – режими роботи об'єктів СЕУ, що забезпечують їх найбільшу довговічність;
- для сценарію 7 – попередження погроз безпеки судна або ліквідація таких погроз;
- для сценарію 8 – автоматичне управління; критерій результативності такого управління не потрібен.

Однак для сценаріїв 3 і 5 критерії результативності автоматичного управління потрібні і такими, на думку автора, можуть бути: для сценарію 3 – енергетична ефективність, а для сценарію 5 – екологічна ефективність судна.

## Висновки

В результаті дослідження в статті розроблені моделі та сценарії управління судовою енергетичною установкою. Таких моделей всього вісім, кожна з яких характеризується станом внутрішнього та зовнішнього середовища.

Обґрунтована структура єдиної комплексної цілеспрямованої системи управління СЕУ, доведено, що при даному рівні розвитку мікропроцесорної техніки та інформаційних технологій можлива реалізація її у складі конкретного судна як на етапі проектування, так і на етапі модернізації.

Підсумком виконаного дослідження є формування праобразу можливого розвитку майбутньої ситуації в інтелектуального управління СЕУ та у напрямку підвищення енергетичної й екологічної ефективності суден.

Отримані результати досліджень можуть бути використані при розробці елементів штучного інтелекту, що здійснює функції правління СЕУ в різних експлуатаційних ситуаціях.

## Список літератури

1. Безюков О. К. Методы оценки научно-технического уровня судов, энергетических установок и контрольно-измерительных приборов. *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова*. 2015. № 5(33). С. 119-130.
2. Васильев С. Н. От классических задач регулирования к интеллектуальному управлению. *Теория и системы управления*. 2001. № 1. С. 5-22.
3. Ерофеев В. Л. Основы энергосбережения. Энергетическая эффективность водного транспорта : монография. Санкт-Петербург : Судостроение, 2006. 220 с.
4. Сахаров В. В. Модели и алгоритмы оптимизации технологических процессов на объектах водного транспорта в среде MATLAB : монография. Санкт-Петербург : ГУМРФ им. С. О. Макарова, 2015. 436 с.
5. Рудницкий А. В. Стохастические модели оценки эксплуатационной готовности в системе управления технической эксплуатацией группы судов. *Вестник Волжской государственной академии водного транспорта*. 2016. № 49. С. 61-68.
6. Ищенко А. С. Интеллектуальная поддержка принятия решения в задаче контроля и управления работой главного судового двигателя. *Вестник Волжской государственной академии водного транспорта*. 2005. № 14. С. 49-54.
7. Gupta M. M. Intelligent control systems: theory and applications / ed. by M. M. Gupta, N. K. Sinha. New York : IEEE, 1996. 820 p.
8. Sutton R. S. Reinforcement Learning : An Introduction. London : The MIT Press, 1998. 322 p.
9. Климов Е. Н., Логинов О. В. Основы методики системно-квалиметрического анализа и сравнительной оценки качества главных судовых дизельных энергетических установок / под ред. О. К. Безюкова. Санкт-Петербург : ПаркКом, 2006. С. 99-104.
10. Афромеєв Э. А. Критерии технического совершенства судов. *Судостроение*. 2005. № 6. С. 14-17.
11. Агеев В. И. Контрольно-измерительные приборы судовых энергетических установок: устройство, эксплуатация, эффективность: справочник. Ленинград : Судостроение, 1985. 416 с.
12. Андрианов Ю. М., Субетто А. И. Квалиметрия в приборостроении и машиностроении. Ленинград : Машиностроение, 1990. 223 с.

Надійшла до редколегії 20.10.2021

Схвалена до друку 14.12.2021

### Відомості про авторів:

#### Дакі Олена Анатоліївна

доктор технічних наук професор  
директор Дунайського інституту водного транспорту  
Державного університету інфраструктури та технологій,  
Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-3932-462X>

#### Колесник Василь Васильович

кандидат технічних наук старший науковий співробітник  
доцент кафедри  
Дунайського інституту водного транспорту  
Державного університету інфраструктури та технологій,  
Ізмаїл, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-4814-2388>

#### Дорофєєва Зоя Яковлівна

старший викладач кафедри  
Дунайського інституту водного транспорту  
Державного університету інфраструктури та технологій,  
Ізмаїл, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-3354-578X>

#### Тришин В'ячеслав Валентинович

старший викладач кафедри  
Дунайського інституту водного транспорту  
Державного університету інфраструктури та технологій,  
Ізмаїл, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-7562-2662>

### Information about the authors:

#### Olena Daki

Doctor of Engineering Science Professor  
Director of Danube Institute of Water Transport State  
University of Infrastructure and Technologies,  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-3932-462X>

#### Vasyl Kolesnyk

PhD in Engineering Senior Researcher  
Associate Professor  
of Danube Institute of Water Transport State University  
of Infrastructure and Technologies,  
Izmail, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-4814-2388>

#### Zoia Dorofieieva

Senior Lecturer  
of Danube Institute of Water Transport State University  
of Infrastructure and Technologies,  
Izmail, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-3354-578X>

#### Viacheslav Tryshyn

Senior Lecturer  
of Danube Institute of Water Transport State University  
of Infrastructure and Technologies,  
Izmail, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-7562-2662>

**МОДЕЛЬ И СЦЕНАРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ  
СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ**

Е.А. Даки, В.В. Колесник, З.Я. Дорофеева, В.В. Тришин

Судовые энергетические установки оснащаются системами контроля, мониторинга (контроллерами, датчиками, сенсорами) и управления (микропроцессорными системами, информационно управляющими системами). Дальнейшим шагом технического прогресса в судостроении является создание интеллектуальных информационных систем и аппаратных средств, способных компенсировать влияние человеческого фактора на процесс эксплуатации сложного судового оборудования. С помощью данных систем будет решаться задача контроля технического состояния систем судовой энергетической установки, выбор режимов оптимального управления, предупреждение и устранение аварийных ситуаций. Ядром интеллектуальной системы управления становится база знаний, содержащая сценарии, модели и правила управления. В результате исследования в статье разработаны модели и сценарии управления судовой энергетической установкой. Таких моделей всего восемь, любая из которых характеризуется состоянием внутренней и наружной среды. Обоснована структура единой комплексной целенаправленной системы управления СЭУ, доказано, что при данном уровне развития микропроцессорной техники и информационных технологий возможна реализация ее в составе конкретного судна как на этапе проектирования, так и на этапе модернизации. Итогом выполненного исследования является формирование прообраза возможного развития будущей ситуации в интеллектуальном управлении СЭУ и в направлении повышения энергетической и экологической эффективности судов. В результате исследования в статье разработаны модели и сценарии управления энергетической установкой. Таких моделей всего восемь, любая из которых характеризуется состоянием внутренней и наружной среды. Обоснована структура единой комплексной целенаправленной системы управления СЭУ, доказано, что при данном уровне развития микропроцессорной техники и информационных технологий возможна реализация ее в составе конкретного судна как на этапе проектирования, так и на этапе модернизации. Полученные результаты исследований могут использоваться при разработке элементов искусственного интеллекта, осуществляющего функции управления СЭУ в различных эксплуатационных ситуациях.

**Ключевые слова:** информационные технологии, интеллектуальные технологии, модели знаний, судовые энергетические установки.

**MODEL AND SCENARIOS OF AUTOMATIC CONTROL OF SHIP POWER PLANT**

O. Daki, V. Kolesnyk, Z. Dorofieieva, V. Tryshyn

Ship power plants are equipped with control, monitoring (controllers, sensors, sensors) and control systems (microprocessor systems, information and control systems). The next step in technical progress in shipbuilding is the creation of intelligent information systems and hardware that can compensate for the impact of the human factor on the operation of complex ship equipment. With the help of these systems the task of control of the technical condition of the systems of the ship's power plant, selection of the modes of optimal control, prevention and elimination of emergency situations will be solved. The core of the intelligent management system is a knowledge base containing scenarios, models and management rules. As a result of research in the article models and scenarios of management of the ship power plant are developed. There are only eight such models, each of which is characterized by the state of the internal and external environment. The structure of the only complex purposeful control system of SEU is proved, it is proved that at the given level of development of microprocessor equipment and information technologies its realization as a part of the concrete vessel both at a design stage, and at a modernization stage is possible. The result of the study is the formation of a prototype of the possible development of the future situation in the intellectual management of SEU and in the direction of improving the energy and environmental efficiency of ships. As a result of research in the article models and scenarios of management of the judicial power plant are developed. There are only eight such models, each of which is characterized by the state of the internal and external environment. The structure of the single complex purposeful control system of SEU is proved, it is proved that at the given level of development of microprocessor equipment and information technologies its realization as a part of the concrete vessel both at a design stage, and at a modernization stage is possible. The obtained research results can be used in the development of elements of artificial intelligence, which performs the control functions of the SEU in different operational situations.

**Keywords:** information technologies, intelligent technologies, knowledge models, ship power plants.