

DOI: 10.18372/2310-5461.41.13538

УДК 519.873(045)

**З. Я. Дорофєєва**

Дунайський факультет морського та річкового транспорту  
Державного університету інфраструктури та технологій  
orcid.org/ 0000-0003-3354-578X  
e-mail: dorofeevaZ@ukr.net;

**В. В. Трішин**

Дунайський факультет морського та річкового транспорту  
Державного університету інфраструктури та технологій  
orcid.org/ 0000-0001-7562-2662  
e-mail: trishin VV@gmail.com;

**Н. С. Урум**

Дунайський факультет морського та річкового транспорту  
Державного університету інфраструктури та технологій  
orcid.org/ 0000-0003-2493-9314  
e-mail: urumN@gmail.com

## МЕТОД КОНТРОЛЮ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДНОВОГО ОБЛАДНАННЯ

### Вступ

Серед важливих завдань в напрямку удосконалення експлуатації за технічним станом є вдосконалення системи збору, обробки та аналізу інформації про технічний стан і надійність суден.

Як відомо, вибір показників для оцінки ефективності процесу, що досліджується, є відповідальним етапом аналізу, від якості якого залежать результати аналізу та об'єктивність вибору раціональних (оптимальних на сучасний період) рішень.

### Аналіз останніх досліджень та публікацій

У зв'язку з цим на сучасний період в літературі, що присвячена техніко-економічному аналізу ефективності експлуатації складних технічних систем (СТС), склались три основних підходи [1–5]: оцінювання ефективності за одним узагальненим показником (монокритеріальна або скалярна); оцінка за рядом показників (полікритеріальна або векторна); оцінювання за системою показників з виділенням групи загальних, найбільш важливих показників.

### Постановка завдання дослідження

Таким чином, необхідне вдосконалення методики контролю ефективності процесу технічної експлуатації суднового обладнання з урахуванням впливу інтенсивності експлуатації і умов, що змінюються через вибір відповідних показників.

*Метою* статті є вдосконалення методики контролю ефективності процесу технічної ек-

сплуатації суднового обладнання з урахуванням впливу інтенсивності експлуатації.

Удосконалення методики здійснюється за рахунок порівняння отриманих значень показників надійності за період експлуатації, з відповідними значеннями показників за попередні періоди, що дозволить здійснити якісну оцінку рівня надійності по відношенню до попередніх періодів експлуатації суднових комплексів (СК).

### Вибір показників ефективності процесу технічної експлуатації суднового обладнання

Під ефективністю будь-якої технічної системи розуміють ступінь повноти реалізації задачі, що поставлена перед нею, та величину витрат, пов'язаних з її реалізацією при визначених умовах експлуатації та інтервалу часу.

Ефективність характеризується інтенсивністю свого прояву, міру якої називають *показником ефективності* [2].

Таким чином показник ефективності  $W$  є мірою ступеню відповідності реального результату  $Y$ , результату, що вимагається (мети)  $Y_v$ . У свою чергу, виходячи з мети підсистеми відновлення бортового обладнання судна [4], досягнення мети процесу технічного обслуговування (ТО і Р), а значить і процесу технічної експлуатації (ПТЕ) СК пов'язано з витратами різноманітних ресурсів: матеріальних  $C$ , трудових  $T_r$ , фінансових  $F$ , часових  $T$  тощо. Тому при оцінці ефективності процесу відновлення об'єктів суднового обладнання необхідно враховувати, крім цільового

результату  $g$ , й витрати різноманітних ресурсів, що мали місце при виконанні операцій.

Звідси слідує, що показники ефективності експлуатаційних режимів об'єктів суднового обладнання повинні мати техніко-економічний характер [6].

Таким чином, реальний результат  $Y$  процесу технічного обслуговування, що досліджується, являє собою  $R$ -вимірний вектор характеристик результату процесу технічної експлуатації, що включає відповідні групи компонент  $R = r_1 + r_2 + r_3 + \dots$ .

Тобто, результат, що вимагається, також повинен бути представлений вектором ціліполювання,

$$Y_B^{(R)} = (g_B^{(r_1)}, C_B^{(r_2)}, T_B^{(r_3)}, \dots), \quad (1)$$

що задає межі допустимих значень відповідних показників  $Y_B^{(R)}$  реального результату процесу експлуатації, що досліджується.

Часткові показники  $W_r, r = \overline{1, R}$  ефективності використання, надійності (безвідмовності), економічної, соціальної та інших видів ефективності формують векторний показник ефективності відновлення об'єктів суднового обладнання у процесі технічного обслуговування

$\vec{W}(u) = (W_1(u), W_2(u), \dots, W_r(u), \dots, W_R(u)), r = \overline{1, R}$ , де  $R$  — загальна кількість часткових показників ефективності процесу відновлення.

Показники при оцінюванні ефективності процесу технічної експлуатації судна, а отже і процесу функціонування системи відновлення СК, як правило, умовно розділяють на показники технічної ефективності та показники економічної ефективності [6; 7].

### Показники технічної ефективності

Відповідно до мети функціонування системи ремонту під ефективністю системи відновлення бортового обладнання судна будемо розуміти її спроможність підтримувати на заданому рівні готовність судна до виконання завдань за призначенням.

Для оцінки надійності технічних виробів використовуються встановлені стандартами показники [1–4].

Таким чином, завдання зводиться до вибору показників, що дозволяють кількісно оцінити якість системи відновлення та її вплив на ефективність процесу технічної експлуатації об'єктів СК.

Властивість системи технічного обслуговування і ремонту судна виконувати поставлене завдання щодо безперервного підтримання заданого ступеню готовності СК до виконання завдань визначається її ефективністю, що включає

технічну досконалість конструкції та експлуатаційну надійність суднових комплексів.

Чисельні дослідження, що присвячені оцінці ефективності процесу технічної експлуатації судна [1; 2], доводять, що готовність СК до застосування значною мірою визначається її надійністю. Причому під надійністю залежно від мети дослідження розуміється сполучення таких складових як: безвідмовність, ремонтпридатність, довговічність та збережуваність.

Оскільки основною функцією системи відновлення є переведення об'єкту ремонту до працездатного стану, логічно припустити, що система відновлення впливає на ефективність об'єкта через характеристики його надійності.

З іншого боку, основною вимогою при виборі показника ефективності є відповідність показника меті дослідження, а метою даного дослідження є удосконалення системи технічного обслуговування і ремонту СК, тому згідно рекомендацій в якості основного показника маємо обрати один з показників надійності.

Усі складові надійності оцінюються за допомогою кількісних характеристик.

До властивості безвідмовність відносяться такі показники, як: імовірність безвідмовної роботи  $P(t)$ , інтенсивність відмов  $\lambda(t)$ , параметр потоку відмов  $\xi(t)$ , середнє напрацювання до відмови  $T_\xi$ , середнє напрацювання на відмову  $T_B$ .

Властивість довговічності характеризують показники: середній ресурс  $T_\Sigma$ , експлуатаційний ресурс (середній термін служби)  $T_e$ , гамма-процентний термін служби  $T_{\gamma e}$ .

Властивість ремонтпридатність характеризують показники: імовірність відновлення  $P_B$ , інтенсивність відновлення  $\lambda_B(t)$ , середня тривалість відновлення  $T_{\text{від}}$ .

З наведеного вище випливає, що одиничні показники надійності (наприклад, ремонтпридатність) характеризують тільки одна з властивостей технічного об'єкта, в той час як комплексні показники характеризують деякі властивості, і в подальшому будуть використовуватися в якості основних для оцінки ефективності таких складних об'єктів, як судно а також його функціональних систем. До цих показників відносяться коефіцієнт готовності  $K_r$ , коефіцієнт оперативної готовності  $K_{o,r}$  та коефіцієнт технічного використання, коефіцієнт збереження ефективності  $K_{t,b}$  [1].

Коефіцієнт готовності прийнято визначати як імовірність того, що об'єкт буде залишатися в працездатному стані у будь-який момент часу,

крім запланованих періодів, протягом яких використання об'єкта за призначенням не передбачено [2].

Поряд з цим, для будь-яких законів розподілу напрацювання між відмовами і часу відновлення можна довести, що стаціонарний коефіцієнт готовності має вигляд

$$K_r = \frac{M(T_b)}{M(T_b) + M(T_{\text{від}})}, \quad (2)$$

де  $M(T_b)$  — математичне очікування часу знаходження суднового обладнання в справному стані;  $M(T_{\text{від}})$  — математичне очікування часу відновлення суднового обладнання.

Для дослідження впливу впроваджених методів та режимів технічного обслуговування і ремонту на ефективність процесу технічної експлуатації застосовують ще один комплексний показник надійності — коефіцієнт технічного використання, який дорівнює відношенню математичного очікування часу перебування об'єкта в працездатному стані за деякий період експлуатації до суми математичного очікування часу перебування об'єкта в працездатному стані і сумарного часу простоїв у всіх видах профілактичних і ремонтних робіт

$$K_{\text{тв}} = \frac{M(T_0)}{M(T_0) + M(T_{\text{пр}})}, \quad (3)$$

де  $M(T_{\text{пр}})$  — сума математичних очікувань часу простою об'єкта на періодичних, регламентних, сезонних роботах, під час проведення доробок, ремонтів, ліквідації несправностей тощо.

Проведений аналіз переваг та недоліків зазначених вище показників технічної ефективності показує, що у якості показника, який характеризує ефективність організаційних структур, з точки зору забезпечення необхідного рівня готовності суднового обладнання до застосування, доцільно вибрати стаціонарний коефіцієнт готовності  $K_r$ , що характеризує готовність суднового обладнання до застосування в довільний в достатньої мірі віддалений проміжок часу та визначений [7] як «значення коефіцієнта готовності, визначене для умов роботи об'єкта, коли середній параметр потоку відмов і середня тривалість відновлення залишаються сталими».

Стаціонарний коефіцієнт готовності є комплексним показником надійності, що характеризує одночасно дві різних властивості об'єкту — безвідмовність та ремонтпридатність.

Зрозуміло, що при використанні цього показника вплив системи відновлення визначає середній час відновлення, що залежить від багатьох факторів [4].

## Показники економічної ефективності

Наступним завданням є вибір показника, що дає кількісну оцінку того, якою ціною досягнуто те чи інше значення стаціонарного коефіцієнта готовності для обраного варіанту організації системи відновлення.

Під економічними показниками складної технічної системи розуміють показники, що характеризують витрати на розробку, виготовлення та експлуатацію виробу, а також економічну ефективність його експлуатації [8].

За кордоном, починаючи з 70-х років у практиці проектування та експлуатації суднових комплексів знайшов застосування метод оцінки ефективності концепцій, що розроблюються за показником «вартість життєвого циклу» [4–9].

Під вартістю життєвого циклу системи конкретного типу розуміється інтегральні дисконтовані витрати на її розробку, виробництво та експлуатацію.

Під життєвим циклом (ЖЦ) системи розуміється календарний період часу, що охоплює стадію наукових досліджень, розробки та випробувань, стадію виробництва потрібної кількості систем та стадію експлуатації.

Провідними закордонними суднобудівними фірмами було розроблено ряд методів щодо оцінки вартості ЖЦ судна та двигунів на підставі математичних моделей, що дозволяють розрахувати вартісні показники на електронно-обчислювальних машинах (ЕОМ). Так, за матеріалами закордонних джерел [6–8] відома аналітична модель вартості ЖЦ судна і двигунів суден, яка використовувалась для оптимізації тактико-технічних параметрів перспективних суден, а також експлуатаційно-технічних характеристик до них.

Як правило, показник вартості життєвого циклу використовується в якості цільової функції для оптимізації процесів розробки, виробництва та експлуатації об'єктів суднового обладнання на етапі її створення [8]. Він являє собою комплексний показник, що дає змогу найбільш повною мірою врахувати витрати та ефекти на всіх стадіях життєвого циклу.

Оскільки судові системи не є виробничою сферою і не дають позитивного економічного ефекту в результаті свого функціонування, то для оцінки економічної ефективності функціонування системи експлуатації суднового обладнання доцільно використовувати лише ті показники, що відображають величину різних видів витрат (матеріальних  $C$ , енергетичних  $E$ , трудових  $T_r$ , фінансових  $F$  та ін.), поданих у тому або іншому вигляді (абсолютному, відносному, питомому, приведеному), на досягнення певного результату [1–3].

У працях [2; 4; 5] запропоновано оцінювати економічну ефективність процесу технічної експлуатації об'єктів суднового обладнання у параметрах вартості та трудомісткості технічного обслуговування.

Питома трудомісткість технічного обслуговування (ТО) (коефіцієнт трудомісткості ТО) — є математичне очікування сумарних трудовитрат на проведення технічного обслуговування об'єкта СК за визначений період експлуатації до математичного очікування наробітку об'єкта за цей період [1].

Питома трудомісткість ремонтів (коефіцієнт трудомісткості ремонтів) — це математичне очікування сумарних трудовитрат на проведення всіх видів ремонтів об'єктів СК за визначений період експлуатації до математичного очікування наробітку об'єкта за той же період [10].

Очевидно, що ці в параметрах вартості ТО будуть відповідати питомій вартості технічного обслуговування та питомій вартості ремонтів об'єкта СК відповідно.

Для комплексної оцінки процесу технічної експлуатації об'єктів суднового обладнання з точки зору їх економічної ефективності незалежно від прийнятої стратегії ТО і Р судна використовують показник питомих витрат процесу технічної експлуатації як відношення математичного очікування витрат процесу технічної експлуатації об'єкта за період експлуатації, виражених в параметрах вартості або трудомісткості, до математичного очікування наробітку об'єкта за той самий період.

Приймаючи до уваги мету дослідження, при визначенні витрат на відновлення СК під час експлуатації внаслідок того, що процес відновлення СК не впливає на режими і прийняту стратегію ТО і Р, урахування витрат на проведення оперативних, періодичних, сезонних робіт, планових ремонтів та доробок не має сенсу. Крім того при виборі того чи іншого варіанту організації процесу відновлення більш важливе є визначення прямих витрат системи відновлення на досягнення заданого рівня справності СК.

Система відновлення СК судна як складова частина системи технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) суден має суттєвий вплив на кількісні та якісні характеристики обмінного фонду СК [4; 5]. Тому, при визначенні витрат на відновлення СК необхідно врахувати витрати системи забезпечення (постачання) на створення, збереження, транспортування та поповнення обмінного фонду СК.

Таким чином витрати на відновлення СК судна під час експлуатації пропонується визначати

як сумарні витрати системи відновлення та системи постачання.

Вартість відновлення складних технічних систем, що складаються зі значної кількості блоків, модулів, плат або інших конструктивно-змінних одиниць (КЗО), не враховуючи вартість робіт щодо пошуку та усунення відмови блока в експлуатуючій організації.

На підставі аналізу існуючих показників ефективності складних технічних систем та мети дослідження пропонується оцінювати вплив системи відновлення СК судна на ефективність процесу їх технічного обслуговування і ремонту за допомогою наступних показників [4]: стаціонарного коефіцієнту готовності судна; середньої сумарної вартості відновлення СК судна за період, що розглядається; середньої кількості замін (відновлень) об'єктів СК за визначений період експлуатації.

Таким чином, обрано основні показники ефективності функціонування системи відновлення суднового обладнання, які повністю відображають її вплив на ефективність процесу ТО і Р суден, що експлуатуються.

#### **Порівняльний аналіз підходів та методів оцінки показників ефективності процесу експлуатації суднових комплексів**

Існуючі підходи до оцінки техніко-економічної ефективності об'єктів суднового обладнання розрізняються за ступенем урахування сукупності об'єктів, що досліджуються, та періоду їх функціонування [12–14].

Як показує практика техніко-економічної оцінки складних технічних об'єктів, визначають чотири підходи, за якими останній розглядається [10]: як одиничний об'єкт; у сукупності парку однотипних об'єктів; у складі визначеної експлуатуючої організації; у системі сукупності організацій, що експлуатують однотипні об'єкти.

Перший та третій підходи, як правило, відносяться до постановки завдання у статистиці, тобто відносно якогось фіксованого моменту часу, другий та четвертий підходи пов'язані з динамічними методами вирішення завдання щодо оцінки техніко-економічної ефективності технічних об'єктів.

Вибір конкретного підходу визначається метою завдання, що вирішується.

Крім того, аналіз даних підходів показує, що вибір конкретного з них суттєво залежить від повноти та обсягу вихідної інформації щодо процесу, який розглядається, технічної експлуатації (ПТЕ) технічних об'єктів на момент проведення дослідження. Деталізована та повна вихідна інформація про процес, що досліджується,

дозволяє отримати на виході більш достовірні і повні характеристики функціонування об'єкта та прийняти найбільш обґрунтовані рішення щодо управління технічним станом об'єктів експлуатації. Однак на практиці маємо лише обмежений обсяг вихідних даних, що як правило, визначається етапом життєвого циклу об'єкта експлуатації, на якому проводяться дослідження. Так, наприклад, на етапі розробки технічного об'єкту в розпорядженні мається найменший обсяг інформації щодо реальних експлуатаційно-технічних характеристиках нового об'єкта, в той час як на етапі масової серійної експлуатації на підставі результатів статистичного оцінювання процесу функціонування парку однотипних об'єктів мається найбільш повна та достовірна інформація.

У зв'язку з цим доцільно використовувати різні підходи до техніко-економічної оцінки процесу технічної експлуатації об'єктів СК.

З аналізу літератури, що присвячена техніко-економічній оцінці об'єктів СК [12; 13], методи, що використовуються сьогодні для прогнозування показників їх ефективності на різних стадіях життєвого циклу, умовно поділяють на три групи.

1. Методи, що ґрунтуються на зборі статистичної інформації та оцінці фактичних значень показників техніко-економічної ефективності існуючих зразків технічних об'єктів, а також методів екстраполяції і інтерполяції, що ґрунтуються на використанні принципу аналогії для об'єктів, що створюються. В основі цих методів є дослідження взаємозв'язку основних експлуатаційно-технічних характеристик об'єктів-аналогів (прототипів) з показниками техніко-економічної ефективності, екстраполяції та інтерполяції цих зв'язків на параметри об'єктів, що досліджуються.

2. Структурно-логічні методи та схеми прийняття рішення (методи експертизи), що полягають у визначенні тенденцій зміни показників техніко-економічної ефективності на підставі експертних оцінок. При цьому використовується анкетування, метод виражених оцінок, метричні методи, метод парних оцінок та ін.

3. Методи математичного моделювання, що дозволяють дослідити динаміку показників ефективності при зміні основних експлуатаційно-технічних характеристик об'єктів СК, режимів його ТО і Р, стратегії експлуатації.

Кожний з вказаних методів має свої переваги та недоліки, що й визначають ступінь їх застосовності для прогнозування показників ефективності на тих чи інших стадіях життєвого циклу судна. Так для прогнозування техніко-економічних показників на стадіях розробки та виробництва найчастіше використовується у вітчизняній та у закордонній практиці методи аналогії та

експертних оцінок, в той час як для прогнозування витрат на експлуатацію та ремонт використовуються різні методи моделювання [11; 12].

Основним недоліком методів першої групи є необхідність практичної реалізації методів та режимів ТО і Р для отримання статистичних даних, що пов'язано з ризиком значних матеріальних втрат.

Структурно-логічні методи досить прості для застосування, але вимагають значної кількості експертів для розробки відповідних схем прийняття рішень, що не завжди можливо. Крім того, цим методам притаманні такі недоліки: суб'єктивність поглядів залучених фахівців; неможливість оцінки адекватності рішень, що приймаються; вирішення задачі тільки на якісному рівні без кількісної оцінки показників ефективності.

Основним інструментом дослідження ефективності процесів технічної експлуатації в умовах бурного розвитку електронно-обчислювальної техніки є методи третьої групи [7]. Розрізняють аналітичні, імітаційні та комбіновані математичні моделі.

Імітаційні моделі процесів експлуатації ґрунтуються на імітуванні, як правило, за допомогою ЕОМ, накопичення виробами наробітку, проведення операцій з ТО і Р, списання, формування запасів тощо [9; 10]. Імітаційні моделі значною мірою адекватні процесам, що досліджуються, але вимагають значно більшого обсягу вихідної інформації ніж аналітичні, часу підготовки вихідних даних та розрахунку [11].

Методи імітаційного моделювання дозволяють порівняльно просто кількісно оцінити ефективність процесу експлуатації технічних систем побудовою складних моделей, а також вдало доповнювати аналітичні методи рішення у разі громіздкості останніх. Але імітаційне моделювання має такі суттєві недоліки: неможливість одержання оптимальних рішень у компактному математичному вигляді; низька наочність; великий обсяг обчислень.

Найбільш повно вдається дослідити ефективність процесу експлуатації складних технічних систем (СТС) застосуванням аналітичних моделей.

Аналітичні моделі (в дискретній або неперервній формі) процесів функціонування СТС, що використовують апарат теорії відновлення, теорії випадкових процесів, послідовного аналізу, теорії управління запасами, математичного програмування дозволяють вирішувати широке коло задач, що обмежено складнощами обчислювального характеру. Розвиток обчислювальної техніки дозволив сформулювати та реалізувати на ЕОМ більш складні аналітичні моделі процесів експлуатації СТС, що являють собою систему

інтегро-диференціальних рівнянь, що зводяться до рекурентних різницевих процедур і вирішуються числовими методами [12].

В аналітичних моделях процес функціонування об'єкта дослідження представляється у вигляді деяких функціональних співвідношень або логічних умов. При цьому найбільш повне дослідження вдається провести при отриманні явних залежностей, що зв'язують шукані показники ефективності з параметрами, що характеризують процес технічної експлуатації, і початковими умовами дослідження.

Проведений аналіз свідчить про те, що найбільш раціональним підходом до оцінки та прогнозування показників техніко-економічної ефективності процесу технічної експлуатації СК судна при оцінюванні ефекту від впровадження апаратно-програмних засобів контролю та діагностування його технічного стану (АСК), впливу різних експлуатаційних факторів, режимів ТО і Р, альтернативних стратегій відновлення судових комплексів є математичне моделювання процесу, що досліджується.

### Висновки

Для оцінки ефективності процесу технічної експлуатації суден розроблена та застосовується велика номенклатура показників. Тому для здійснення комплексної оцінки впливу процесу відновлення демонтованого внаслідок відмови судового обладнання судна на техніко-економічну ефективність процесу технічної експлуатації суден необхідно використовувати векторний показник ефективності, що містить низку часткових показників використання, надійності та економічної ефективності з відокремленням групи загальних, найбільш важливих показників.

Порівняльний аналіз різних методів та підходів показав, що задачу оцінки та прогнозування показників техніко-економічної ефективності процесу технічної експлуатації сучасних судових комплексів з урахуванням різноманітних експлуатаційних факторів, прийнятої стратегії їх ТО і Р необхідно вирішувати з використанням концепції математичного моделювання.

Отримані в результаті обробки інформації значення показників надійності за період експлуатації, як правило, порівнюються з відповідними значеннями показників за попередні періоди. Такий підхід дозволяє здійснити якісну оцінку рівня надійності по відношенню до попередніх періодів експлуатації. При цьому, як зазначено вище, не враховується вплив на статистичну оцінку показника інтенсивності експлуатації.

Статистичні дані про відмови та несправності одержувані при нестабільних умовах спостережень, значно впливає на точність і достовірність

оцінки. Одним з часткових завдань дослідження є вдосконалення методики статистичного контролю надійності агрегатів судового устаткування з урахуванням впливу інтенсивності експлуатації і умов, що змінюються спостережень.

### ЛІТЕРАТУРА

1. **Мясников Ю. Н.** Надежность и техническая диагностика судовых энергомеханических систем. СПб: Издательство Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт имени академика А. Н. Крылова», 2008. 183 с.
2. **Система** технического обслуживания и ремонта техники: ГОСТ 18322:78. [Действующий с 1979-01-07]. М. : Государственный комитет СССР по стандартам, 1978. 14 с.
3. **Барлоу Р.,** Прошан Ф. Статистическая теория надежности и испытания на безотказность; пер. с англ. И. А. Ушакова. М. : Наука, 1985. 328 с.
4. **Barlow R. E.** Engineering reliability. ASA. SIAM, Philadelphia, USA. 1998. 196 p.
5. **Anthony M. Smith.,** Glenn R. Hincheliffe. Smith A. M. RCM: gateway to world class maintenance. Elsevier Inc., Burlington, USA. 2004. 340 p.
6. **Надійність** техніки. Експериментальне оцінювання та контроль надійності. Основні положення: ДСТУ 2864 : 94. [Чинний від 1996-01-01]. К. : Держстандарт України, 1995. 30 с.
7. **Надійність** техніки. Терміни та визначення: ДСТУ 2860 : 94. [Чинний від 1996-01-01]. К. : Держстандарт України, 1995. 79 с.
8. **Надійність** техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги: ДСТУ 2862:94. [Чинний від 1994-12-08]. К. : Держстандарт України, 1994. 38 с.
9. **Артюшин Л. М.,** Зиатдинов Ю. К., Попов И. А., Харченко А. В. Большие технические системы: проектирование и управление. Харьков. Факт, 1997. 400 с.
10. **Богомья В. И.,** Давыдов В. С., Доронин В. В., Пашков Д. П., Тихонов И. В. Навигационное обеспечение управления движением суден (учебное пособие). Изд.1-е. Київ. ДВВП «Компас», 2012. 336 с.
11. **Богомья В. І.,** Горбань А. В., Павленко М. А., Тимочко О. І., Тимошук О. М. За заг. ред. О. М. Тимошук. Особливості системного підходу до вирішення наукових завдань експлуатації судового обладнання. Київ. ДУІТ, 2018. 305 с.
12. **Игнатов М. И.** и др. Технико-экономический анализ машин и приборов. М. : Машиностроение, 1985. 248 с.
13. **Коваленко И. Н.** Вероятностный расчет и оптимизация. Отв. ред. В. С. Королюк. К. : Наукова думка, 1989. 192 с.
14. **Аврамчук Е. Ф.,** Вавилов А. А., Емельянов С. В. и др. Технология системного моделирования / М.: Машиностроение; Берлин: Техник, 1988. 520 с.

**Дорофєєва З. Я., Трішин В. В., Урум Н. С.**

## **МЕТОД КОНТРОЛЮ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДНОВОГО ОБЛАДНАННЯ**

*Серед важливих завдань в напрямку удосконалення експлуатації за технічним станом є вдосконалення системи збору, обробки та аналізу інформації про технічний стан і надійності судів.*

*У статті стверджується, що вибір показників для оцінки ефективності процесу технічної експлуатації є відповідальним етапом аналізу, від якості якого залежать результати аналізу та об'єктивність вибору раціональних рішень. У зв'язку з цим на сучасний період в літературі, що присвячена техніко-економічному аналізу ефективності експлуатації складних технічних систем, склались три основних підходи: оцінювання ефективності за одним узагальненим показником (монокристаліна або скалярна); оцінка за рядом показників (полікристаліна або векторна); оцінювання за системою показників з виділенням групи загальних, найбільш важливих показників.*

*Своєчасне виявлення моментів виникнення деградаційних процесів, що визначають терміни переходу в граничний стан і є індивідуальними для кожного типу виробів, є основною метою контролю рівня надійності техніки на даному етапі її експлуатації.*

*Для оцінки ефективності процесу технічної експлуатації суден розроблена та застосовується велика номенклатура показників. Тому для здійснення комплексної оцінки впливу процесу відновлення демонтованого внаслідок відмови судового обладнання судна на техніко-економічну ефективність процесу технічної експлуатації суден необхідно використовувати векторний показник ефективності, що включає в себе ряд часткових показників використання, надійності та економічної ефективності з відокремленням групи загальних, найбільш важливих показників.*

*Порівняльний аналіз різних методів та підходів показав, що задачу оцінки та прогнозування показників техніко-економічної ефективності процесу технічної експлуатації сучасних судових комплексів з урахуванням різноманітних експлуатаційних факторів, прийнятої стратегії їх технічного обслуговування необхідно вирішувати з використанням концепції математичного моделювання.*

**Ключові слова:** експлуатація; діагностика; контроль параметрів; надійність; інтенсивність експлуатації; суднове обладнання.

**Dorofeeva Z., Trishin V., Urum N.**

## **METHOD OF EFFICIENCY CONTROL OF THE PROCESS OF TECHNICAL OPERATION OF MARINE EQUIPMENT**

*Among the important tasks in the direction of improving the operation of the technical state is the upgrading of the system for collecting, processing and analyzing information on the technical condition and reliability of ships.*

*The article argues that the choice of indicators for assessing the effectiveness of the process of technical exploitation is a responsible stage of analysis, the quality of which depends on the results of analysis and the objectivity of choosing rational solutions. In connection with this for the modern period in the literature devoted to the technical and economic analysis of the efficiency of the operation of complex technical systems, there are three main approaches: the evaluation of the effectiveness of one generalized indicator (monocrystalline or scalar); evaluation by a number of indicators (polycrystalline or vector-on); evaluation of the system of indicators with the allocation of a group of common, most important factors.*

*The timely detection of the moments of degradation processes, which determine the terms of transition to the limiting state and are individual for each type of product, is the main objective of controlling the level of reliability of technology at this stage of its operation.*

*In order to assess the efficiency of the technical operation of the vessels, a large nomenclature of indicators has been developed and applied. Therefore, in order to carry out a comprehensive assessment of the impact of the process of rehabilitation of the marine dismantled dismemberment on the technical and economic efficiency of the technical exploitation of marine, it is necessary to use a vector-time efficiency gap that includes a number of partial usage indicators, reliability and cost-effectiveness with the separation of the group of general, the most important indicators.*

*A comparative analysis of various methods and approaches has shown that the task of estimating and forecasting the indicators of technical and economic efficiency of the technical operation of modern ship complexes taking into account various operational factors, the adopted strategy of their technical operation needs to be addressed using the concept of mathematical modeling.*

**Keywords:** operation; diagnostics; control of parameters; reliability; intensity; marine equipment.

Дорофеева З. Я., Тришин В. В., Урум Н. С.

## МЕТОД КОНТРОЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Среди важных задач в направлении усовершенствования эксплуатации по техническому состоянию является совершенствование системы сбора, обработки и анализа информации о техническом состоянии и надежности судов.*

*В статье утверждается, что выбор показателей для оценки эффективности процесса технической эксплуатации является ответственным этапом анализа, от качества которого зависят результаты анализа и объективность выбора рациональных решений. В связи с этим в современный период в литературе, посвященной технико-экономическому анализу эффективности эксплуатации сложных технических систем, сложились три основных подхода: оценка эффективности по одному из обобщенных показателей (монокритериальная или скалярная) оценка по ряду показателей (поликритериальная или векторная) оценка по системе показателей с выделением группы общих, наиболее важных показателей.*

*Своевременное выявление моментов возникновения деградиционных процессов, определяющих сроки перехода в пограничное состояние, и являются индивидуальными для каждого типа изделий, является основной целью контроля уровня надежности техники на данном этапе ее эксплуатации.*

*Для оценки эффективности процесса технической эксплуатации судов разработана и применяется большая номенклатура показателей. Поэтому для осуществления комплексной оценки влияния процесса восстановления, демонтированного вследствие отказа судового оборудования судна на технико-экономическую эффективность процесса технической эксплуатации судов необходимо использовать векторный показатель эффективности, включающий в себя ряд частных показателей использования, надежности и экономической эффективности с отделением группы общих, наиболее важных показателей.*

*Сравнительный анализ различных методов и подходов показал, что задачу оценки и прогнозирования показателей технико-экономической эффективности процесса технической эксплуатации современных судовых комплексов с учетом различных эксплуатационных факторов, принятой стратегии их технического обслуживания необходимо решать с использованием концепции математического моделирования.*

**Ключевые слова:** эксплуатация; диагностика; контроль параметров; надежность; интенсивность; судовое оборудование.

Стаття надійшла до редакції 20.01.2019 р.

Прийнято до друку 25.02.2019 р.