
ВОДНИЙ ТРАНСПОРТ: НАПРЯМИ РОЗВИТКУ

УДК 623.463.5.001.57(06)

Шапран Ю.Є.

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РАДІОТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

У статті наведено аналіз методів оцінки ефективності контролю технічного стану радіотехнічних систем морського транспорту, визначені їх недоліки та переваги. Обґрунтовано, що найбільш перспективним є комбінований метод оцінки ефективності. Визначено місце контролю радіотехнічних систем у системі забезпечення потрібного технічного стану морського транспорту. Запропоновані основні вимоги до методів оцінювання ефективності контролю технічного стану радіотехнічних систем морського транспорту. Розроблена задача оцінки потенційної ефективності застосування системи контролю технічного стану радіотехнічних систем морського транспорту, яка дозволяє отримати кількісні оцінки узагальненого комплексного показника ефективності контролю. Обґрунтовано введення обмежень і допущень для спрощення розв'язання цієї задачі.

Ключові слова: ефективність, контроль, технічний стан, радіотехнічні системи, морський транспорт.

Актуальність проблеми. До морського транспорту відноситься будь-яке судно, здатне пересуватися водною поверхнею (морів, океанів і прилеглих акваторій), а також просто перебувати на плаву та виконувати при цьому певні функції, пов'язані з перевезенням, зберіганням, обробкою різних вантажів; перевезенням та обслуговуванням пасажирів [1, 2].

Морським транспортом перевозиться більша частина вантажів у всьому світі. Це обумовлено перевагами такого транспорту: відносно низька собівартість перевезень; велика вантажопідйомність, що дозволяє перевозити значні партії вантажу; практично відсутні обмеження на пропускну здатність.

Доставка вантажів морським транспортом характеризується своєю універсальністю, надійністю та невисокою ціною. Такий спосіб перевезення вибирається для зниження собівартості транспортування вантажу, особливо ефективний при перевезенні великих обсягів [3].

Основним недоліком морського транспорту є потрібність у наявності обладнаних портів.

Основною проблемою морського транспорту України є значний моральний і фізичний знос транспортних засобів і портового обладнання. Середній термін експлуатації суден України перевищує 15 років, і з огляду на їхній технічний стан переважна більшість західних портів забороняє таким суднам вхід на внутрішній рейд.

У відповідності до законодавства України потрібно забезпечувати технічний нагляд та судноплавний нагляд за морськими суднами незалежно від форм власності судна і його власника [2].

Основним елементом морського транспорту, який відповідає за безпеку мореплавства, охорону людського життя та навколишнього природного середовища, є радіотехнічні засоби (РТЗ), до яких відносять: суднові засоби зв'язку, електро-радіонавігаційні прилади, радіотехнічні прилади пошукової техніки та мореплавних інструментів [4].

Таким чином, для забезпечення безаварійної експлуатації РТЗ морського транспорту необхідна відповідна система контролю їх технічного стану, яка задовольняє визначеним

показникам ефективності. Отже, розробка та удосконалення методів оцінки ефективності контролю технічного стану РТЗ морського транспорту є актуальною науковою задачею.

Аналіз літератури. Методи оцінки ефективності будь-яких технологічних процесів завжди конкретні, так як для застосування кількісних методів досліджень завжди необхідний математична модель. Загальних методів побудови моделей, а, отже, і методів оцінки ефективності не існує та в кожному конкретному випадку модель створюється виходячи з цільової спрямованості завдань дослідження, з урахуванням необхідної точності рішень (одержаних результатів) та достовірності використаних вихідних даних [5 – 8]. На основі опису методології оцінки ефективності та етапів процесу оцінки ефективності пропонується класифікація методів оцінки ефективності за такими класифікаційними ознаками: по способу постановки завдання [5]; за формою показника ефективності [7]; за методом оцінювання ефективності (методом обчислення значень показника ефективності) [8].

За методом оцінювання ефективності, тобто обчислення значень показника ефективності, методи оцінки ефективності поділяються на: теоретичні; дослідні; об'єднані. Теоретичні методи оцінювання ефективності передбачають створення математичного опису системи дослідження та процесу її функціонування. На основі цього опису оцінювання ефективності може бути проведено аналітичними методами або методом статистичних випробувань. Конкретна реалізація аналітичних методів істотно залежить від обраної математичної моделі досліджуваної операції. Подання залежності показників ефективності від факторів, що впливають в аналітичному вигляді для складних систем, пов'язане з суттєвими труднощами. Тому для складних систем застосування тільки аналітичних методів при оцінюванні ефективності їх функціонування виявляється можливим лише при істотних припущеннях моделі.

Метод статистичних випробувань полягає у безпосередньому моделюванні технічних систем при дії на них випадкових збурюючих факторів та обробці отриманих результатів методами математичної статистики. Цей метод є спільним без будь-яких серйозних обмежень. Застосування того чи іншого методу оцінювання ефективності залежить від етапів проведених досліджень (етапів життєвого циклу: розробка, виробництво, випробування та експлуатація) і тієї інформації про технічну систему якою володіє дослідник. Як правило, ні теоретичні, ні дослідні методи не дозволяють провести всебічні дослідження ефективності функціонування складних систем. Тому, у даний час все більшою мірою використовуються комбіновані методи оцінювання ефективності, спільно використовують аналітичні методи, метод статистичних випробувань моделей і натурні випробування реальних систем. Головна мета, яка досягається з допомогою комбінованих методів, полягає у використанні всієї інформації про імовірнісні характеристики системи, для більш точного оцінювання ефективності та отримання оцінок значень показників ефективності з необхідною точністю, але при можливо меншому числі експериментів з системою та її моделлю.

Метою статті є розробка пропозицій щодо удосконалення методів оцінки ефективності системи контролю технічного стану радіотехнічних засобів морського транспорту.

Основна частина

З точки зору теорії операцій контроль технічного стану РТЗ морського транспорту можна розглядати як операцію, яка проводиться у рамках системи забезпечення їх потрібного технічного стану (рис. 1) з метою підтримання постійної готовності до застосування (при цьому ймовірність використання справних засобів повинна бути максимальною чи не менше заданого рівня).

Метою функціонування системи забезпечення потрібного технічного стану РТЗ морського транспорту полягає у підтриманні у готовності (справності) складових блоків і елементів РТЗ для безаварійної та безвідмовної експлуатації морського транспорту.



Рис. 1. Система забезпечення потрібного технічного стану РТЗ морського транспорту

Розробити систему контролю технічного стану РТЗ морського транспорту – значить задати множину вхідних до неї об'єктів, виділити розглянуте коло властивостей цих об'єктів і встановити характер відносин між ними.

При цьому слід враховувати, що морський транспорт експлуатується у досить агресивній середі для радіоелектронних елементів – складових РТС (вода + сіль + постійний підвищений рівень вологості).

Основними компонентами системи контролю технічного стану РТЗ морського транспорту є:

- об'єкт контролю;
- засоби контролю;
- сили та апаратура обслуговування засобів контролю.

Об'єктом контролю є РТЗ морського транспорту.

До засобів контролю слід віднести вимірювальну та контрольно-діагностичну апаратуру, яка застосовується (планується до застосування) при контролі технічного стану РТЗ морського транспорту.

До сил і апаратури обслуговування засобів контролю відносять технічні засоби (ресурси), які виділяються для нормального функціонування системи управління технічним станом РТЗ морського транспорту. До них відносять персонал як пересувних, так і стаціонарних лабораторій вимірювальної техніки [8].

Управління технічним станом РТЗ морського транспорту здійснюється відповідним органом (від керівництва судна до Міністерства транспорту) на підставі організаційних вказівок вищих ланок управління, за допомогою нормативних і керівних документів [1, 2].

До методів оцінювання ефективності контролю технічного стану РТС морського транспорту пропонується віднести наступні вимоги:

- метод повинен забезпечувати отримання оцінок значень показників ефективності при максимально можливому скороченні обсягу, тривалості та вартості випробувань системи;
- метод повинен дозволяти отримувати значення показників ефективності у всьому заданому діапазоні умов і способів застосування системи, утому числі й при таких умовах і способах, які не можуть бути реалізовані при натурних випробуваннях із-за істотних обмежень;
- оцінки значень показників ефективності повинні бути отримані з точністю та достовірністю не гірше заданих (потрібних).

Отже, для задачі оцінки ефективності застосування тієї чи іншої системи контролю технічного стану при експлуатації РТС морського транспорту метод оцінки ефективності повинен бути формалізованим, оскільки результатом оцінки ефективності виступає числове значення показника ефективності. Для конкретизації методу оцінки ефективності за формою показника ефективності, який розробляється на остаточному етапі постановки задачі та передує моделювання, необхідно класифікувати показники ефективності та виявити переваги і недоліки різних форм. Переваги комбінованих методів вже розглянуто вище, а для задачі оцінки ефективності застосування системи контролю технічного стану при експлуатації РТС морського транспорту пропонується наступний розподіл завдань між складовими частинами методу:

- дослідна (експериментальна) частина методу полягає у зборі вихідних даних шляхом спостережень;
- подальша обробка даних може здійснюватися методом статистичних випробувань, що дозволить суттєво зменшити обсяг спостережень, так і витрати ресурсів і часу;
- при введенні потрібних і достатньо обґрунтованих обмежень і припущень при розробці математичної моделі, а також використання вихідних даних отриманих дослідними методами, ефективність операції може бути оцінена аналітичними методами, які дають більшу наочність, і мають ясний фізичний зміст.

Так як управлінська діяльність контролем технічного стану РТС морського транспорту та умови проведення строго регламентовані нормативною документацією та керівними документами, ефективність операції характеризується ефективністю застосування активних засобів. Говорячи про ефективність технічної системи, яка використовується як активний засіб операції, мають на увазі потенційну ефективність. Потенційна ефективність операції, що характеризується корисним обміном, визначається як ефективність при ідеальному способі використання активних засобів, тобто вибору найкращої стратегії [7] і залежить від якості активних засобів.

Процес дослідження ефективності застосування системи контролю технічного стану при експлуатації РТС морського транспорту пропонується представити у вигляді трьох етапів:

- постановка задачі;
- отримання результатів шляхом моделювання або (чи) натурального експерименту;
- аналіз отриманих результатів і обґрунтування висновку.

Перші два етапи, постановка задачі та отримання результатів, є оцінкою ефективності операції. Другий етап, отримання результатів, прийнято називати завданням оцінювання ефективності, яка включає в себе наступні основні процедури:

- побудова математичної моделі операції та її машинна реалізація;
- оцінка якості моделі та планування експериментів на ній;
- обчислення значень показників ефективності для всіх стратегій із використанням моделі.

На третьому, завершальному, етапі процесу дослідження ефективності операції здійснюється аналіз результатів, отриманих у процесі оцінки ефективності операції, тобто рішення задачі вибору стратегій з множини допустимих. Завдання оцінки ефективності можна трактувати як окремий випадок задачі вибору коли безліч стратегій містить один елемент. Таким чином, оцінювати ефективність операції необхідно для рішення задачі вибору, так як тільки на основі цілком певних результатів цей вибір здійснимо. Проте завдання оцінки

ефективності існує й має практичний зміст, а якщо мова про оцінку ефективності застосування активних засобів операції при гранично-вигідному обміні, тобто найкращої стратегії їх застосування, завдання зводиться до оцінки потенційної ефективності активних засобів операції.

Оцінка потенційної ефективності застосування системи контролю технічного стану при експлуатації РТЗ морського транспорту дає результати, що дозволяють порівнювати різні типи такої системи при умові найкращих стратегій застосування для кожного типу.

Науковим апаратом досліджень ефективності операцій є методологія теорії ефективності. Під методологією оцінки ефективності розуміють її наукову сутність, сукупність використовуваних методів, загальну методику й схему досліджень, принципи, якими керуються у процесі досліджень при прийнятті та реалізації рішень [7]. Методика та загальна схема оцінки ефективності операції описують послідовність дій при оцінці ефективності та деталізують укрупнені етапи постановки задачі та отримання результатів (оцінювання ефективності). Постановка задачі є вихідним етапом досліджень, у результаті якого описуються мета, стратегії та умови завдання. Мета операції є ідеальне уявлення бажаного результату операції. Вона визначає способи і форми дій, їх характер, системну упорядкованість, а також засоби досягнення та інтегрує дії в систему "мета – засіб – результат". Найкращою стратегією застосування системи контролю технічного стану при експлуатації РТЗ морського транспорту буде стратегія, яка, з найменшим збитком для готовності транспорту до застосування, що дозволить своєчасно та якісно здійснити обслуговування.

Умовами задачі оцінки ефективності системи контролю технічного стану РТЗ є некеровані фактори, які впливають на компоненти операції й обумовлені впливом зовнішнього середовища – морської стихії. Ці фактори, звичайно є одним з основних джерел невизначеності, але при оцінці ефективності системи контролю технічного стану РТЗ морського транспорту ці фактори мають детермінований характер, так як перелік характеристик факторів, що впливають та межі області їх зміни строго регламентовані вимогами нормативної документації [2].

Постановка задачі на початковому етапі відбувається на вербальному рівні – експлікація понять, а остаточно конкретизується – описується формалізовано при виборі показників ефективності, виборі найкращої стратегії (при оцінці потенційної ефективності системи контролю технічного стану) і обґрунтуванні обмежень на умови.

Застосування системи контролю технічного стану РТЗ морського транспорту є складним процесом, що характеризується безліччю властивостей засобів контролю (обслуговуючої системи) і парку РТЗ (об'єкта контролю), а також стратегіями контролю при експлуатації. Тому задача оцінки потенційної ефективності застосування системи контролю технічного стану РТЗ морського транспорту, що складається в одержанні кількісних оцінок узагальненого комплексного показника ефективності W запишемо наступним чином:

$$\begin{aligned} \text{при } W(g, C_{об}, T_{об}, u^0, v): g \geq g^{TP} \{ \forall i K_{ri} \geq K_{ri}^{TP} \} \\ v \in v^D; T_{об} \in T_{об}^D; \\ \text{знайти: } C_{об}, \end{aligned}$$

де g і g^{TP} – реальний і необхідний цільові ефекти контролю технічного стану РТЗ відповідно;

v і v^D – реальна та допустима область значень зовнішніх впливових факторів (умов функціонування засобів контролю) відповідно;

$T_{об}$ і $T_{об}^D$ – реальний і допустимий час контролю технічного стану РТЗ за допомогою засобів контролю відповідно;

$C_{об}$ – вартість витрат на контролю технічного стану РТЗ (обслуговування) морського транспорту визначеного порту (регіону);

u^0 – оптимальна стратегія застосування засобів контролю технічного стану РТЗ морського транспорту визначеного порту (регіону);

i – кількість типів РТЗ морського транспорту визначеного порту (регіону);

K_{ri} і K_{ri}^{TP} – реальний і необхідний коефіцієнти готовності i -го типу РТЗ морського транспорту за результатами контролю їх технічного стану.

У такій постановці вирішити поставлену задачу складно із-за великої розмірності.

Так, у даний час в Україні експлуатується близько 10^6 різних засобів РТЗ, які підлягають контролю. При цьому число можливих станів РТЗ більше 20, можливе число варіантів застосування засобів контролю та методів контролю РТЗ становить понад 10. Тобто задача буде мати розмірність $10^8 - 10^9$, а з урахуванням програмної реалізації моделі операції – $10^{13} - 10^{15}$ машинних операцій.

Тому пропонується ввести наступні обмеження та допущення.

1. За об'єкт контролю приймемо парк РТЗ морського транспорту визначеного порту прив'язки (регіону розташування), який потрібно контролювати під час експлуатації для забезпечення безаварійної та безвідмовної експлуатації транспорту. Номенклатура та кількість РТЗ регіону прийняті незмінними. До характеристик якості контролю РТЗ задані вимоги:

– до достовірності контролю (ймовірність прийняття вірного чи невірного рішення; помилки контролю 1-го та 2-го роду тощо);

– до оперативності контролю (періодичність контролю РТЗ, тривалість контролю або відновлення);

– до коефіцієнту готовності РТЗ за результатами контролю технічного стану.

2. Засоби контролю у сукупності розглядаються як єдиний активний засіб в операціях з обслуговування парку РТЗ. Характеристики та склад засобів контролю прийняті незмінними, у ході операцій з обслуговування не модернізуються, а тільки відновлюються. Мається на увазі, що можливості різних варіантів засобів контролю однакові за охопленням номенклатури РТЗ.

3. Облік впливу якості управління на ефективність системи контролю технічного стану РТЗ морського транспорту здійснюється за допомогою обраної стратегії, невизначеність у поведінці органів управління відсутня.

4. Вплив збурюючих факторів на контроль технічного стану РТЗ морського транспорту враховується із використання порядкових шкал і критерію придатності розглянутих засобів для роботи в задані умовах.

Наступним і остаточним етапом оцінки ефективності системи контролю технічного стану РТЗ морського транспорту є моделювання операції на основі обраного показника ефективності прийнятих обмежень і допущень на стратегії та умови задачі. У результаті моделювання адекватно відображаються істотні для цілей дослідження властивості реального об'єкта. При проведенні досліджень на моделі отримують результат дослідження з точністю необхідної для цілей дослідження та залежить від прийнятих обмежень і допущень при моделюванні.

Загальна схема оцінки ефективності на відміну від методики досліджень операцій описує, крім послідовності дій при оцінці ефективності, цикли дослідження. Загальна схема оцінки ефективності повністю збігається із загальною схемою досліджень ефективності. Постановка задачі, що включає етапи опису мети, стратегій і умов передують етапу моделювання операції. Якщо ж моделювання не дає необхідного результату (необхідної для цілей досліджень точності результату), то здійснюється перехід до етапу постановки задачі через процедуру її уточнення. Це складається з процедур коригування мети, покращення стратегій та уточнення умов, після чого знову може бути розпочато моделювання.

Ще однією складовою методології оцінки ефективності є загальні принципи дослідження ефективності, які дозволяють в умовах дії невизначених факторів, що впливають, забезпечити постановку задачі, моделювання операції та отримання результатів з точністю, що задовольняє цілі досліджень. Таких принципів три:

-
- гарантованого результату;
 - стохастичного детермінізму;
 - послідовного зняття невизначеності.

Принцип гарантованого результату заснований на тому, що порівняння та вибір потрібних рішень може здійснюватися тільки на основі гарантованих значень показника ефективності з урахуванням всієї невизначеності, при якій приймається рішення. Іноді принцип гарантованого результату називають "позицією крайнього песимізму" і застосовують переважно у так званих конфліктних ситуаціях, тобто в умовах поведінкової невизначеності. Поняття гарантованого результату залежить насамперед від прийнятого показника ефективності та передбачає, що абсолютна гарантоване значення показника дає оцінку показника, нижче за яку значення показника ні в одній з можливих реалізацій бути не може. Отже, така гарантія поширюється й на кожну реалізацію окремо.

Принцип стохастичного детермінізму полягає в активному цілеспрямованому використанні явища стохастичного детермінізму використовуючи стійкість результатів масових випадкових явищ. Загальні форми такої стійкості знайшли своє вираження в законі великих чисел і граничних теоремах теорії ймовірності.

Третій принцип послідовного зняття невизначеності застосовується в умовах, коли немає повної інформації про випадкові та детерміновані механізми, що лежать в основі досліджуваних явищ, коли ряд явищ не володіє властивістю статистичної стійкості. Цей принцип використовується тоді, коли неможливо забезпечити гарантії (зняти всю невизначеність) на основі тільки перших двох принципів. При оцінці ефективності системи контролю технічного стану РТЗ морського транспорту застосування третього принципу не доцільне, так як зняття невизначеності забезпечується застосуванням перших двох.

Висновки

Підвищення оцінок ефективності контролю технічного стану РТЗ морського транспорту, і як наслідок, підвищення ефективності експлуатації суден можливо шляхом удосконалення, модернізації та розробки нових показників (оцінок), які враховують термін перебування в експлуатації (поточний стан) і особливості контролю, діагностування та прогнозування технічного стану за допомогою засобів контролю.

Наступні публікації будуть направлені на удосконалення системи показників ефективності контролю технічного стану РТЗ морського транспорту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про вдосконалення технічного, класифікаційного і судноплавного нагляду на морському і річковому транспорті / Постанова Кабінету Міністрів України від 08.06.1998 № 814 (зі змінами).
2. Про затвердження Положення про навігаційне-гідрографічне забезпечення мореплавства у внутрішніх морських водах, територіальному морі та виключній (морській) економічній зоні України / Наказ Міністерства Транспорту та Зв'язку України від 09.05.2006 № 514 (зі змінами).
3. Лукьянович Н.В. Морской транспорт в мировой экономике. – М.: Моркнига, 2009. – 162 с.
4. Морская радиоэлектроника / Соловьев И.В. и др.; под ред. Кравченко В.А. – СПб.: Политехника, 2003. – 185 с.
5. Войтенко С.С., Герасимов С.В., Куценко В.В. Напрями удосконалення системи контролю технічного стану зразків озброєння та військової техніки // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Х.: ХНУПС. – 2016. – Вип. 3 (24) – С. 127–131.
6. Каретников В.В., Пашенко И.В., Соколов А.И., Кузнецов И.Г. К вопросу построения автоматизированной системы мониторинга параметров высокоточного навигационного поля // Морская радиоэлектроника. – 2015. – № 2 (52). – С. 24–27.

-
7. Герасимов С.В., Клименко А.М., Пінчук Т.А. Техніко-економічне обґрунтування розробки (модернізації, закупівлі) складних технічних комплексів // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС. – 2010. – Вип. 1 (23). – С. 111–115.
 8. Демидов Б.О., Борисенко М.В., Герасимов С.В. Розробка військово-економічного показника ефективності експлуатації перспективної пересувної лабораторії виміральної техніки // Зб. наук. пр. Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС. – 2014. – Вип. 3 (40). – С. 11–16.

Шапран Ю.Е.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ МОРСКОГО ТРАНСПОРТА

В статье проведен анализ методов оценки эффективности контроля технического состояния радиотехнических систем морского транспорта, определены их недостатки и достоинства. Обосновано, что наиболее перспективным является комбинированный метод оценки эффективности. Определено место контроля радиотехнических систем в системе обеспечения требуемого технического состояния морского транспорта. Предложены основные требования к методам оценки эффективности контроля технического состояния радиотехнических систем морского транспорта. Разработана задача оценки потенциальной эффективности применения системы контроля технического состояния радиотехнических систем морского транспорта, которая позволяет получить количественные оценки обобщенного комплексного показателя эффективности контроля. Обоснованно введение ограничений и допущений для упрощения решения этой задачи.

***Ключевые слова:** эффективность, контроль, техническое состояние, радиотехнические системы, морской транспорт*

Y. Shapran

PROPOSALS ON IMPROVING METHODS FOR ESTIMATION OF EFFICIENCY OF THE SYSTEM OF CONTROL OF THE TECHNICAL STATE OF RADIO ENGINEERING MEANS TRANSPORT SEA

The article analyzes methods for assessing the effectiveness of monitoring the technical state of radio engineering systems of transport sea, identifies their shortcomings and advantages. It is substantiated that the most promising is the combined method of effectiveness evaluation. The place of control of radio engineering systems in the system of providing the required technical condition of transport sea is determined. The main requirements to methods for assessing the effectiveness of monitoring the technical state of radio engineering systems of transport sea are proposed. The task of an estimation of potential efficiency of application of the control system of a technical condition of radio engineering systems of transport sea which allows to receive quantitative estimations of the generalized complex indicator of efficiency of the control is developed. It is justified to introduce restrictions and assumptions to simplify the solution of this problem.

***Key words:** efficiency, control, technical condition, radio engineering systems, transport sea*

Рецензент: д.т.н., професор Павліков В.В., НАУ ім. М.Є. Жуковського "ХАІ"