

## ПРОЦЕДУРА ОБҐРУНТУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ СУДНОВИХ КОМПЛЕКСІВ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

У статті поставлене завдання здійснення формалізованого опису процесу технічного обслуговування і ремонту суднових комплексів та їх складових у вигляді регенеруючого процесу відновлення, на підставі якого необхідне провести обґрунтування форми показників та критерію оптимальності. Використання розробленої автором процедури обґрунтування організації відновлення суднових комплексів суден в умовах експлуатації дозволяє обрати найбільш ефективний варіант відновлення складних технічних об'єктів.

**Ключові слова:** ефективність експлуатації, суднові комплекси, технічне обслуговування, моделювання, суднове обладнання, оптимальність, технічні системи

**Danik O. V. Procedure for justification of the recovery marine equipment in operation conditional.** Existing models of functioning of operation does not fully take into account the peculiarities of maintenance and repair of marine equipment. Therefore, the article raised important task implementation process formalized description of maintenance and repair of marine systems and their components in a regenerating process of recovery, based on which necessary to conduct study and shape parameters optimality criterion. The use of the developed by the author of the justification procedure of the organization of the recovery marine equipment under operating conditions allows to choose the most effective variant of restoration of the complex technical objects and to determine the costs of the recovery system in the absolute values of cost for a certain period of operation. Furthermore, the use of procedures allows a high degree of reliability to carry out counting the number of substitutions recoveries of objects of the avionics in operation, when various restoration strategies. The developed procedure can be used as a tool to analyses the performance of the repair system and evaluating the effectiveness of solutions for managing the technical condition of the objects of the courts at the stages of their development, modernization and operation.

**Keywords:** marine equipment, operation conditional, maintenance and repair, procedure, recovery system, formalization and mathematical modeling, effectiveness of solutions

### 1. Вступна частина. Постановка задачі

Існуючі моделі функціонування об'єктів експлуатації не повністю враховують особливості процесу технічної обслуговування і ремонту об'єктів судового обладнання суден. Тому у статті поставлене актуальне завдання здійснення формалізованого опису процесу технічного обслуговування і ремонту суднових комплексів та їх складових у вигляді регенеруючого процесу відновлення, на підставі якого необхідне провести обґрунтування форми показників та критерію оптимальності.

**Аналіз останніх досліджень.** Як показано у [1-4] сучасні судна є складними технічними системами, що складаються зі значної кількості систем, модулів, вузлів, агрегатів (блоків) та окремих елементів, які є джерелами відмов з різними закономірностями зміни їх інтенсивності, можливостями з їх виявлення та усунення протягом експлуатації. У зв'язку з цим для адекватного опису процесу технічної експлуатації судна як складної технічної системи доцільне представлення його як виробу, що складається з множини комплектуючих виробів. Наприклад, сукупність модулів окремого блоку функціональної системи (ФС) судна, сукупність блоків ФС судна, сукупність функціональної систем судна тощо.

### 2. Виклад основного матеріалу дослідження. Опис процесу

Формалізований опис процесу технічного обслуговування і ремонту суднових комплексів можна представити наступним чином:

#### 2.1. Визначення та розрахунок вихідних даних:

2.1.1. Збір та аналіз статистичних даних по кожній конструктивно-знімної одиниці СК судна визначеного типу, що включає наступні етапи:

- визначення переліку знімних систем, агрегатів, блоків, модулів по кожній функціональній системі судна;
- визначення наробітку на відмову та розрахунок параметру потоку відмов для кожної визначеної КЗО;
- визначення максимально можливої в умовах експлуатуючої організації, повноти відновлення КЗО  $i$ -го типу  $Q_i$  за досвідом експлуатації [1-4] або за допомогою аналітичних виразів, представлених в [5-6], для чого необхідно:
  - а) визначити перелік модулів (субблоків, плат, вузлів, окремих елементів) у межах  $i$ -ї КЗО;
  - б) визначити технічний стан модулів та можливість їх заміни в умовах експлуатуючих організацій;
  - в) визначити з аналізу карток обліку несправностей (КОН) долю відмов кожного модулю в загальному потоці відмов об'єкта  $i$ -го типу;
  - г) визначити закупівельну вартість  $C_{\delta_i}$  та вартість заводського ремонту  $C_{зр_i}$  (встановленого коефіцієнту заводського ремонту  $K_{зр_i}$ ) кожної КЗО.

2.1.2. Визначення параметрів кожного з етапів процесу технічного обслуговування: завдання або визначення реального наробітку парку судна даного типу за експлуатації  $T$ , що розглядається.

2.1.3. Визначення параметрів кожного з етапів експлуатаційного контролю: періодичності контролю  $X_j$  – на кожному з етапів (пропонується визначати за часом експлуатації парку однотипних суден за визначений період); інтенсивності відмов  $\lambda_j$  елементів об'єкта контролю, що виявляється засобом контролю  $j$ -го етапу; інтенсивності самостійного прояву відмов  $\mu_j$ ;

2.1.4. Визначення характеристик засобів експлуатаційного контролю, що застосовуються на кожному з етапів технічного обслуговування: розрахунок імовірності надання засобом контролю  $j$ -го етапу “хибної” інформації про відмову об'єкту контролю –  $q_j$ , що визначається виходячи з заданої (або реально отриманої) долі “хибних” відмов  $k$  ( $k = 0 \dots 1$ ) в потоці відмов з виразу:

$$q_j = \frac{\lambda_j \cdot X_j \cdot k}{1 - k}.$$

**2.2. Розрахунок математичного очікування** тривалості періоду регенерації кожного з  $j$ - етапів технічного обслуговування по кожній  $i$ -ї КЗО  $M[\psi_{ij}(t)]$ : проводиться для різних значень долі “хибних” відмов  $k$ . Доцільно проводити розрахунки для трьох значень  $k$ :  $k = 0$  – відсутність “хибних” відмов;  $k = 0,2$  – в потоці відмов 20% – “хибні”;  $k = 0,5$  – в потоці відмов 50% – “хибні”, тобто половина агрегатів, що відмовили бракується хибно.

**2.3. Розрахунок періоду регенерації** процесу відновлення  $i$ -ї КЗО  $M[\psi_i(t)]$ : проводиться виходячи з того, що у випадку представлення складної системи (системи ТО і Р) як системи, що складається з  $j$  послідовних етапів, загальна інтенсивність регенерації  $\Lambda_{\psi}(t)$  характеризується властивістю адитивності та може бути представлена у вигляді суми інтенсивностей регенерації  $\lambda_{\psi_j}(t)$  всіх етапів (як умовних підсистем) [3, 4]:

$$\Lambda_{\psi_i}(t) = \sum_{j=1}^N \lambda_{\psi_j i}(t),$$

де  $N$  – кількість етапів, вплив яких на ефективність процесу ТО і Р, представляє інтерес в межах дослідження.

Розрахунок періоду регенерації  $M[\psi_i(t)]$  також проводиться для різних значень доли “хибних” відмов  $k$  ( $k = 0,5, k = 0,2, k = 0$ ).

**2.4. Розрахунок кількості замін  $i$ -ї КЗО** за визначений період експлуатації  $M[n_i(T)]$ , для різних значень  $k$ , з заданою імовірністю заміни  $(1 - \alpha), \alpha > 0$ , якщо наробіток на відмову цього об'єкту СК дорівнює періоду експлуатації, що досліджується.

**2.5. Визначення середнього часу простою суден** в непрацездатному стані  $M(t_{ei})$ , внаслідок відмови  $i$ -ї КЗО, для різних значень величини обмінного фонду. Показником, що характеризує величину обмінного фонду, є коефіцієнт середньорічного обмінного фонду  $k_{оф}$ , ( $k_{оф} = \overline{0,1}$ ) що визначається як [5-7]:

$$k_{оф} = \frac{N_{оф}}{N_c},$$

де  $N_{оф}$  – кількість елементів, визначеного типу, в обмінному фонді авіаційної частини;

$N_c$  – кількість елементів, визначеного типу, що встановлені на всіх суднах експлуатанта.

Розрахунок середнього часу відновлення  $M(t_{ei})$  також проводиться для різних значень доли “хибних” відмов  $k$  ( $k = 0,5, k = 0,2, k = 0$ ).

**2.6. Розрахунок витрат часу на відновлення  $i$ -ї КЗО**  $M[\psi_{\sigma_i}(t)]$  за період регенерації  $M[\psi_i(t)]$  якщо наробіток на відмову цього об'єкту СК дорівнює періоду експлуатації, що досліджується.

**2.7. Розрахунок стаціонарного коефіцієнту готовності  $K_z$**  кожної з визначених КЗО.

**2.8. Розрахунок стаціонарного коефіцієнту готовності судна**, як складної технічної системи з мультиплікативним коефіцієнтом ефективності.

**2.9. Розрахунок сумарних витрат  $M[C_{\epsilon\Sigma}(T)]$**  на відновлення визначених в п.1 агрегатів за заданий період експлуатації для кожного з визначених варіантів організації системи відновлення при різних значеннях доли “хибних” відмов та  $k_{оф}$  [8].

**2.10. Визначення витрат на відновлення судових комплексів** для різних варіантів організації системи відновлення для заданого рівня коефіцієнта готовності  $K_z$  ( $K_z = 0...1$ ).

**2.11. Розрахунок різниці в витратах  $\Delta M[C_{\epsilon\Sigma}(T)]$**  між варіантами організації процесу відновлення за відповідним критерієм та вибір найбільш раціонального.

**Висновки.** Використання розробленої автором процедури обґрунтування організації відновлення судових комплексів суден в умовах експлуатації дозволяє обрати найбільш ефективний варіант відновлення складних технічних об'єктів та визначити витрати системи відновлення в абсолютних величинах вартості за визначений період експлуатації. Крім того, використання процедури дозволяє з високим ступенем достовірності проводити підрахунки кількості замін (відновлень) об'єктів бортового обладнання в процесі експлуатації при різних стратегіях відновлення.

Розроблена процедура може бути використана в якості інструмента для аналізу діяльності системи ремонту та оцінці ефективності рішень щодо управління технічним станом об'єктів суден на етапах їх розробки, модернізації та експлуатації.

**Список використаної літератури**

1. Егоров Г. В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска / Г. В. Егоров. – Санкт-Петербург : Судостроение, 2007. – 384 с.
2. Техничко-економические характеристики судов морского флота. РД 31.03.01-90. – Москва : В/О «Мортехинформреклама», 1992. – 232 с.
3. Судостроение и судостроение (статистика, экономика, цены). ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова. – Санкт-Петербург, 2006. – Вып. 8(35). – 260 с.
4. Смирнов Н. Н., Обслуживание и ремонт техники по состоянию / Н. Н. Смирнов, А. А. Ицкович / – Москва : Транспорт, 1987. – 277 с.
5. Волков Л. И. Управление эксплуатацией корабельных комплексов / Л. И. Волков. – Москва : Высшая школа, 1981 – 368 с.
6. Барзилович Е. Ю. Модели технического обслуживания сложных систем / Ю. И. Барзилович. – Москва : Высшая школа, 1982. – 231 с.
7. Богом'я В. І. Навігаційне забезпечення управління рухом суден (навчальний посібник) / В. І. Богом'я, В. С. Давидов, В. В. Доронін, Д. П. Пашков, І. В. Тихонов. – Київ : ДВВП «Компас», 2012. – 336 с.
8. Каштанов В. А. Оптимальные задачи технического обслуживания / В. А. Каштанов. – Москва : Знание, 1981. – 122 с.

**References**

1. Egorov G. V. Construction of courts of the limited region of swimming on the basis of theory of risk. – Sankt-Peterburg: Sudostroenie, 2007. – 384 p.
2. Technical and economic descriptions of navy courts. РД 31.03.01-90. – Moskva : “Mortekhinformreklama”, 1992. – 232 p.
3. Navigation and shipbuilding (statistics, economy, prices). – Sankt-Peterburg, 2006. – Вып. 8(35). – 260 c.
4. Smirnov N. N., Itskovich A. A. Service and repair of technique on the state. – Moskva : Transport, 1987. – 277 p.
5. Volkov L. I. Management exploitation of ship complexes . – Moskva : Vysshaia shkola, 1981 – 368 p.
6. Barzilovich E. Yu. Models of technical maintenance of the complex systems. – Moskva : Vysshaia shkola, 1982. – 231 p.
7. Bohomia V. I., Davydov V. S., Doronin V. V., Pashkov D. P., Tykhonov I. V. Navigation providing of management motion of ships (train aid) . –Kyiv : “Kompas”, 2012. – 336 p.
8. Kashtanov V. A. Optimum tasks of technical service . – Moskva : Znanie, 1981. – 122 p.

**Автор статті**

**Данік Олексій Володимирович** – старший викладач кафедри енергетичних установок, Київська державна академія водного транспорту. Тел.: +380 (50) 398 47 96. E-mail : bog2603@mail.ru

**Author of the article**

**Danik Oleksii Volodymyrovych** – senior lecturer of the power plants department, Kyiv State Maritime Academy. Tel.: +380 (50) 398 47 96. E-mail : bog2603@mail.ru

**Рецензент:**

доктор технічних наук, старший наук. співробітник  
В. І. Богом'я

*Інститут підготовки фахівців ДП «УкрНДНЦ», Київ*

Дата надходження  
в редакцію: 02.12.2016 р.