
V. Bogomia, A.Stadnick.
Systems diagnostics complex.

This article provides that the approach based on the existing system of maintenance and repair leads to significant cost overruns of resources and performance of maintenance and repair within the calendar dates in most cases does not provide a given reliability.

The urgency to develop new methods of technical operation of ship systems based on the application of advanced systems of technical diagnostics of ship systems.

Key words: optimum model, marine systems.

УДК 629.5.016

Гудков Л.М., Лавріненко В.Ф.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СИСТЕМ СУДНОВОГО ОБЛАДНАННЯ

У статті наведені способи визначення середнього часу відновлення об'єкту суднового обладнання в експлуатуючій організації, а також особливості розроблення математичної моделі процесу технічного обслуговування та ремонту об'єктів суднових комплексів судна, що дозволяє отримати кінцеві аналітичні вирази для розрахунків відповідних показників ефективності процесу.

Однією з величин, що визначають середній час відновлення об'єкту суднового обладнання $M(t_{\theta j})$ (c_2, c_3) в експлуатуючій організації, є повнота відновлення об'єкту j -го типу Q_j . Зазвичай ця величина визначається з досвіду експлуатації. В сучасних умовах експлуатації це стає вкрай складним завданням, тому виникає необхідність її визначення іншими способами [1-3].

Для визначення Q_j розглянемо ієрархічну структуру функціональних систем судового обладнання (СО) суден за конструктивною складністю. Ієрархія за конструктивною складністю створюється внаслідок побудови об'єктів СО у вигляді конструктивно-закінчених знімних блоків, котрі складаються з модулів (знімних плат або вузлів), а вони, в свою чергу, – з неподільних елементів (субмодулів, мікросхем, транзисторів, резисторів тощо). Представимо функціональну систему судна як складну технічну систему, яка складається з j агрегатів (блоків) A_j ($j = \overline{1, n}$), які, в свою чергу, складаються з k ($k = \overline{1, m}$) рівнів по l ($l = \overline{1, z}$) модулів. При цьому вважаємо сукупність елементів, що не демонтуються в умовах експлуатації, єдиним модулем (наприклад, неподільні елементи, що розташовані на платі та залиті компаундом). Таким чином отримуємо на кожному k – му рівні $z + 1$ модулів (рис.1).

Таке представлення дає змогу зробити припущення про послідовне з'єднання модулів як в межах будь-якого рівня, так і в межах виробу СК без врахування функціональних зворотних зв'язків. Тобто відмова будь-якого модуля A_{jkl} викликає

відмову всього виробу СК.

Кожен рівень охарактеризуємо двома величинами: кількістю модулів l , що можуть бути демонтовані в умовах експлуатації, та параметром потоку відмов кожного модуля ω_{jkl} у загальному потоці відмов даного рівня ω_{jk} . В цьому випадку згідно [1-5] для послідовного логічного з'єднання параметр потоку відмов системи з l елементів визначається виразом

$$\omega_{jk} = \sum_{l=1}^{z+1} \omega_{jkl}. \quad (1)$$

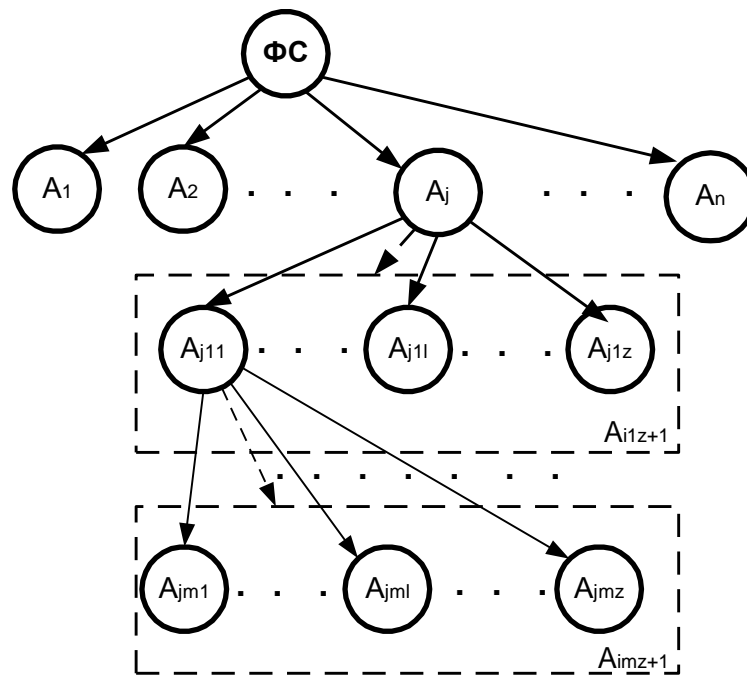


Рис. 1. Ієрархічна структура функціональних систем судна за конструктивною складністю

За даними експлуатації визначаємо долю відмов кожного з A_{jkl} модулів у загальному потоці відмов даного рівня ω_{jk} . Виразимо параметр потоку відмов ω_{jkl} модуля через параметр потоку відмов всього рівня

$$\omega_{jkl} = k_{jkl} \cdot \omega_{jk}, \quad (2)$$

де $k_{jkl} = (\overline{0,1})$ – коефіцієнт, що враховує долю відмов A_{jkl} -го модуля в загальному потоці відмов k -го рівня.

Тоді сумарний параметр потоку відмов елементів даного рівня, що можуть бути замінені в умовах експлуатації,

$$\omega_{\Sigma jk} = \omega_{jk} \cdot \sum_{l=1}^z k_{jkl}. \quad (3)$$

В свою чергу, відмови A_{jk} -го модуля складають визначену долю відмов модуля більш високого рівня

$$\omega_{jk} = k_{jk} \cdot \omega_j, \quad (4)$$

де $k_{jk} = \overline{(0,1)}$ – коефіцієнт, що враховує долю відмов A_{jk} -го модуля в потоці відмов модуля більш високого рівня.

Тобто

$$\omega_{\Sigma jk} = \omega_j \cdot k_{jk} \cdot \sum_{l=1}^z k_{jkl}. \quad (5)$$

Таким чином для всієї сукупності модулів j -го агрегату (блока), що можуть бути відновлені в умовах експлуатації, параметр потоку відмов визначимо як:

$$\omega_{Q_j} = \omega_j \cdot \sum_{k=1}^m (k_{jk} \cdot \sum_{l=1}^z k_{jkl}). \quad (6)$$

Тобто повнота відновлення об'єкту j -го типу в експлуатуючій організації Q_j визначимо як коефіцієнт при параметрі потоку відмов даного об'єкту СК:

$$Q_j = \sum_{k=1}^m (k_{jk} \cdot \sum_{l=1}^z k_{jkl}). \quad (7)$$

Таким чином, за допомогою виразів (1)–(7) можливе характеризувати вплив системи відновлення судового обладнання на коефіцієнт готовності обслуговуваних об'єктів судових комплексів.

Математична модель багатоетапного технічного обслуговування об'єктів судового обладнання суден з урахуванням глибини пошуку місця відмови. У приведеній вище моделі процесу технічної експлуатації ОК розглядається одна зі складових вірогідності контролю – інструментальна вірогідність, що враховує можливість існування «хибних» і невиявлених відмов і є характеристикою засобів контролю. Методична вірогідність – друга складова вірогідності контролю, що обумовлена сукупністю параметрів, що контролюються, методикою й алгоритмами контролю і критеріями оцінки технічного стану об'єкта контролю – приймалась рівній одиниці. Тобто, якщо множині всіх відмов об'єкта контролю відповідає сумарна інтенсивність відмов A , то методична достовірність забезпечує можливість виявлення будь-якої відмови за визначеною множиною параметрів, що контролюються. В реальних умовах експлуатації створення та застосування засобів контролю з такою достовірністю контролю майже неможливе. Збільшення методичної достовірності контролю призводить до ускладнення апаратури контролю, збільшенню маси та габаритів АСК (ВЗК), надлишку інформації екіпажу під час польоту, зростанню термінів підготовки суден до

підмножині параметрів $\Delta\Pi_1, \Delta\Pi_2, \dots, \Delta\Pi_M$; де

$$\Delta\Pi_1 = \Pi_1, \Delta\Pi_2 = \Pi_2 - \Pi_1, \dots, \Delta\Pi = \Pi - \Delta\Pi_M;$$

$$\Delta\Pi_1 \cup \Delta\Pi_2 \cup \dots \cup \Delta\Pi_M \cup \Delta\Pi = \Pi.$$

Множина параметрів Π дозволяє виявити усі відмови об'єкта контролю, яким відповідає сумарна інтенсивність відмов Λ , підмножина Π_j - відмови в об'єкті, що виявляються встановленим алгоритмом контролю технічного стану j -го етапу, яким відповідає інтенсивність відмов λ_j . Тоді для найпростішого потоку відмов кожен етап контролю буде характеризуватися своєю повнотою контролю η_j . На кожному наступному етапі контроль здійснюється з більшої, ніж на попередньому повнотою $\eta_{j+1} > \eta_j$ (рис. 2).

Вважаємо, що λ_j - сумарна інтенсивність відмов елементів об'єкта, що дозволяє додатково виявити алгоритм контролю на j -му етапі по $\Delta\Pi_j$ параметрах у порівнянні з попереднім етапом.

Множині відмов A_M , які можна виявити за результатами контролю множини параметрів Π_M останнього M -го етапу контролю, відповідає сумарна інтенсивність відмов Λ . Різниця множин A і A_M відповідає інтенсивність відмов $\lambda_{M+1} = \Lambda - \lambda_M$, що не вдається виявити по множині параметрів на M -му етапі контролю за допомогою застосовуваних засобів і які виявляється (проявляються самостійно) у процесі експлуатації.

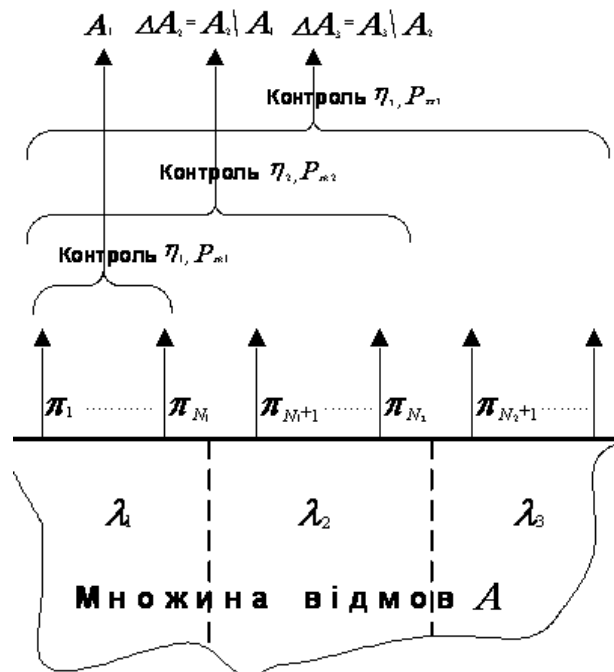


Рис. 2. Модель багатоетапного контролю

. Тоді

$$\Lambda = \sum_{j=1}^{M+1} \lambda_j. \quad (9)$$

Внаслідок того, що $\eta_1 < \eta_2 < \dots < \eta_M$, сумарна інтенсивність відмов елементів об'єкта контролю, що додатково дозволяє виявити контроль на j -му етапі в порівнянні з попереднім, визначається як:

$$\lambda_j = A \cdot (\eta_j - \eta_{j-1}), \quad j = \overline{1, M}. \quad (10)$$

Сумарна інтенсивність відмов об'єкта, що не вдається виявити за результатами контролю останнього етапу, дорівнює:

$$\lambda_{M+1} = A \cdot (1 - \eta_M). \quad (11)$$

Очевидно, що для будь-якої підмножини відмов $\Delta A_j = A_j - A_{j-1}$, що дозволяє виявити контроль на j -му етапі додатково до попереднього етапу, контроль j -го етапу є ідеальним по повноті в порівнянні з $(j-1)$ етапом. Ці відмови виявляються в момент проведення одного з контролів працездатності з імовірністю P_j , або виявляються в польоті до моменту їхнього виявлення при контролі. На попередніх етапах технічного обслуговування виявити ці відмови за допомогою штатних засобів контролю неможливо.

Складну систему із сумарною інтенсивністю відмов A представимо умовно у виді підсистем з інтенсивностями відмов λ_j , $j = \overline{1, M}$. Тоді контроль технічного стану кожної підсистеми здійснюється по множині параметрів $\Delta \Pi_j$ і з періодичністю X_j , що дозволяє в момент контролю технічного стану виявити всю множину відмов A_j з імовірністю P_j .

Відмови, що не дозволяє виявити алгоритм контролю j -го етапу, виявляються при переходах.

При такому представленні складної системи загальний наробіток системи або блоку до відмови $M[\psi(t)]$ буде визначатися з наробітків $M[\psi_j(t)]$ складових частин об'єкту контролю.

Так, для трьох етапів експлуатації (експлуатація за призначенням, оперативне обслуговування, періодичне обслуговування) рис. 2 вираз для $M[\psi(t)]$ запишеться як:

$$M[\psi(t)] = \frac{M[\psi_1(t)] \cdot M[\psi_2(t)] \cdot M[\psi_3(t)]}{M[\psi_1(t)] \cdot M[\psi_2(t)] + M[\psi_1(t)] \cdot M[\psi_3(t)] + M[\psi_2(t)] \cdot M[\psi_3(t)]}. \quad (12)$$

Висновки. 1. З урахуванням недоліків існуючих моделей функціонування об'єктів експлуатації розроблені вимоги до математичної моделі процесу технічної обслуговування і ремонту об'єктів судового обладнання суден. На підставі розроблених вимог обґрунтовані клас моделі та метод моделювання.

2. На підставі формалізації розроблена математична модель процесу ТО і Р об'єктів судових комплексів судна, що дозволяє отримати кінцеві аналітичні вирази для розрахунків шуканих показників ефективності досліджуємого процесу. Модель дозволяє оцінити вплив системи відновлення СС, як сукупності засобів контролю, діагностичних і ремонтних засобів, комплектів запасних елементів, виконавців, що взаємодіють з об'єктом експлуатації за встановленими правилами, на ефективність процесу ТО і Р.

3. В межах розробленої моделі розглядаються підходи щодо визначення впливу на

ефективність процесу ТО і Р об'єктів суднових комплексів їх повноти відновлення в умовах експлуатанта та багатоетапності процесу технічного обслуговування з урахуванням повноти контролю технічного стану об'єктів судового обладнання судна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Егоров Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска. – СПб.: Судостроение, 2007. – 384 с.
2. Техничко-економические характеристики судов морского флота. РД 31.03.01-90. – М.: В/О «Мортехинформреклама», 1992. – 232 с.
3. Судостроение и судостроение (статистика, экономика, цены). ЦНИИ им. Акад. А.Н.Крылова. – Вып. 8(35). – СПб, 2006. – 260 с.
4. Смирнов Н.Н., Ицкович А.А. Обслуживание и ремонт техники по состоянию. – М.: Транспорт, 1987. – 277 с.
5. Волков Л.И. Управление эксплуатацией корабельных комплексов – М.: Высшая школа, 1981 – 368 с.
6. Барзилович Е.Ю. Модели технического обслуживания сложных систем. – М.: Высшая школа, 1982. – 231 с.
7. Навігаційне забезпечення управління рухом суден (навчальний посібник)/ [Богом'я В.І., Давидов В.С., Доронін В.В., Пашков Д.П., Тихонов І.В.].–Вид.1-е.–К.:ДВВП «Компас», 2012 – 336 с.
8. Каштанов В.А. Оптимальные задачи технического обслуживания. – М.: Знание, 1981. – 122 с.
9. Стадник А.И. Выбор метода многокритериальной оптимизации для управления водным транспортным средством// Лавриненко В.Ф., Стадник А.И., Тарохтей В.П. –К.:КДАВТ, «Водний транспорт», 2014. –Вип.3(21).–С.11–14.