

ОСОБЛИВОСТІ АНАЛІТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДЕН У СУЧАСНИХ УМОВАХ

Musorin O.O., Trofimenko I.V., Shapran Y.E. Features of analytical providing of ships expatiation in operation conditions.

The goal of this article is to determine the priorities of scientific and technical nature, the solution of which creates conditions for improving the operation of ships and restore the basic parameters that characterize the operation of ship equipment reliability.

In article resulted values of data processing reliability during operation is usually compared with the corresponding values compared to the previous periods. This approach allows a qualitative assessment of reliability relative to prior periods of operation. However, is not considered the impact on the statistical evaluation of the intensity of use.

Statistical data failures and faults received in the unstable conditions of observation, which significantly affects the accuracy and reliability assessment. One of the partial objectives of the study is to improve methods of statistical control units ship equipment reliability with the influence the intensity of exploitation and unstable conditions of observation.

Keywords: exploitation, diagnostic, control of parameters, ship equipment

Мусорін О.О., Трофименко І.В., Шапран Ю.Є. Особливості аналітичного забезпечення експлуатації суден у сучасних умовах.

Ціллю даної статті є визначення пріоритетних задач науково-технічного характеру, вирішення яких створює умови до удосконалення процесу експлуатації суден та наведення основних показників, які характеризують надійність експлуатації суднового обладнання.

У статті значення показників надійності за період експлуатації, які отримані у результаті обробки інформації порівнюються з відповідними значеннями показників за попередні періоди. Такий підхід дозволяє здійснити якісну оцінку рівня надійності по відношенню до попередніх періодів експлуатації. При цьому, не враховується вплив на статистичну оцінку показника інтенсивності експлуатації.

Статистичні дані про відмови та несправності отримуються при нестабільних умовах спостережень, що значно впливає на точність та достовірність оцінки. Одним з часткових завдань дослідження є удосконалення методики статистичного контролю надійності агрегатів суднового обладнання з урахуванням впливу інтенсивності експлуатації та нестабільних умов спостережень.

Ключові слова: експлуатація, діагностика, контроль параметрів, суднове обладнання

Мусорин О.О., Трофименко И.В., Шапран Ю.Е. Особенности аналитического обеспечения эксплуатации судов в современных условиях.

Целью данной статьи является определение приоритетных задач научно-технического характера, решение которых создает условия для совершенствования процесса эксплуатации судов и наведения основных показателей, характеризующих надежность эксплуатации судового оборудования.

В статье, значения показателей надежности за период эксплуатации, полученные в результате обработки информации сравниваются с соответствующими значениями показателей за предыдущие периоды. Такой подход позволяет осуществить качественную оценку уровня надежности по отношению к предыдущим периодам эксплуатации. При этом, учитывается влияние на статистическую оценку показателя интенсивности эксплуатации.

Статистические данные об отказах и неисправностях получаемые при нестабильных условиях наблюдений, значительно влияет на точность и достоверность оценки. Одним из частных задач исследования является совершенствование методики статистического контроля надежности агрегатов судового оборудования с учетом влияния интенсивности эксплуатации и изменяющимся условиям наблюдений.

Ключевые слова: эксплуатация, диагностика, контроль параметров, судовое оборудование

Вступ

Серед важливих задач у напрямку удосконалення експлуатації за технічним станом є удосконалення системи збору, обробки та аналізу інформації про технічний стан та надійність суден.

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

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

На практиці у процесі експлуатації техніки для оцінки безвідмовності використовуються, як правило, показники інтенсивності відмов, параметру потоку відмов, середній наробіток до відмови, середній наробіток на відмову.

У науково-технічній літературі [1, 2, 8-15] загальноприйнятим вважається підхід до оцінювання показників надійності технічних виробів (інтенсивності відмов, параметру потоку відмов) як функції наробітку при різних законах розподілу часу між відмовами. Методи статистичного оцінювання показників при різних планах випробувань (спостережень) на надійність закріплені у державних стандартах України [3, 6]. Але, як відмічається у [4, 5, 7], реальні умови експлуатації техніки не відповідають жодному плану, встановленому стандартом.

Деякі автори відмічають, що фізичне зношування технічних виробів виникає як під час їх використання за призначенням – зношування 1-го роду, так й під час простоїв (зберігання) – зношування 2-го роду [7, 10, 13].

Проведений аналіз літератури свідчить про відсутність чітко обґрунтованих рекомендацій щодо урахування впливу на величину статистичної оцінки показника надійності виробу календарного терміну його експлуатації поряд з наробітком.

Формулювання цілей статті.

Таким чином, ціллю даної статті є визначення пріоритетних задач науково-технічного характеру, вирішення яких створює умови до удосконалення процесу експлуатації суден та наведення основних показників, які характеризують надійність експлуатації судового обладнання.

Виклад матеріалів дослідження.

Для оцінки надійності технічних виробів використовуються встановлені стандартами показники. Так для опису *безвідмовності* використовуються такі показники: ймовірність безвідмовної роботи – $P(t)$; інтенсивність відмов – $\lambda(t)$; параметр потоку відмов – $z(t)$; середній наробіток до відмови – T_1 ; середній наробіток на відмову – T_0 .

Для опису *довговічності* використовуються: середній ресурс – T_n ; експлуатаційний ресурс – T_c ; гамавідсотковий строк служби – $T_{\%}$. Для опису *ремонтпридатності* використовуються такі показники: імовірність відновлення – P_b ; інтенсивність відновлення – $\mu(t)$; середня тривалість відновлення – T_b .

Одиничні показники надійності (наприклад, ремонтпридатність) характеризують тільки одну із властивостей технічного об'єкту, в той час як комплексні показники характеризують декілька властивостей, і в подальшому будуть використовуватися у якості основних для оцінки ефективності таких складних об'єктів, як судно та його функціональних систем. До цих показників відносяться коефіцієнт готовності – K_r , коефіцієнт оперативної готовності – K_{op} та коефіцієнт технічного використання – $K_{тв}$ [1–4].

Коефіцієнт готовності $K_r(t)$ прийнято визначати як імовірність того, що об'єкт буде в працездатному стані в будь-який момент часу, крім запланованих періодів, впродовж яких застосування об'єкта за призначенням не передбачається [2].

Залежність $K_r(t)$ від часу часто називають нестационарним коефіцієнтом готовності (функцією готовності). Отримати вираз для нестационарного коефіцієнта готовності в аналітичному вигляді досить складно і в загальному випадку він має вигляд [2-6]

$$K_r(t) = P(t) + \int_0^t P(t-\tau) \cdot \omega_b(\tau) \cdot dt,$$

де $\omega_b(\tau)$ – параметр потоку відновлень.

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

$$K_r = \frac{M(T_0)}{M(T_0) + M(T_B)},$$

де $M(T_0)$ – математичне очікування часу знаходження ЛА у справному стані; $M(T_B)$ – математичне очікування часу відновлення ЛА.

Поряд з $K_r(t)$ ДСТУ вводять коефіцієнт оперативної готовності $K_r(t, t + \tau)$ як імовірність того, що об'єкт буде знаходитися у працездатному стані в довільний проміжок часу, крім запланованих періодів, впродовж яких застосування об'єкта за призначенням не передбачається, та починаючи з цього моменту буде працювати безвідмовно упродовж заданого інтервалу часу τ

$$K_r(t, t + \tau) = P(t + \tau) + \int_0^t P(t + \tau - x) \cdot \omega_b(x) dt.$$

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 $K_{ТВ}$, який дорівнює відношенню математичного очікування (МО) часу перебування об'єкта у працездатному стані за деякий період експлуатації $M(T_0)$ до суми МО часу перебування об'єкта в працездатному стані та сумарного часу простоїв на всіх видах профілактичних та ремонтних робіт

$$K_{ТВ} = \frac{M(T_0)}{M(T_0) + M(T_{пр})},$$

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

Для оцінки рівня надійності (безвідмовності) відновлюваних об'єктів використовують характеристики потоку відмов: параметру потоку відмов \hat{z} або наробітку на відмову \hat{T}_0

$$\hat{z} = \frac{n}{t_{\Sigma}}, \quad \hat{T}_0 = \frac{t_{\Sigma}}{n},$$

де n – сумарна кількість відмов і пошкоджень, що були виявлені в польоті та на землі за досліджуваний період часу експлуатації τ сукупності однотипних виробів; t_{Σ} – сумарне напрацювання у польоті сукупності однотипних виробів за той же період часу τ .

Припустимо, що на виріб впливають два незалежних потоки відмов. Перший потік відмов пов'язаний з наробітком, другий – з календарним часом його експлуатації. Обидва потоки є простішими з відповідними інтенсивностями z_1 та z_2 . При цьому виріб являє собою об'єкт зі змінним режимом експлуатації.

З урахуванням наведених припущень в деякій літературі можна знайти наступне граничне співвідношення [2-9]

$$z_1 + \frac{z_2}{K_1} = z = \frac{1}{T_0},$$

звідки отримуємо

$$\frac{K_I}{z_1 \cdot K_I + z_2} = T_0, \quad (1)$$

Коефіцієнт $0 \leq K_I < 1$ характеризує інтенсивність льотної експлуатації виробу за час T_e і визначається за виразом

$$K_I = \frac{T_e - T_{TO} - T_{відн} - T_{прост}}{T_e} \approx \frac{t}{T_e} \quad (2)$$

де T_e – календарний час експлуатації виробу за період (рік, півріччя), год., T_{TO} – середній час ТО виробу за той же період, год., $T_{відн}$ – середній час відновлення виробу за період, год., $T_{прост}$ – середній час простою виробів за період без застосування за призначенням, год., t – середній наробіток виробу за період, год.

За своїм змістом K_I схожий на коефіцієнт планованого застосування $K_{ПЗ}$, але останній враховує наробіток, що планується, та не враховує час простою без застосування за призначенням.

За допомогою виразу (1) та (2) можна виконати якісну та кількісну оцінку впливу інтенсивності експлуатації виробу K_I на показник його надійності (безвідмовності) T_0 .

Якісно з (1) видно, що при збільшенні інтенсивності експлуатації сукупності виробів K_I збільшується чисельник та добуток в сумі знаменника ($z \cdot K_I$), але у зв'язку з тим, що $z_I < 1$, чисельник зростає швидше, тому оцінка T_0 теж збільшується

$$K_I \uparrow \Rightarrow \frac{K_I \uparrow \uparrow}{(z_I \cdot K_I) \uparrow + z_2} \Rightarrow T_0 \uparrow$$

Навпаки, при зменшенні інтенсивності експлуатації сукупності виробів $K_I \downarrow$ оцінка середнього наробітку на відмову та пошкодження T_0 теж зменшується

$$K_I \downarrow \Rightarrow \frac{K_I \downarrow \downarrow}{(z_I \cdot K_I) \downarrow + z_2} \Rightarrow T_0 \downarrow$$

Таким чином, статистичний показник надійності змінюється в залежності від інтенсивності експлуатації, хоча реальний рівень надійності при цьому залишається незмінним.

Розглянемо граничні випадки. Очевидно, що при достатньо високій інтенсивності відбувається швидке вичерпання ресурсу виробу за наробітком, відсутні тривалі простої без застосування за призначенням, тому інтенсивність потоку відмов, пов'язаних з старінням матеріалів $z_2 \rightarrow 0$. В цьому випадку, як видно з виразу (1), маємо

$$T_0 = \frac{1}{z_1},$$

тобто міжперіодична оцінка дозволяє достатньо точно оцінити реальний рівень надійності та не залежить від зміни інтенсивності застосування.

Інша справа, якщо інтенсивність експлуатації мала [5-9]. В цьому випадку мають місце довготривалі простої без застосування за призначенням, відбувається інтенсивне старіння матеріалів конструкції на етапі, коли досягається вичерпання ресурсу за календарними термінами служби при істотному залишку ресурсу за наробітком. В граничному випадку, коли спостерігаються високі значення z_2 при $z_1 \rightarrow 0$, вираз (1) приймає вигляд

$$T_0 = \frac{K_I}{z_2}, \quad (3)$$

що свідчить про прямопропорційну залежність оцінки показника (3) від інтенсивності експлуатації.

Висновки

Отримані у 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 отримуються при нестабільних умовах спостережень, що значно впливає на точність та достовірність оцінки. Одним з часткових завдань дослідження є удосконалення методики статистичного контролю надійності агрегатів судового обладнання з урахуванням впливу інтенсивності експлуатації та нестабільних умов спостережень.

Список використаної літератури

1. Мясников Ю.Н. Надежность и техническая диагностика судовых энергомеханических систем / Мясников Ю.Н. – 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. Статистическая теория надежности и испытания на безотказность / Р. Барлоу, Ф. Прошан ; пер. с англ. И. А. Ушакова. – М.: Наука, 1985. – 328 с.
4. Smith A. M. RCM: gateway to world class maintenance / Anthony M. Smith., Glenn R. Hincheliffe – Elsevier Inc., Burlington, USA, 2004. – 340 p.
5. Надійність техніки. Експериментальне оцінювання та контроль надійності. Основні положення: ДСТУ 2864 : 94. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1995. – 30 с.
6. Надійність техніки. Терміни та визначення: ДСТУ 2860 : 94. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1995. – 79 с.
7. Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги: ДСТУ 2862:94. – [Чинний від 1994-12-08]. – К.: Держстандарт України, 1994. – 38 с.
8. Райншке К. Оценка надежности систем с использованием графов / Райншке К., Ушаков И.А.; [под ред. И.А.Ушакова]. - М.: Радио и связь, 1988. - 208 с.
9. Большие технические системы: проектирование и управление / [Л.М. Артюшин, Ю.К. Зиатдинов, И.А. Попов, А.В. Харченко.]. – Харьков: Факт, 1997. – 400 с.

Автори статті

Мусорін О.О. - аспірант, Київська державна академія водного транспорт імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного, Україна. Тел. +38 050 398 47 96. E-mail: bog2603@ukr.net

Трофименко І.В. - аспірант, Київська державна академія водного транспорт імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного, Україна. Тел. +38 050 398 47 96. E-mail: bog2603@ukr.net

Шапран Ю.Є. - аспірант, Київська державна академія водного транспорт імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного, Україна. Тел. +38 050 398 47 96. E-mail: bog2603@ukr.net

Authors of the article

Musorin O.O. – post-graduate student, The Kyiv State Maritime Academy named after hetman Petro Konashevich-Sahaydachnyi Kyiv, Ukraine. Tel. +38 050 398 47 96. E-mail: bog2603@ukr.net

Trofimenko I.V. – post-graduate student, The Kyiv State Maritime Academy named after hetman Petro Konashevich-Sahaydachnyi Kyiv, Ukraine. Tel. +38 050 398 47 96. E-mail: bog2603@ukr.net

Shapran Y.E. – post-graduate student, The Kyiv State Maritime Academy named after hetman Petro Konashevich-Sahaydachnyi Kyiv, Ukraine. Tel. +38 050 398 47 96. E-mail: bog2603@ukr.net

Дата надходження в редакцію: 19.01.2017 р.

Рецензент: д.т.н., проф. В.І. Богомья