

Військово-технічні проблеми

УДК 519.873:621.389

С.В. Герасимов¹, Ю.Є. Шапран², В.В. Кірвас¹

¹ Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

² Державний університет інфраструктури та технологій, Київ

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ РОЗРАХУНКУ ДОСТОВІРНОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Обґрунтований вплив контролю технічного стану радіотехнічних систем морського транспорту на якість виконання завдань щодо морських перевезень. Об'єктом дослідження є вимірювальний контроль параметрів при визначенні технічного стану радіотехнічних систем. Методи дослідження базуються на теорії контролю та теорії ймовірностей, способах комп'ютерного моделювання. Особливістю запропонованого методу розрахунку достовірності вимірювального контролю параметрів радіотехнічних систем морського транспорту є врахування вагових коефіцієнтів контрольованих і неконтрольованих параметрів і розгляд таких систем як об'єктів, відмови яких нерівноімовірні, та об'єднання поняття методичної та інструментальної достовірностей. Дослідження запропонованого методу за допомогою комп'ютерного моделювання довело адекватність отриманих співвідношень. Розроблений метод пропонується використовувати при постановці та рішенні задач оптимізації параметрів контролю при визначенні технічного стану радіотехнічних систем морського транспорту на етапі експлуатації.

Ключові слова: технічний стан, контроль, повнота та достовірність контролю, радіотехнічні системи параметри контролю.

Вступ

Постановка проблеми. Основним елементом морського транспорту, який відповідає за безпеку мореплавання, збереження життя екіпажа та довкілля, є радіотехнічні засоби (РТЗ), до яких відносять: суднові засоби зв'язку, електро-радіонавігаційні прилади, радіотехнічні прилади пошукової техніки і морехідних інструментів [1–3]. Наприклад, РТЗ морського транспорту вирішує завдання радіонавігації: визначення координат транспорту та його місце розташування відносно інших точок прив'язки, напрям руху у заданий район. Ці завдання вирішуються за допомогою радіокомпасів, радіомаяків, радіонавігаційної системи. Тому безаварійна експлуатація морського транспорту цілком залежить від справної (правильно) роботи РТЗ, тобто їх справності.

Контроль технічного стану РТЗ морського транспорту є невід'ємною частиною процесу їх експлуатації [3]. Основне завдання контролю РТЗ полягає в отриманні інформації про їх технічний стан для вироблення необхідних дій на контрольований засіб або умови її експлуатації з метою забезпечення максимального ефекту від застосування цього засобу за призначенням [4–6]. Процедура контролю технічного стану РТЗ полягає в перевірці відповідності їх якості певним вимогам. Ці вимоги задаються зазвичай у вигляді обмежень на показники властивостей РТЗ, які в сукупності ви-

значають їх якість. Показники якості РТЗ, доступні для спостереження, використовуються як ознаки для визначення їх технічного стану.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищення ефективності проведення контролю технічного стану РТС полягає у збільшенні інформації про достовірність щодо реального стану та зменшенні часових витрат, що пов'язане зі зниженням вартості проведення контролю. При цьому неправильний вибір параметрів контролю (ПК) веде до великих непродуктивних витрат, зниженню достовірності контролю й ефективності застосування РТС за призначенням. Тому оптимальний вибір ПК є однією з найбільш важливих і складних задач теорії контролю технічного стану РТС [4–16].

Однак, при обґрунтуванні складу ПК, особливо РТС, які створюються, можуть виникнути протиріччя, наприклад, коли вартість проведення контролю параметрів наявними засобами вимірювальної техніки (ЗВТ) перевищує вартість самого зразка РТС, тобто контроль економічно не вигідний. Це зв'язано з тим, що кількість ПК РТС неоднозначна пов'язана з показниками якості цієї системи. Для одержання оптимального рішення використовується метод послідовного наближення, що полягає в багаторазовому вирішенні задач оптимізації складу ПК РТС [15].

Тоді необхідні критерії оптимізації, які ґрунтуються на розв'язанні систем нерівностей, що визначають співвідношення між отриманими та необхідними значеннями, наприклад, тривалості вимірювань (контролю) ПК, вартості ЗВТ, періодичності контролю кожного параметра, достовірності помилкової та невиявленої відмов. Так, основний недолік відомих методів розрахунку достовірності вимірювального контролю параметрів технічних систем полягає у тому, що вони не враховують вплив кожного окремого параметра контролю та вплив неконтрольованих параметрів на загальний результат контролю технічного стану технічних систем.

Метою статті є розробка методу, який дозволяє розраховувати достовірність вимірювального контролю параметрів радіотехнічних систем морського транспорту, та його дослідження.

Виклад основного матеріалу

При організації контролю технічного стану РТЗ існує задача вибору оптимального складу ПК для визначення тактико-технічних характеристик систем. На практиці внаслідок ряду обмежень (на час контролю, вартість його проведення тощо) кількість параметрів контролю доводиться обмежувати. Недостатня повнота контролю призводить до помилок, що не дозволяє об'єктивно оцінити технічний стан РТЗ. У зв'язку з цим необхідно досліджувати залежність показників ефективності контролю РТЗ, з урахуванням особливостей їх експлуатації на морському транспорті, від їх ПК.

До основних показників ефективності проведення контролю параметрів РТЗ відносять [5–9]:

– імовірність помилок контролю першого α і другого β роду;

– безумовні ймовірності того, що працездатний зразок РТЗ визнається непрацездатним (хибна відмова), а зразок, що відмовив, – працездатним (невиявлена відмова), позначимо їх $P_{хв}$, $P_{нв}$ відповідно;

– імовірність прийняття правильного рішення при контролі (достовірність проведення контролю), яка визначається за формулою:

$$D = D_m + D_i = 1 - P_{хв} - P_{нв} = 1 - \alpha P_{р\text{тс}} - \beta(1 - P_{р\text{тс}}), \quad (1)$$

де $P_{р\text{тс}}$ – імовірність безвідмовної роботи РТЗ; D_m , D_i – методична та інструментальна достовірності контролю відповідно.

Рішення про працездатність зразка РТЗ приймається за результатами контролю його параметрів контролю, тому значення $P_{р\text{тс}}$ розраховуємо так:

$$P_{р\text{тс}} = P_{р\text{тс}}^n P_{р\text{тс}}^{N-n},$$

де $P_{р\text{тс}}^n$, $P_{р\text{тс}}^{N-n}$ – відповідно імовірності безвідмовної роботи РТЗ за контрольованими n і неконтрольованими $N-n$ параметрам; N – кількість параметрів

РТЗ, за значеннями яких можливо встановити технічний стан.

Для неконтрольованої частини параметрів $N-n$ значення імовірності $P_{р\text{тс}}^{N-n}$ визначається заданими дослідної експлуатації аналогічних зразків РТЗ або після проведення контролю параметрів за елементами при випуску із виробництва.

У роботах [5–16] розглядаються складні технічні об'єкти, відмови елементів за усіма параметрами яких рівноімовірні та апіорна імовірність придатності за кожним з ПК ξ_i , $i = \overline{1, n}$, постійна. Проте, це припущення не відповідає особливостям експлуатації та контролю РТЗ [1]. Тому розраховуємо значення достовірності вимірювального контролю параметрів для РТЗ, відмови яких не рівноімовірні. Крім того, у відомих методах оптимізації ПК розрізняють поняття методичної та інструментальної достовірностей.

Пропонується поняття методичної та інструментальної достовірностей об'єднати. Необхідно відмітити, що при визначенні достовірності вимірювального контролю РТЗ обмеженої кількості ПК необхідно враховувати вплив контрольованих і неконтрольованих параметрів на загальний результат визначення технічного стану системи. Це обумовлено тим, що із загальної сукупності незалежних параметрів РТЗ для контролю можуть бути вибрані ті, вплив яких на показник ефективності його застосування не суттєвий. У той же час до числа виключених параметрів можуть входити такі, вплив яких на показник ефективності контролю істотний і їх вихід за допуск може привести до невиконання РТЗ поставленого завдання. Тому у співвідношенні для визначення достовірності вимірювального контролю параметрів РТЗ доцільно ввести коефіцієнти значущості ("ваги") кожного параметра.

Оскільки відмови РТЗ за параметрами контролю не рівноімовірні, то ймовірності $P_{р\text{тс}}$ і $P_{р\text{тс}}^n$ визначаються наступними виразами відповідно:

$$P_{р\text{тс}} = \prod_{i=1}^N P_i;$$

$$P_{р\text{тс}}^n = \prod_{i=1}^n P_i = \prod_{i=1}^n \left\{ \xi_i P_{x_i} (1 - \alpha_i)^2 + \beta_i [P_{x_i} (1 - \xi_i) + \xi_i (1 - P_{x_i})] \right\}.$$

Тоді

$$P_{р\text{тс}} = \prod_{i=1}^n P_i \cdot \prod_{i=n+1}^N P_i, \quad (2)$$

де $\prod_{i=1}^n P_i$; $\prod_{i=n+1}^N P_i$ – імовірність працездатного стану контрольованої та неконтрольованої частин РТЗ відповідно.

Імовірність справного стану неконтрольованої частини РТЗ визначимо так:

$$\prod_{i=n+1}^N P_i = \prod_{i=n+1}^N \left\{ \xi_i P_{x_i} (1 - \alpha_i)^2 + \beta_i \left[P_{x_i} (1 - \xi_i) + \xi_i (1 - P_{x_i}) \right] \right\}. \quad (3)$$

Для визначення ймовірності справного стану неконтрольованої частини РТЗ згідно (3), необхідно знати значення ймовірностей $\alpha_i, \beta_i, i = n+1, \bar{N}$. Для обчислення цих значень пропонується скористатися наступними формулами [14]:

$$\alpha_i = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{1 + 2\varepsilon_i^2}} \exp \left\{ -\frac{\theta_i^2 \varepsilon_i}{1 + 2\varepsilon_i} \right\} \times \left[\Phi \left(\frac{\theta_i (1 + 4\varepsilon_i^2)}{\sqrt{1 + 2\varepsilon_i^2}} \right) + \Phi \left(\frac{\theta_i}{\sqrt{1 + 2\varepsilon_i^2}} \right) \right]; \quad (4)$$

$$\beta_i = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{1 + 2\varepsilon_i^2}} \exp \left\{ -\frac{\theta_i^2 \varepsilon_i}{1 + 2\varepsilon_i} \right\} \times \left[\Phi \left(\frac{\theta_i (1 + 4\varepsilon_i^2)}{\sqrt{1 + 2\varepsilon_i^2}} \right) - \Phi \left(\frac{\theta_i}{\sqrt{1 + 2\varepsilon_i^2}} \right) \right]; \quad (5)$$

де $\theta_i = \Delta x_i / \sigma_{x_i}$; $\varepsilon_i = \sigma_{x_i} / \sigma_{звт_i}$; $\sigma_{звт_i}$ – середнє квадратичне відхилення похибки ЗВТ для оцінки ПК x_i ; Δx_i – значення симетричного допуску на ПК x_i ; $\Phi(\dots)$ – табульована функція Лапласа.

Вирази для визначення ймовірності помилок контролю першого та другого роду запишемо так:

$$\alpha = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \alpha_i); \quad (6)$$

$$\beta = \prod_{i=1}^n (1 - \alpha_i) - \Pi \times \left[\prod_{i=1}^n (1 - \alpha_i) - \frac{\prod_{i=1}^n \left[P_i (1 - \alpha_i) + (1 - P_i) \beta_i \right] - \prod_{i=1}^n P_i (1 - \alpha_i)}{1 - \prod_{i=1}^n P_i} \right], \quad (7)$$

де Π – повнота контролю.

Тоді вираз (1) набуває вигляду:

$$D = 1 - \alpha \prod_{i=1}^n P_i \cdot \prod_{i=n+1}^N P_i - \beta \left(1 - \prod_{i=1}^n P_i \cdot \prod_{i=n+1}^N P_i \right). \quad (8)$$

Для визначення повноти контролю РТЗ, при його контролі за незалежними параметрами, скористаємося співвідношенням [4]:

$$\Pi = 1 - \prod_{i=1}^n P_i / 1 - \prod_{i=1}^N P_i. \quad (9)$$

Пропонується у виразі (9) враховувати значення "ваги" кожного із ПК:

$$\Pi = \frac{1 - \prod_{i=1}^n b_i P_i}{1 - \prod_{i=1}^N b_i P_i}. \quad (10)$$

Для перевірки отриманого виразу на адекватність розглянемо його граничне значення при $n = N$ і однакових коефіцієнтах значимості $b_i = b$. Тоді з виразу (10) отримаємо

$$\begin{aligned} \Pi &= \frac{1 - \prod_{i=1}^n b_i P_i}{1 - \prod_{i=1}^N b_i P_i} = \\ &= \frac{1 - b^n \prod_{i=1}^n P_i}{1 - b^n \prod_{i=1}^n P_i} = 1, \end{aligned}$$

тобто повнота контролю максимальна, що підтверджує адекватність отриманого співвідношення (10).

З урахуванням формул (6) і (7) співвідношення (8) запишемо так:

$$\begin{aligned} D &= 1 - \left[1 - \prod_{i=1}^n (1 - \alpha_i) \right] \prod_{i=1}^n P_i \prod_{i=n+1}^N P_i - \left(1 - \prod_{i=1}^n P_i \cdot \prod_{i=n+1}^N P_i \right) \times \\ &\times \left[\prod_{i=1}^n (1 - \alpha_i) - \Pi \cdot \left(\prod_{i=1}^n (1 - \alpha_i) - \frac{\prod_{i=1}^n \left[(1 - \alpha_i) P_i + \beta_i (1 - P_i) \right] - \prod_{i=1}^n P_i (1 - \alpha_i)}{1 - \prod_{i=1}^n P_i} \right) \right]. \end{aligned} \quad (11)$$

Підставимо вираз (10) в формулу (11). Після її

перетворення запишемо для достовірності контролю:

$$D = \prod_{i=1}^n P_i \cdot \prod_{i=1}^N P_i \cdot \prod_{i=1}^n (1 - \alpha_i) + (1 - \prod_{i=1}^n P_i \cdot \prod_{i=n+1}^N P_i) \times$$

$$\left\{ 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \alpha_i) + \frac{1 - \prod_{i=1}^n b_i P_i}{1 - \prod_{i=1}^n b_i P_i} \times \left[\prod_{i=1}^n (1 - \alpha_i) - \frac{\prod_{i=1}^n \left[(1 - \alpha_i) P_i + \beta_i (1 - P_i) \right] - \prod_{i=1}^N P_i \cdot \prod_{i=1}^n (1 - \alpha_i)}{1 - \prod_{i=1}^n P_i} \right] \right\}. \quad (12)$$

Отриманий вираз (12) більш точно оцінює достовірність вимірювального контролю параметрів РТС, оскільки враховує вагові коефіцієнти контрольованих і неконтрольованих параметрів і розглядає РТС як об'єкт, відмови якого нерівномірні.

Результати проведеного дослідження отриманого виразу для достовірності вимірювального контролю (12) за допомогою пакета прикладних програм Matchad-8 наведені на рис. 1.

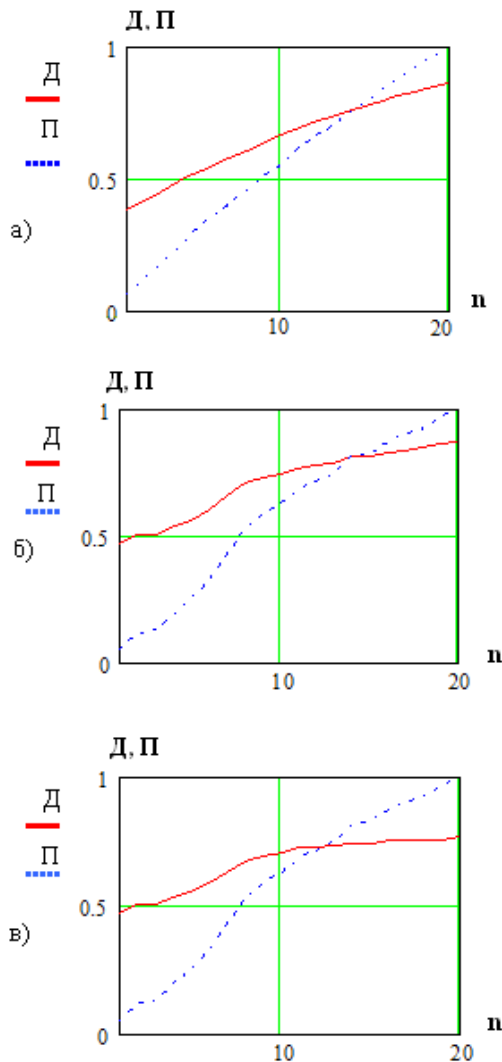


Рис. 1. Графіки залежності достовірності D і повноти контролю P від кількості ПК при різних помилках контролю першого α і другого β роду

На рисунку представлені залежності достовірності та повноти контролю від кількості ПК, розраховані за формулами (12) і (10) відповідно.

Вихідні дані для розрахунків (взяті значення, що найбільш часто зустрічаються для РТС морського транспорту [1], [3]) при $N=20$, $n=1..20$:

- $\alpha_i = \beta_i = 0,01$; $P_i = 0,98$ (рис. 1, а);
- $\alpha_i = \beta_i = 0,05$; $P_i = 0,96 \div 0,99$ (рис. 1, б);
- $\alpha_i = \beta_i = 0,1$; $P_i = 0,96 \div 0,99$ (рис. 1, в).

Отримані залежності показують, що, при рівних ймовірностях P_i знаходження у межах допуску i -го параметра, зі збільшенням кількості ПК n повнота контролю P збільшується швидше, ніж достовірність контролю D (рис. 1, а). При різних ймовірностях P_i знаходження у межах допуску i -го параметра (рис. 1, б, в) значення достовірності та повноти контролю істотно залежать від числа ПК і від помилок контролю першого α_i і другого роду β_i і ймовірності P_i знаходження i -го параметра контролю у межах допуску, який не підлягає контролю. Характер отриманих залежностей не має протиріч з відомими, отриманими іншими авторами [6; 8–9; 11–12; 15]. Це підтверджує достовірність отриманих співвідношень (10) і (12).

Отже, співвідношення (12) більш точно оцінює достовірність вимірювального контролю параметрів РТС, так як воно враховує вагові коефіцієнти контрольованих і неконтрольованих параметрів і розглядає РТС як об'єкт, відмови якого нерівномірні. Тому вираз (12) пропонується до використання при постановці та розв'язанні задачі оптимізації параметрів контролю при визначенні технічного стану РТС морського транспорту.

Висновки

Від якості проведення контролю технічного стану РТС морського транспорту залежить ефективність і безпека морських перевезень. Результати перевірки запропонованого методу довели, що такий метод дозволяє обґрунтувати номенклатуру параметрів контролю для визначення дійсного (реального) технічного стану РТС за умови забезпечення потрі-

бного (необхідного) рівня оперативності контролю при заданому рівні достовірності цього контролю.

Отримання оперативної інформації про технічний стан РТС дозволить підвищити якість виконан-

ня поставлених завдань. Наприклад, для РТС морського транспорту це забезпечення оптимального та безпечного маршруту морських перевезень.

Список літератури

1. Тимошук О.М. Пропозиції щодо удосконалення методів оцінки ефективності системи контролю технічного стану радіотехнічних засобів морського транспорту / О.М. Тимошук, Ю.Є. Шапран // Водний транспорт. – 2011. – Вип. 11. – С. 5-12.
2. Узагальнений показник ефективності контролю технічного стану радіотехнічних засобів і методика його оцінювання / В.І. Богом'я, Ю.Є. Шапран, М.В. Кас'яненко, О.В. Якобінчук // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2017. – № 3 (30). – С. 5-8.
3. Соловьев И.Д. Морская радиоэлектроника / И.Д. Соловьев. – Санкт-Петербург: Политехника, 2003. – 185 с.
4. Чинков В.Н. Комплексная методика оптимизации контролируемых параметров сложных технических объектов / В.Н. Чинков, С.В. Герасимов // Украинский метрологический журнал. – 2003. – № 1. – С. 11-15.
5. Сергеев А.Г. Метрология / А.Г. Сергеев. – М.: ЛОГОС, 2009. – 247 с.
6. Метрологическое обеспечение и эксплуатация измерительной техники / Г.П. Богданов, В.А. Кузнецов, М.А. Лотонов и др.; под ред. В.А. Кузнецова. – М.: Радио и связь, 1990. – 240 с.
7. Страхов А.Ф. Автоматизированные измерительные комплексы / А.Ф. Страхов. – М.: Энергоиздат, 1990. – 216 с.
8. Дмитриев А.К. Основы теории построения и контроля сложных систем / А.К. Дмитриев, П.А. Мальцев. – Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 192 с.
9. Крещук В.В. Метрологическое обеспечение эксплуатации сложных изделий / В.В. Крещук. – М.: Из-во стандартов, 1989. – 200 с.
10. Чинков В.М. Основи метрології та вимірювальної техніки / В.М. Чинков. – Х.: ХВУ, 2001. – 424 с.
11. Величко О.М. Основи метрології та метрологічна діяльність / О.М. Величко, А.М. Коцюба, В.М. Новиков. – К: Техніка, 2000. – 228 с.
12. Theoretical basic concepts for formation of the criteria for measurement signals synthesis optimality for control of complex radio engineering systems technical status / A. Bractslavska, S. Herasimov, H. Zubrytskyi, A. Tymochko, A. Timochko // Системи обробки інформації. – 2017. – № 5 (151). – С. 151-157. <https://doi.org/10.30748/soi.2017.151.20>.
13. Clarke F. Functional analysis, Calculus of Variations and Optimal Control / F. Clarke. – New York: Springer, 2013. – 606 p.
14. Герасимов С.В. Метрологічна надійність засобів вимірювальної техніки: навч. посібник / С.В. Герасимов, В.Є. Козлов, Ю.П. Шамаєв. – Х.: ХВУ, 2006. – 175 с.
15. O'Neill C.R. Time-domain training signals comparison for computational fluid dynamics based aerodynamic identification / C.R. O'Neill // Journal of Aircraft. – 2005. – № 2 (42). – P. 421-428.
16. Barton D.K. Radar Equations for Modern Radar / D.K. Barton. – London: Artech House, 2012. – 264 p.

References

1. Tymoschuk, O. and Shapran, Yu. (2011), "Propozicii shchodo udoskonalennya metodiv ocinky efektyvnosti sistemy kontrolya texnichnogo stany radiotexnichnykh zasobiv morskogo transportu" [Proposals on the improvement of methods for assessing the effectiveness of the system of monitoring the technical condition of radio equipment transport sea], *Water transport*, No. 11, pp. 5-12.
2. Bogom'ya, V., Shapran, Yu., Kas'yanenko, M., and Yakobinchuk, O. (2017), "Uzagalneniy pokaznyk efektyvnosti kontrolyu tekhnichnogo stanu radiotekhnichnykh zasobiv i metodyka iogo ocinyuvannya" [Generalized index of efficiency of control of the technical state of radiotechnical facilities and methodology of his evaluation], *Modern information technologies are in the field of safety and defensive*, No. 3 (30), pp. 5-8.
3. Solov'ev, I. (2003), "Morskaya radioelektronika", [Marine Radio Electronics], Politekhnik, Sankt-Peterburg, 185 p.
4. Chynkov, V.N. and Herasymov, S.V. (2003), "Kompleksnaya metodyka optymizatsyy kontrolyruemykh parametrov slozhnykh tekhnicheskyykh ob'ektov" [Complex method of optimization of controlled parameters of complex technical objects], *Ukrainian Metrology Journal*, No. 1, pp. 11-15.
5. Serheev, A.H. (2009), "Metrolohiya" [Metrology], LOHOS, Moscow, 247 p.
6. Bohdanov, H.P., Kuznetsov, V.A., Lotonov, M.A. and Kuznetsova, V.A. (1990), "Metrolohycheskoe obespechenye y ekspluatatsyya yzmyrytel'noy tekhniky" [Metrological support and operation of measuring equipment], *Radyo y svyaz*, Moscow, 240 p.
7. Strakhov, A.F. (1990), "Avtomatyzirovannyye yzmyrytel'nye komplekсы" [Automated measuring complexes], *Énerhoizdat*, Moscow, 216 p.
8. Dmytryev, A.K. and Mal'tsev, P.A. (1988), "Osnovy teoryi postroyeniya y kontrolya slozhnykh system" [Fundamentals of the theory of construction and control of complex systems], *Énerhoatomizdat*, Leningrad, 192 p.
9. Kreshchuk, V.V. (1989), "Metrolohycheskoe obespechenye ékspluatatsyy slozhnykh yzdeliy" [Metrological support of the operation of complex products], *Yz-vo standartov*, Moscow, 200 p.
10. Chynkov, V.M. (2001), "Osnovy metrolohiyi ta vymiryval'noyi tekhniky" [Fundamentals of Metrology and Measuring Technology], KHVU, Kharkiv, 424 p.
11. Velychko, O.M., Kotsyuba, A.M. and Novykov, V.M. (2000), "Osnovy metrolohiyi ta metrolohichna diyal'nist'" [Fundamentals of metrology and metrological activity], *Tekhnika*, Kiev, 228 p.
12. Bractslavska, A., Herasimov, S., Zubrytskyi, H., Tymochko, A. and Timochko, A. (2017), Theoretical basic concepts for formation of the criteria for measurement signals synthesis optimality for control of complex radio engineering systems technical status, *Information Processing Systems*, No. 5 (151), pp. 151-157, <https://doi.org/10.30748/soi.2017.151.20>.
13. Clarke, F. (2013), *Functional analysis, Calculus of Variations and Optimal Control*, Springer, New York, 606 p.
14. Herasymov, S.V., Kozlov, V.Ye. and Shamayev, Yu.P. (2006), "Metrolohichna nadiynist' zasobiv vymiryval'noyi tekhniky: navchal'nyy posibnyk" [Metrological reliability of measuring equipment], KHVU, Kharkiv, 175 p.

15. O'Neill, C.R. (2005), Time-domain training signals comparison for computational fluid dynamics based aerodynamic identification, *Journal of Aircraft*, No. 2 (42), pp. 421-428.

16. Barton, D.K. (2012), *Radar Equations for Modern Radar*, Artech House, London, 264 p.

Надійшла до редколегії 5.09.2017

Схвалена до друку 2.11.2017

Відомості про авторів:

Герасимов Сергій Вікторович

доктор технічних наук старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-1810-0387>
 e-mail: gsvnr@ukr.net

Шапран Юлія Євгенівна

магістр аспірант Державного університету інфраструктури та технологій, Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-0229-2428>
 e-mail: bog2603@ukr.net

Кірвас Валерія Вікторівна

науковий співробітник Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5310-6587>
 e-mail: lera.kirvas@gmail.com

Information about the authors:

Sergei Herasimov

Doctor of Technical Sciences Senior Research Lead Researcher of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1810-0387>
 e-mail: gsvnr@ukr.net

Yuliya Shapran

Master Doctoral Student of State University of Infrastructure and technology, Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-0229-2428>
 e-mail: bog2603@ukr.net

Valeriya Kirvas

Research Associate of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5310-6587>
 e-mail: lera.kirvas@gmail.com

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА ДОСТОВЕРНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОРСКОГО ТРАНСПОРТА

С.В. Герасимов, Ю.Е. Шапран, В.В. Кирвас

Обосновано влияние контроля технического состояния радиотехнических систем морского транспорта на качество выполнения задач по морским перевозкам. Особенностью предложенного метода расчета достоверности измерительного контроля параметров радиотехнических систем морского транспорта является учет весовых коэффициентов контролируемых и неконтролируемых параметров и рассмотрение таких систем как объектов, отказы которых неравновероятны, и объединение понятие методической и инструментальной достоверности. Исследование предложенного метода с помощью компьютерного моделирования показало адекватность полученных соотношений. Разработанный метод предлагается использовать при оптимизации параметров контроля для определения технического состояния радиотехнических систем морского транспорта на этапе эксплуатации.

Ключевые слова: техническое состояние, контроль, полнота и достоверность контроля, радиотехнические системы параметры контроля.

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF THE METHOD OF CALCULATION OF RELIABILITY MEASURING CONTROL OF PARAMETERS OF RADIO ENGINEERING SYSTEMS OF MARINE TRANSPORT

S. Herasimov, Yu. Shapran, V. Kirvas

The influence of control of the technical state of radio technical systems of sea transport on the quality of tasks for maritime transport is substantiated. The object of research is the measurement control of parameters in determining the technical state of radio systems. Research methods are based on theory of control and probability theory, methods of computer simulation. It is shown that the main non-account of the known methods of calculating the reliability of the measurement control of the parameters of technical systems is that they do not take into account the influence of each individual control parameter and the influence of controlled and uncontrolled parameters on the overall result of controlling the technical condition of technical systems. The peculiarity of the proposed method for calculating the reliability of the measurement control of the parameters of the radio technical systems of maritime transport is the consideration of weight factors of controlled and non-controlled parameters and the consideration of such systems as objects whose failure is unequally probable, and the unification of the concept of methodological and instrumental reliability. The study of the proposed method by means of computer modeling proved the adequacy of the obtained relationships. The developed method is proposed to be used when formulating and solving problems of optimization of control parameters in determining the technical condition of radio technical systems of maritime transport at the stage of operation.

Keywords: technical condition, control, completeness and reliability of control, radio engineering parameters control parameters.