

УДК: 623.486 (477)

М.В. Чорний, С.С. Степанов, Б.П. Матузко

Академія сухопутних військ, Львів

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОЦІНКИ РІВНЯ НАДІЙНОСТІ ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ПІД ЧАС ВИКОРИСТАННЯ

Розглянуто варіант формування системи інформаційного забезпечення оцінки рівня надійності озброєння і військової техніки у військових частинах (з'єднаннях) при реалізації стратегії технічного обслуговування і ремонту за станом з контролем рівня надійності.

Ключові слова: інформаційне забезпечення, надійність, озброєння і військова техніка, експлуатація, експлуатація за станом.

Постановка проблеми

В останній час все більше приділяється уваги питанню щодо впровадження у систему технічного обслуговування (ТО) і ремонту (Р) Сухопутних військ стратегій ТО і Р за станом, яку розрізняють на: за станом з контролем параметрів і за станом з контролем рівня надійності [1]. Стратегія ТО і Р за станом з контролем рівня надійності — одна з найбільш розповсюджених. Практичне застосування цієї стратегії дозволяє істотно скоротити витрати на технічну експлуатацію, що привело до широкого її впровадження за кордоном.

Упровадження стратегії ТО і Р з контролем рівня надійності припускає рішення ряду організаційних і технічних задач, у тому числі:

організацію оперативного збору й обробки інформації про надійність, що дозволяє визначати фактичні рівні надійності сукупності однотипних зразків озброєння і військової техніки (ОВТ);

розробку методу встановлення нормативних значень рівнів надійності для кожного типу ОВТ;

організацію оперативного порівняння фактичного рівня надійності з нормативним і виконання аналізу (прогнозування) можливих наслідків;

прийняття рішень про можливість продовження експлуатації ОВТ до відмови і розробки заходів щодо підтримки рівня їхньої надійності.

Успішне вирішення завдання щодо забезпечення відповідного рівня надійності ОВТ під час реалізації стратегії ТО і Р з контролем рівня надійності передбачає використання статистичної інформації за даними експлуатації. Оцінка рівня надійності за даними експлуатації має ряд особливостей, які обумовлені надходженням даних про нарробіток зразків ОВТ, що не доведені до відмови. Це виникає тому, що під час військової

експлуатації немає можливості свідомо (навмисно) доводити зразок ОВТ до фактичної відмови, враховуючи вимоги щодо забезпечення боєздатності військового формування. Здебільшого фіксуються результати певних відхилень та несправностей, тому для коректності розрізняють інформацію, яка надана щодо нарробітку, у момент якого відбулася відмова системи ОВТ, та у момент «хибної відмови» (значення показника, що контролювався, вийшло за допустимі межі). При неврахуванні цих ознак вести розмову щодо адекватності отриманих оцінок показників надійності не коректно.

У зв'язку з цим виникає необхідність створення системи інформаційного забезпечення оцінки рівня надійності ОВТ, яка повинна відповідати прийнятій сукупності показників процесу технічної експлуатації, загальним вимогам до інформації про рівень надійності систем ОВТ та реалізовувати науковий підхід щодо отримання оцінок показників надійності за експлуатаційними даними з урахування зазначених ознак. У даному випадку під інформаційним забезпеченням розуміється цілеспрямована діяльність щодо визначення, прийому, обробки та передачі даних про технічний стан ОВТ під час використання ТО і Р [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз останніх досліджень і публікацій стосовно зазначених особливостей даних експлуатації та завдань, які поставлені перед системою інформаційного забезпечення оцінки рівня надійності, засвідчує актуальність цієї проблематики.

У працях [1–5] розглядаються варіанти формування систем інформаційного забезпечення технічної експлуатації, які призначені для реалізації різних стратегій експлуатації та методів технічного обслуговування. Але запропоновані в них системи не адаптовані до роботи в зазначених вище умовах

експлуатації.

У працях [6–10] розглядаються різновиди оцінок ймовірності безвідмовної роботи за цензурованими вибірками експлуатаційних даних, але, як правило, в цих роботах надаються тільки оцінки без визначення їх властивостей.

У працях [11, 12] надається розвиток рангового підходу до побудови оцінок ймовірності безвідмовної роботи за цензурованими вибірками експлуатаційних даних з оцінкою їх дисперсії та перехід до оцінки параметра потоку відмов при умовних оцінках ймовірності безвідмовної роботи ОБТ. Але розглянуті підходи не враховують динамічність зміни технічного стану ОБТ.

Мета статті полягає у формуванні структурно-функціонального обрису системи інформаційного забезпечення оцінки рівня надійності ОБТ за даними експлуатації при реалізації стратегії ТО і Р з контролем рівня надійності.

Виклад основного матеріалу

У структуру системи інформаційного забезпечення, як правило, входять джерела інформації, засоби передачі інформації, накопичувачі інформації, засоби обробки інформації, засоби аналізу і видачі результатів оператору (особі, що приймає рішення). Інформаційне забезпечення у даному випадку повинно відображати ієрархічну структуру процесу експлуатації, ТО і Р, комплексний характер аналізу їх ефективності і базуватися головним чином на діючій у військових частинах і ремонтних органах обліково-звітній документації, яка при необхідності може бути удосконалена.

При формуванні системи інформаційного забезпечення доцільно чітко визначити шляхи надходження та проходження інформації, починаючи від заповнення первинної форми обліку експлуатаційної інформації до її систематизації у формі накопичувача. При цьому необхідно забезпечити можливість вводу інформації до персональної обчислювальної машини (ПЕОМ) за рівнем визначеного доступу та адаптувати до умов експлуатації у військовій частині.

Інформаційне забезпечення аналізу рівня надійності для сукупності однотипних зразків ОБТ під час використання включає декілька потоків інформації, які можна формалізувати виразом

$$I = \sum_{i=1}^m (I_{E_i} + I_{TO_i} + I_{P_i}), i = 1 \dots m,$$

де i – кількість зразків одного типу ОБТ; I_{E_i} – інформація про стан i -го зразка ОБТ, що надходить від екіпажу у процесі використання; I_{TO_i} – інформація про стан i -го зразка ОБТ, що надходить від спеціалістів обслуговуючого (ремонтного)

підрозділу під час проведення встановлених видів технічного обслуговування; I_{P_i} – інформація про стан i -го зразка ОБТ, що надходить у процесі проведення ремонтних робіт.

Кожний з потоків інформації реалізується у вигляді відповідних підсистем інформаційного забезпечення, які мають свої особливості щодо характеру інформації та джерелами її отримання, що доцільно врахувати під час формування системи.

Як вже зазначалося, основою для реалізації стратегії експлуатації за станом з контролем рівня надійності є визначення рівня показників надійності. Визначення якісних і кількісних характеристик показників надійності ОБТ базується на статистичних даних, що отримані за відповідними каналами інформації, про відмови та несправності техніки, які виявлені при використанні та різних видах ТО і Р. Тому кожне інформаційне повідомлення надається блоком даних у вигляді

$$I_j = (S_i^+, A_i) \text{ або } I_j = (S_i^-, D_i), j = 1 \dots k,$$

де j – вид каналу інформації; S_i^+ – наробіток у момент фактичної відмови i -го зразка ОБТ, за j -м каналом інформації; S_i^- – наробіток у момент цензурування для i -го зразка ОБТ; A_i – складова i -го зразка ОБТ, що відмовила; D_i – діагностичні ознаки прояву несправності складової i -го зразка ОБТ.

Сукупність даних формує випадкову цензуровану вибірку, яка має певні труднощі для її обробки та одержання адекватних оцінок показників надійності. На властивість оцінки показника надійності також впливає те, що не завжди є можливість відслідковувати процес зміни технічного стану з початку експлуатації та наявність ОБТ з термінами експлуатації, що перевищують нормативні.

Отже, програмно-математичне забезпечення системи повинне враховувати вищезадані особливості. За результатом аналізу методів обробки даних експлуатації основою для програмно-математичного забезпечення обраний метод, що реалізує ранговий підхід до побудови оцінок ймовірності безвідмовної роботи ОБТ за цензурованими вибірками даних експлуатації [10].

Обраний науковий метод обробки даних експлуатації базується на статистичних методах і надає можливість отримати оцінку ймовірності безвідмовної роботи ОБТ за даними експлуатації та оцінити її дисперсію. Але використання даних експлуатації за період наробітку, початок якого відмінний від початку експлуатації (або після відновлення ресурсу) (від S_1 до S_2 за умови $S = 0$, $S < S_1 < S_2$), спричиняє одержання умовної оцінки ймовірності безвідмовної роботи зразків ОБТ, що зменшує достовірність цього показника безвідмовності та призводить до зниження

ефективності функціонування системи інформаційного забезпечення. У такому випадку є доцільним перехід до іншого показника – параметра потоку відмов ω . Поставлена задача вирішується шляхом реалізації процедури апроксимації отриманих умовних оцінок ймовірності безвідмовної роботи сукупності однотипних зразків ОВТ, визначення виду функціональної залежності (математичної моделі безвідмовності), перевірки її на адекватність і на якість підбору за відомими критеріями, визначення параметрів одержаної функціональної залежності (математичної моделі безвідмовності) та розрахунок за їх величинами оцінки параметра потоку відмов [12].

Також необхідно враховувати динамічність зміни показника надійності на перспективу. В більшості випадків використовують інформацію лише з обліком поточного стану ОВТ і упускають питання, пов'язані з прогнозом його зміни, що призводить до інертності системи в плані визначення раціонального терміну вжиття заходів щодо корекції показників технічної експлуатації ОВТ у відповідності до обстановки, що змінюється.

Отже система інформаційного забезпечення оцінки рівня надійності ОВТ повинна забезпечувати можливість, на підґрунті апостеріорної інформації про поточний стан здійснювати оцінку та прогноз показників надійності сукупності однотипних

зразків ОВТ і на їх основі надавати пропозиції щодо корекції параметрів процесу технічної експлуатації ОВТ.

Таким чином, система інформаційного забезпечення оцінки рівня надійності ОВТ за експлуатаційними даними повинна мати такі складові та елементи, які забезпечують процедуру:

- збору та попередньої обробки експлуатаційних даних (формування варіаційних рядів та їх обробку);
- обробки результатів розрахунків з використанням апроксимаційних алгоритмів;
- визначення показників надійності на підставі експлуатаційних даних та оцінки їх властивостей;
- визначення періодичності ТО, методу ТО та комплексу заходів щодо забезпечення необхідного рівня надійності ОВТ на підставі прогнозу зміни показника надійності.

Призначення та цільова спрямованість системи обумовлені поєднанням наведених процедур.

На підставі вищезазначеного можна запропонувати структурно-функціональний обрис системи інформаційного забезпечення оцінки рівня надійності ОВТ під час використання, який наведений (рис. 1).

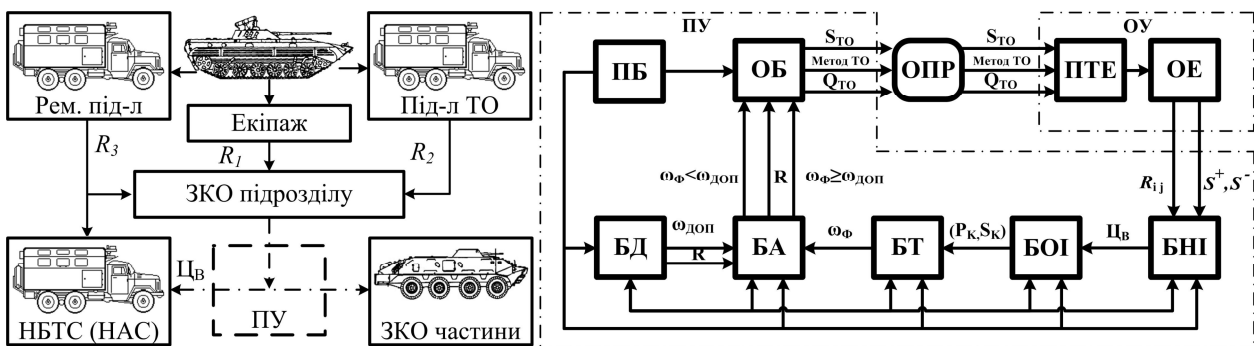


Рис. 1. Структурно-функціональний обрис системи інформаційного забезпечення оцінки рівня надійності ОВТ у військовому формуванні під час використання

Суть запропонованої системи інформаційного забезпечення оцінки рівня надійності сукупності однотипних зразків ОВТ пояснюється за допомогою схеми послідовних операцій (рис. 2).

Об'єктом керування (ОК) є сам об'єкт експлуатації (ОЕ), який є сукупністю однотипних зразків ОВТ, а також процес їх технічної експлуатації (ПТЕ). Індивідуальна інформація про надійність (вид відмови, місце прояву, наслідки) кожного зі зразків R_{ij} , надходить у блок накопичення інформації (БНІ). Також у цей блок надходять дані про наробіток кожного зі зразків ОВТ у момент відмови S^+ та у момент цензурування S^- . У БНІ накопичення інформації проводиться за

кожний зразок ОВТ, при цьому формується загальний варіаційний ряд. Сформований варіаційний ряд проходить через процедуру ранжування порядкової статистики для визначення рангу K , K_t наробітку S^+ та S^- . Процес поповнення та поновлення інформації проходить постійно в моменти надходження нових даних. У такий спосіб у БНІ створюються динамічні за часом цензуровані вибірки (Цв) експлуатаційних даних за сукупність однотипних зразків ОВТ. Це дозволяє сформувати відповідну базу даних (БД).

Інформація з БНІ або з БД за вимогою надходить у блок обробки інформації (БОІ).

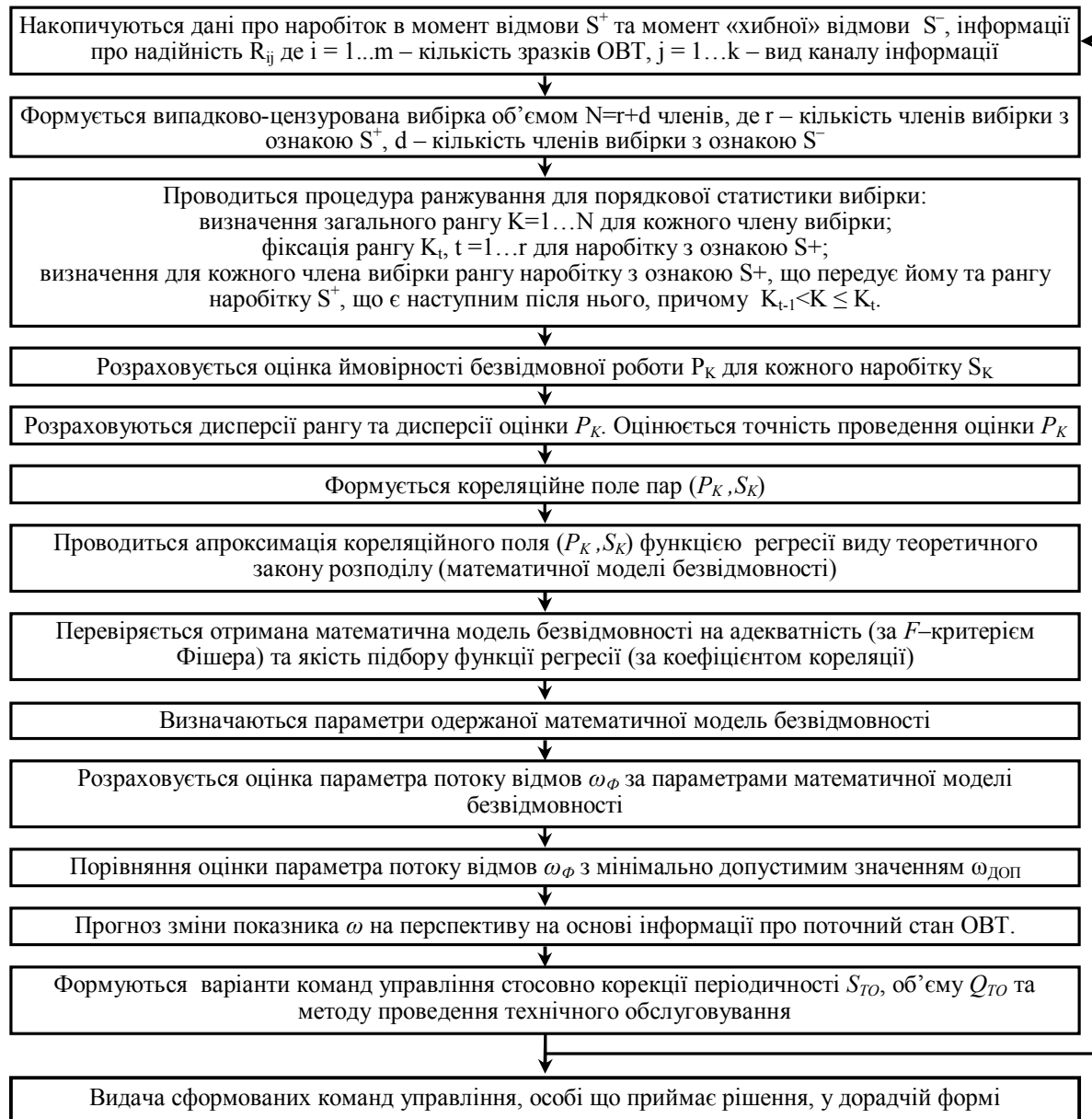


Рис. 2. Схема послідовних операцій системи інформаційного забезпечення оцінки рівня надійності ОБТ у військовому формуванні під час використання

У цьому блоці здійснюється оцінка ймовірності безвідмовної роботи (P_K) за сукупність однотипних зразків ОБТ за допомогою процедури рангового підходу до обробки цензурованих вибірок для кожного значення S_K за рекурентним виразом

$$P_K = P_{K_{i-1}}^+ \left(1 - \frac{K - K_{i-1}}{(K_i - K_{i-1})(N + 2 - K_i + \beta(K_i - K_{i-1} - 1))} \right),$$

де P_K – оцінка ймовірності безвідмовної роботи для k -го ($k=1, \dots, N$) наробітку у вибірці; $P_{K_{i-1}}^+$ – оцінка ймовірності безвідмовної роботи, що обчислена для наробітку в момент відмови, який передує k -му наробітку у вибірці; K – ранг наробітку, для якого обчислюється оцінка ймовірності безвідмовної роботи; K_{i-1} – ранг наробітку в момент відмови, що передує k -му наробітку у вибірці; K_i – ранг

наробітку в момент відмови, що слідує за k -м наробітком у вибірці, причому $K_{i-1} < K \leq K_i$; β – ваговий коефіцієнт.

Також в БОІ проводиться розрахунок дисперсії цієї оцінки за залежністю

$$D(P_K) = \frac{P_K(1 - P_K)}{(N + 2)} + \frac{D(\Delta_K)}{(N + 1)(N + 2)}.$$

Цей етап реалізується в декілька операцій. Спочатку визначається складова дисперсії, що обумовлена ймовірнісною властивістю статистики, а потім визначається складова, яка обумовлена ймовірнісною властивістю рангу через попередній розрахунок дисперсія рангу за виразом

$$D(\Delta_K) = \sum_{j=1}^K \left(\frac{P_K}{P_j^-} - \left(\frac{P_K}{P_j^-} \right)^2 \right),$$

де $D(\Delta_k)$ – дисперсія рангу k -го наробітку; P_j – оцінка ймовірності безвідмовної роботи у j -й момент цензурування ($j=1, \dots, d$).

Отримані величини дисперсії оцінки ймовірності безвідмовної роботи дозволяють судити про точність визначених оцінок та їх властивості.

За отриманими величинами оцінки P_k визначається основна тенденція зміни цього показника за наробітком у певний період використання (дослідження) та формується кореляційне поле пар (P_k, S_k) .

Сформоване кореляційне поле надходить до блока трансформації (БТ), де здійснюється апроксимація даних шляхом використання функцій регресії, які характеризують вид теоретичного закону розподілу (математичної моделі безвідмовності), що передбачається для кореляційного поля пар (P_k, S_k) .

Оцінка відповідності рівняння регресії (адекватності) математичній моделі безвідмовності здійснюється за F – критерієм Фішера, оцінка якості підбору виду рівняння регресії – за коефіцієнтом кореляції. Параметри розрахованої математичної моделі безвідмовності визначають параметр потоку відмов ω_ϕ . Оцінка ω_ϕ за даних обставин характеризує рівень безвідмовності сукупності однотипних зразків ОВТ і не є умовною.

Одержані результати розрахунків надходять до БД і заповнюють відповідні чарунки у відведених облікових файлах. Розраховане значення оцінки ω_ϕ з БТ надходить у блок аналізу (БА). У БА відбувається порівняння кількісних характеристик рівня безвідмовності ω_ϕ з мінімально допустимими значеннями рівня безвідмовності $\omega_{\text{доп}}$, а також аналіз накопиченої інформації за відмовами за попередні періоди експлуатації, яка надходить з БД. БА направляє результати аналізу в оперативний блок (ОБ), який, на основі оцінки та прогнозу показника надійності, формує варіанти команд корекції стосовно зміни періодичності $S_{\text{ТО}}$, обсягу робіт $Q_{\text{ТО}}$ та вибору методу проведення ТО. В дорадчій формі БА видає зазначені команди управління особі, що приймає рішення (ОПР) стосовно впливу на ПТЕ сукупності однотипних зразків ОВТ. Програмний блок (ПБ) служить для забезпечення відповідними програмами і алгоритмами зазначені процедури.

Для впровадження запропонованої системи є можливим обмежитися окремим набором прикладних програм для ПЕОМ із залученням інженерного аналізу для якісної оцінки технічного стану виробів. При цьому ухвалення рішення і видача команд повинні здійснюватися відповідальними посадовими особами.

Висновки

Таким чином, запропонована система інформаційного забезпечення аналізу рівня надійності ОВТ дозволить отримувати та накопичувати відомості про технічний стан зразка

ОВТ, оперативно обробляти експлуатаційні дані, з врахуванням їх особливості, оцінювати показники безвідмовності (P, ω), визначати характер додаткових впливів на технічний стан, формувати варіанти команд управління стосовно корекції періодичності $S_{\text{ТО}}$, обсягу робіт $Q_{\text{ТО}}$ та вибору методу проведення ТО. Надана система базується на існуючій інформаційній системі та обліково-звітній документації, що надає можливість реалізувати її у військах з мінімальними затратами матеріальних засобів і в короткий термін [13, 14].

Напрямом подальших досліджень є удосконалення програмно-математичного забезпечення та формування комплексу прикладних програм щодо реалізації функцій запропонованої системи інформаційного забезпечення аналізу рівня надійності ОВТ.

Список літератури

1. Смирнов Н. Н. *Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию* / Н. Н. Смирнов, А. А. Ицкович. – М.: Транспорт, 1987. – 272 с.
2. *Техническая эксплуатация авиационного оборудования* / под ред. В. Г. Воробьева. – М.: Транспорт, 1990. – 296 с.
3. Соловійов В. І. *Основи теорії надійності і експлуатації авіаційних систем* / В. І. Соловійов. – К.: КІ ВПС, 2000. – 248 с.
4. Котельников В. А. *Вопросы теории надежности технических систем* / В. А. Котельников, Г. Н. Котельников, В. Л. Мамченков, В. П. Отрохов. – Смоленск: Русич, 1998. – 224 с.
5. Асланян А. Э. *Математические проблемы технической эксплуатации динамических систем по состоянию* / А. Э. Асланян, О. А. Бельська // *Науковий вісник АМУ: Серія «Техніка»*. – К.: ВПЦ АМУ. – 2009. – Вип. 2. – С. 94-99.
6. Аронов И. З. *Методы обработки цензурированных данных о надежности* / И. З. Аронов, Е. И. Бурдасов. – М.: Знание, 1983. – 107 с.
7. Скрипник В. М. *Оценка надежности технических систем по цензурированным выборкам* / В. М. Скрипник, А. Е. Назин. – Мн.: Наука и техника, 1981. – 217 с.
8. Скрипник В. М. *Анализ надежности технических систем по цензурированным выборкам* / В. М. Скрипник, А. Е. Назин, Приходько Ю. Г. – М.: Радио и связь, 1988. – 183 с.
9. Лемешко Б. Ю. *К оцениванию параметров надежности по цензурированным выборкам* / Б. Ю. Лемешко, С. Я. Гильдебрант, С. Н. Постовалов // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. – 2001. – Т. 67. – № 1. – С. 52-64.
10. Рыбалко В. В. *Определение закона надежности высоконадежных и малосерийных объектов по случайно цензурированным выборкам* / В. В. Рыбалко // *Exponenta Pro. Математика в приложениях* – 2003. – № 1. – С. 44-48.
11. Самосейко В. Ф. *Оценка вероятности безотказной работы по данным эксплуатационных наблюдений* / В. Ф. Самосейко // *Надежность и контроль качества*. – М.: Изд. стандартов, 1985. – С. 27-32.
12. Чорний М. В. *Оцінка параметра потоку відмов зразка озброєння і військової техніки за даними експлуатаційних спостережень в умовах інтенсивного використання* / М. В. Чорний // *Труди академії*. – К.: НАОУ. – 2005. – № 58. – С. 235-242.

13. Пат. на кор. модель 48742 Україна, МПК9 G05B 13/00. Спосіб керування процесом технічної експлуатації сукупності однотипних зразків озброєння і військової техніки / М.В. Чорний, О.М. Купріненко, С.С. Степанов, В.М. Палюх; заявник і патентовласник Академія сухопутних військ. – № u200921136; заявл. 26.11.09; опубл. 25.03.10, Бюл. № 6.

14. Пат. на кор. модель 53706 Україна, МПК9 G05B 13/00. Спосіб керування процесом технічної

експлуатації сукупності однотипних зразків озброєння і військової техніки / М.В. Чорний, С.С. Степанов; заявник і патентовласник Академія сухопутних військ. – № u201005892; заявл. 17.05.10; опубл. 11.10.10, Бюл. № 19.

Рецензент: кандидат технічних наук, старший науковий співробітник В.І. Грабчак, Академія сухопутних військ, Львів.

Информационное обеспечение оценки уровня надёжности вооружения и военной техники во время использования

Н.В. Чёрный, С.С. Степанов, Б.П. Матузко

Рассмотрен вариант формирования системы информационного обеспечения оценки уровня надёжности вооружения и военной техники в воинских частях (соединениях) при реализации стратегии технического обслуживания и ремонта по состоянию с контролем уровня надёжности.

Ключевые слова: информационное обеспечение, надёжность, вооружение и военная техника, эксплуатация, эксплуатация по состоянию.

Information support assessment of reliability and armament equipment during use

N.V. Chorny, S.S. Stepanov, B.P. Matuzko

A variant of the information providing system-level reliability assessment of weapons and military equipment in military units (formations) in implementing the strategy of maintenance and repair as to control the level of reliability.

Keywords: information security, reliability, armaments and military equipment, operation, maintenance for state.

УДК 355.422:355.311.6]:356.255

М.В. Чорний, Р.В. Долгов

Академія сухопутних військ, Львів

ОЦІНКА ПРОБЛЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ З ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЙСЬКОВОГО ФОРМУВАННЯ

Класифікація проблеми прийняття рішення з приведенням варіантів ситуацій, аналіз зазначених проблем, що пов'язані з рішенням технічного забезпечення військового формування.

Ключові слова: технічне забезпечення, гештальт, об'єктивна модель, суб'єктивна модель, цілісний вибір, критеріально-експертний вибір.

Постановка проблеми

Прийняття рішення з технічного забезпечення (ТхЗ) – це особливий вид діяльності заступника командира з озброєння (ЗКО) військового формування, що полягає у рішенні багатьох завдань з ТхЗ. Як правило під прийняттям рішення розуміють одноразовий процес вибору одного з альтернативних варіантів, де варіанти характеризуються оцінками по багатьох критеріях [2]. Будь-які методи, що допомагають ЗКО в цій діяльності та дозволяють йому оцінити можливі наслідки декількох варіантів, є не тільки корисними, а деколи навіть неоцінними.

Зрозуміло, щоб прийняти єдине правильне рішення з ТхЗ, потрібно знайти компроміс між суперечностями, а це достатньо складно та не завжди під силу ЗКО. Але знайти цей компроміс

необхідно, так як зазвичай ідеальних варіантів, що перевершують всі інші по всіх критеріях, не зустрічається. Тим більше що наслідки прийнятого варіанта можливо оцінити лише в майбутньому, по закінченні бойових дій. Ці наслідки не можуть бути об'єктивно оцінені за допомогою математичних розрахунків [1]. Справа в тому, що в кожній з розглянутих ситуацій варіанти рішень мають оцінки по багатьох критеріях. Як правило, ці оцінки суперечливі, тобто одні варіанти рішення кращі по одних критеріях, інші – по інших. Такими критеріями в прийнятті рішення з ТхЗ є оперативність, гнучкість, доступність, простота, економія ресурсів та інші. Жодні розрахунки не можуть визначити кращий компроміс між цими критеріями. Однак рішення з ТхЗ повинно бути прийнято (вибір кращого варіанта рішення з ТхЗ повинно бути