

УДК: 623.486

М.В. Чорний, С.С. Степанов

Академія сухопутних військ, Львів

ПРОГНОЗУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МАРШУ ВІЙСЬКОВОГО ФОРМУВАННЯ ЗА НАДІЙНІСТЮ ЗРАЗКІВ ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ АНАЛІТИЧНИМ МОДЕЛЮВАННЯМ

Розглянуто підхід до прогнозування ефективності маршу військового формування за надійністю зразків озброєння і військової техніки з використанням в якості критерію комплексного показника надійності коефіцієнта оперативної готовності за допомогою аналітичного моделювання здійснення маршу на основі розміченого граф станів зразків озброєння і військової техніки під час маршу.

Ключові слова: озброєння і військова техніка, оперативна готовність, марш, моделювання.

Вступ

Постановка проблеми. У процесі планування бойових дій виникає необхідність прогнозування можливості виконання військовим формуванням бойового завдання за надійністю озброєння і військової техніки (ОВТ), що передбачає безвідмовну роботу зразків ОВТ протягом заданого напрацювання (періоду застосування).

Марш як бойове завдання має ряд особливостей щодо впливу надійності ОВТ на ступінь досягнення його мети, яка полягає в своєчасному прибутті військового формування на вказаний рубіж або у призначений район в повному складі і в готовності до виконання наступного бойового завдання [1]. Так, на оцінку ефективності здійснення маршу за надійністю ОВТ, яка характеризує ступіть досягнення його мети, впливає в першу чергу кількість працездатних зразків ОВТ по закінченні маршу у складі військового формування. Це, у свою чергу, визначає оперативну готовність військового формування за надійністю ОВТ, яка передбачає ймовірність сумісного здійснення двох подій: перебування зразків ОВТ в працездатному стані у випадковий момент здійснення маршу і що вони працюватимуть безвідмовно протягом наступного інтервалу напрацювання.

Наведене вище формує головне завдання для системи технічного забезпечення військового формування під час здійснення маршу, яке полягає у своєчасному відновленні зразків ОВТ, що вийшли з ладу під час руху, та підготовці техніки після прибуття у визначений район до наступного

використання. Тому для організації ефективного технічного забезпечення військового формування необхідні дані про імовірну кількість зразків ОВТ, що вийдуть з ладу під час руху, та тривалість їх відновлення, що очікується у відповідних умовах здійснення маршу. Такі дані можливо отримати шляхом проведення відповідних розрахунків, аналітичним або імітаційним моделювання тощо, що вимагає розробки адекватних математичних підходів та інструментарію для їх реалізації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій стосовно зазначених вище питань засвідчує актуальність цієї проблематики. Під час проведення тактичних розрахунків [2] основним показником ефективності є досягнення визначеної тривалості здійснення маршу виходячи з того, що передчасне прибуття в призначений район або прибуття з запізненням порушує плани перегрупування військ та вводу їх у бій, зменшує оперативні резерви часу, тривалість обслуговування та відпочинку особового складу. Зазначені розрахунки не повною мірою відтворюють істинне положення військових формувань на марші.

В роботах [3-7] розглядаються методики визначення технічного стану зразків ОВТ та вплив заходів технічного обслуговування на досягнення мети маршу. Але підходи, що використовуються для цього, здебільшого побудовані на використанні тільки показників безвідмовності та величини напрацювання зразків ОВТ, яке очікується під час застосування, без врахування всієї динаміки зміни їх стану під час здійснення маршу.

Мета статті полягає у формуванні підходу до прогнозування ефективності маршу військового

формування за надійністю на підґрунті статистичної оцінки коефіцієнта оперативної готовності ОБТ за допомогою аналітичного моделювання.

Основний матеріал

При прогнозуванні ефективності маршу доцільно розглядувати показники динаміки руху і боєготовності зразків ОБТ в залежності від конструкційних особливостей, технічного стану, зовнішніх умов руху та якості організації технічного забезпечення маршу.

Кількісно охарактеризувати ефективність маршу за надійністю можливо за співвідношенням добутків виду [3]

$$K_{\bar{A}i} = \frac{N_{\bar{A}\bar{A}} \cdot V_{\bar{O}}}{N \cdot V_p}, \quad (1)$$

де $N_{\text{БГ}}$ – кількість ОБТ, що може прийняти участь у виконанні бойового завдання після маршу;

N – загальна кількість ОБТ військового формування;

$V_{\text{Ф}}$ – фактична середня швидкість руху колони на марші;

V_p – розрахункова середня швидкість руху колони на марші.

Відношення $V_{\text{Ф}}$ до V_p виразу (1) характеризує ступінь дотримання спланованого режиму руху колони військового формування, а відношення $N_{\text{БГ}}$ до N якість технічного забезпечення маршу.

В іншому підході ефективність маршу за надійністю оцінюється через ефективність технічного забезпечення маршу виду

$$K_{\bar{A}i} = \beta \cdot (1 - \gamma_{\text{В}}) \cdot (1 - \gamma_{\text{ТО}}), \quad (2)$$

де β – показник відповідності фактичної та розрахункової тривалості маршу;

$\gamma_{\text{В}}$ – показник невикористаних можливостей з відновлення зразків ОБТ, які відмовили під час маршу;

$\gamma_{\text{ТО}}$ – показник невикористаних можливостей при підготовці зразків ОБТ до подальшого застосування.

Показник $\gamma_{\text{В}}$ характеризується відношенням різниці фактичної і розрахункової кількості зразків ОБТ, що вийшли з ладу, з урахуванням ймовірності їх відновлення, до розрахункової кількості зразків ОБТ, що вийшли з ладу під час маршу.

Показник $\gamma_{\text{ТО}}$ характеризується відношенням різниці розрахункової і фактичної кількості зразків ОБТ, підготовлених за визначений час до подальшого застосування до розрахункової їх кількості.

Вираз (2) правомірний за умови відповідності показників, які приймаються в розрахунок, нормативним вимогам і допустимому за умови виконання завдань на марш діапазону значень, що

вимагає певних припущень та обмежень. Зокрема, якщо розрахункові значення складових показників $\gamma_{\text{В}}$ і $\gamma_{\text{ТО}}$ досягнуті чи перевищені, то відповідні показники прирівнюються до нуля.

У конкретній, обмеженій за часом, бойовій ситуації вплив надійності ОБТ на ефективність маршу військового формування можна оцінити за комплексним показником надійності – коефіцієнтом оперативної готовності $K_{\text{ОГ}}$, який визначає ймовірність того, що зразок ОБТ, що знаходиться в режимі очікування, виявиться працездатним в довільний момент часу t і, починаючи з цього моменту, буде працювати безвідмовно протягом заданого інтервалу напрацювання (часу) $S_3(t_3)$ та визначає наявний оперативний ресурс військового формування за наробітком.

Величина $K_{\text{ОГ}}$ у статистичному аспекті враховує кінцеву кількість працездатних зразків ОБТ, які після здійснення маршу на визначену відстань готові вступити у бій, і може вираховуватися відношенням кількості ОБТ, що можуть взяти участь у виконанні бойового завдання після здійснення маршу, до загальної (штатної) їх кількості

$$K_{\bar{A}i} = K_{\bar{A}} \cdot P(S_M) = \frac{N_{\bar{A}\bar{A}}}{N} \cdot \frac{N_{\bar{A}\bar{A}}(S_M)}{N_{\bar{A}\bar{A}}} = \frac{N_{\bar{A}\bar{A}}(S_M)}{N}, \quad (3)$$

де $N_{\text{БГ}}(S_M)$ – кількість ОБТ, що може взяти участь у виконанні бойового завдання після маршу на визначену відстань;

$K_{\bar{A}}$ – коефіцієнт готовності зразків ОБТ військового формування;

$P(S_M)$ – ймовірність безвідмовної роботи зразків ОБТ за визначену відстань.

Величина $K_{\text{ОГ}}$ за виразом (3) залежить від рівня безвідмовності зразків ОБТ, трудовитрат на усунення відмов, а також від можливостей системи відновлення (ремонтних органів) і режиму функціонування (режиму бойової діяльності) ОБТ, що в цілому може оцінювати ефективність маршу військового формування за рівнем надійності ОБТ.

Отже, на етапі моделювання маршу вираз (3) можна застосовувати для прогнозування $K_{\text{ОГ}}$ з урахуванням того, що зразки ОБТ – об'єкти, які відновлюються.

Вихідними даними для реалізації процесу прогнозування ефективності маршу за надійністю ОБТ є кількість зразків ОБТ у складі колони військового формування на початку маршу X_0 , параметр потоку відмов системи, що забезпечує рухомість ОБТ ω , кількість ремонтних відділень, які задіяні для проведення ремонтних робіт на ОБТ, що вийде з ладу під час маршу k , середня швидкість руху колони військового формування під час маршу V_k , середня швидкість руху зразка ОБТ під час повернення його до складу колони після ремонту

$V_{\text{ДОГ}}$, середня тривалість проведення ремонтних робіт для зразків ОБТ $t_{\text{РЕМ}}$, середня тривалість очікування підходу ремонтного відділення $t_{\text{ОЧ}}$ до зразка ОБТ, що потребує ремонту, тривалість маршруту t .

Прогнозну величину коефіцієнта оперативної готовності $K_{\text{ОГ}}$ можна одержати за допомогою аналітичної моделі впливу надійності системи, що забезпечує рухомість ОБТ, на ефективність маршруту військового формування, за допомогою якої реалізується статистичний підхід до визначення цього показника [7].

Для побудови аналітичної моделі сформуємо розміщений граф станів зразків ОБТ під час маршруту (рис. 1) [4].

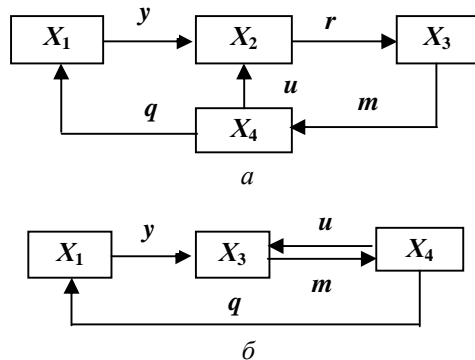


Рис. 1. Граф станів ОБТ під час здійснення маршруту:

a – з очікуванням ремонтних органів; *b* – без очікування ремонтних органів; X_1, X_2, X_3, X_4 – кількість озброєння і військової техніки: у складі колони частини; очікує ремонтні засоби; ремонтується; наздоганяє колону частини на визначений момент часу відповідно; y, u, r, m, q – щільність потоку переходу озброєння і військової техніки: зі стану X_1 у стан X_2 (зі стану X_1 у стан X_3); зі стану X_4 у стан X_2 (зі стану X_4 у стан X_3); зі стану X_2 у стан X_3 ; зі стану X_3 у стан X_4 ; зі стану X_4 у стан X_1 відповідно

Формалізуємо інтенсивності потоків переходу зразків ОБТ у визначені на рис. 1 стани. Визначена процедура проводиться в декілька етапів:

1. Інтенсивність потоку переходу зразків ОБТ із стану X_1 у стан X_2 . одержується у результаті дослідження технічного стану визначеної групи зразків ОБТ військового формування за величиною оцінки параметра потоку відмов ω за визначений період використання [6]

$$y = \omega \cdot V_K,$$

де ω – параметр потоку відмов системи, що забезпечує рухомість озброєння і військової техніки, км^{-1} ;

V_K – середня швидкість руху колони військового формування, км/год .

2. Інтенсивність потоку переходу зразків ОБТ із стану X_2 у стан X_3 залежить від середньої величини затрат часу на очікування ремонтних

органів (ремонтного відділення) і може бути визначена за виразом

$$r = \frac{1}{t_{\text{ОЧ}}},$$

де $t_{\text{ОЧ}}$ – середня величина затрат часу на очікування ремонтного органу (ремонтного відділення), год.

3. Інтенсивність потоку переходу зразків ОБТ із стану X_3 у стан X_4 залежить від середньої величини затрат часу на відновлення працездатності зразка і може бути визначена за виразом

$$m = \frac{1}{t_{\text{ДАІ}}},$$

де $t_{\text{РЕМ}}$ – середня величина затрат часу на відновлення зразка ОБТ, год.

Враховуючи, що для ремонту можуть бути задіяні декілька ремонтних відділень, то інтенсивність потоку переходу із стану X_3 у стан X_4 буде дорівнювати сумі потоків відновлення

$$\sum_{i=1}^k m_i = k \cdot m.$$

4. Інтенсивність потоку переходу зразків ОБТ зі стану X_4 до стану X_1 залежить від середнього часу, затраченого на очікування ремонтного органу (ремонтного відділення) і на проведення ремонту, а також від швидкості руху відремontованого зразка ОБТ під час повернення його до колони військового формування.

За час ремонту колони військового формування пройде в середньому відстань

$$D_{\text{НАД}} = V_K \cdot t_{\text{ДАІ}}, \quad (4)$$

де $D_{\text{СЕР}}$ – середня відстань, яку пройде колони за час ремонту пошкодженого зразка, км ;

V_K – середня швидкість руху колони військового формування, км/год .

Для випадку з очікуванням ремонтного відділення вираз (4) прийме вигляд

$$D_{\text{НАД}} = V_K \cdot (t_{\text{ОЧ}} + t_{\text{ДАІ}}).$$

По закінченні ремонту зразок ОБТ наздоганяє колону частини за час

$$t_{\text{АІА}} = \frac{D_{\text{НАД}}}{V_{\text{АІА}} - V_K}, \quad (5)$$

де $V_{\text{ДОГ}}$ – середня швидкість руху зразка під час повернення до колони військового формування, км/год .

Тоді інтенсивність потоку q з урахуванням виразів (4), (5) для випадку без очікування ремонтного відділення може бути визначена за виразом

$$q = \frac{1}{t_{\text{АІА}}} = \frac{V_{\text{АІА}} - V_K}{V_K \cdot t_{\text{ДАІ}}},$$

а для випадку з очікуванням ремонтного відділення може бути визначена за виразом

$$q = \frac{1}{t_{\text{АІА}}} = \frac{V_{\text{АІА}} - V_{\text{К}}}{V_{\text{К}} \cdot (t_{\text{К}} + t_{\text{ДАІ}})}$$

5. Інтенсивність потоку переходу зразків ОБТ із стану X_4 у стан X_2 . характеризується тим, що під час повернення зразків ОБТ до колони військового формування також можливі відмови. Це обумовлено сталим на певному інтервалі напрацювання ОБТ параметром потоку відмов.

Розрахунок інтенсивності потоку цих відмов проводиться за виразом

$$u = \omega \cdot V_{\text{АІА}}.$$

Використовуючи правило побудови системи диференціальних рівнянь Колмогорова для сформованого граф станів та розв'язуючи її в динаміці [8-11], кількість зразків ОБТ в різних станах під час маршу для випадку з очікуванням ремонтних відділень за початкових умов

$$t=0, X_1 = X_0, X_2 = 0, X_3 = 0, X_4 = 0$$

розраховується за допомогою узагальненої аналітичної моделі вигляду

$$X_i = A_i + B_i \cdot e^{-y \cdot t} + C_i \cdot e^{-y \cdot t} + D_i \cdot e^{-(q+u) \cdot t}. \quad (6)$$

Коефіцієнти A_i для рівняння (6) розраховуються за виразами:

$$A_1 = \frac{q \cdot m \cdot k}{y \cdot (q+u)}, \quad A_2 = \frac{m \cdot k}{r},$$

$$A_3 = X_0 \cdot \frac{m \cdot k}{r \cdot y} \cdot \frac{y \cdot r + y \cdot u + q \cdot r + q \cdot y}{q+u}, \quad A_4 = \frac{m \cdot k}{q+u}.$$

Коефіцієнти B_i для рівняння (6) розраховуються за виразами ($B_4 = 0$):

$$B_1 = X_0 \cdot \frac{q \cdot m \cdot k}{y \cdot (y-q-u)}, \quad B_2 = \frac{y \cdot X_0}{r-y} + \frac{q \cdot m \cdot k}{(y-r) \cdot (q+u-y)},$$

$$B_3 = \frac{r \cdot X_0}{y-r} - \frac{q \cdot r \cdot m \cdot k}{y \cdot (y-r) \cdot (q+u-y)}$$

Коефіцієнти C_i для рівняння (6) розраховуються за виразами ($C_1 = C_4 = 0$):

$$C_2 = \frac{y \cdot X_0}{y-r} - \frac{m \cdot k \cdot (y \cdot q + y \cdot u - r \cdot u)}{r \cdot (y-r) \cdot (q+u-r)},$$

$$\tilde{N}_3 = \frac{y \cdot X_0}{r-y} - \frac{m \cdot k \cdot (q \cdot y - r \cdot u + y \cdot u)}{r \cdot (r-y) \cdot (q+u-r)}.$$

Коефіцієнти D_i для рівняння (6) розраховуються за виразами:

$$D_1 = \frac{qmk}{(q+u)(q+u-y)}, \quad D_2 = \frac{mk(y-u)}{(q+u-r)(y-q-u)},$$

$$D_3 = \frac{rmk(y-u)}{(q+u)(r-q-u)(y-q-u)}, \quad D_4 = \frac{mk}{q+u}.$$

Кількість зразків ОБТ у стані X_1, X_2, X_3, X_4 для граф стану з очікуванням ремонтного відділення при сталому режимі можливо знайти за виразами вигляду:

$$\bar{X}_1 = \frac{q \cdot m \cdot k}{y(q+u)}, \quad \bar{X}_2 = \frac{mk}{r},$$

$$\bar{X}_3 = X_0 \cdot \frac{mk}{ry} \cdot \frac{(yr + yu + qr + qy)}{q+u}, \quad \bar{X}_4 = \frac{mk}{q+u}.$$

Кількості зразків ОБТ в різних станах під час маршу для випадку без очікування ремонтних відділень за початкових умов

$$t=0, X_1 = X_0, X_3 = 0, X_4 = 0,$$

розраховуються за допомогою узагальненої аналітичної моделі вигляду

$$X_i = A_i + B_i \cdot e^{-P_1 \cdot t} + C_i \cdot e^{-P_2 \cdot t}. \quad (7)$$

Коефіцієнти P_1 і P_2 для рівняння (7) розраховуються за виразами:

$$P_1 = \frac{q+u+y+m - \sqrt{(q+u-y-m)^2 + 4um - 4ym}}{2},$$

$$P_2 = \frac{q+u+y+m + \sqrt{(q+u-y-m)^2 + 4um - 4ym}}{2}.$$

Значення коефіцієнта A_i для рівняння (7) розраховуються за виразами:

$$A_1 = \frac{qm \cdot X_0}{P_1 \cdot P_2}, \quad A_3 = \frac{y \cdot X_0 \cdot (q+u)}{P_1 \cdot P_2}, \quad A_4 = \frac{y \cdot m \cdot X_0}{P_1 \cdot P_2}.$$

Коефіцієнт B_i для рівняння (7) розраховується за виразами:

$$B_1 = \frac{(P_2^2 - (q+u+m)P_1 + qm)X_0}{P_1(P_1 - P_2)}, \quad B_3 = \frac{y \cdot X_0(-P_1 + q+u)}{P_1(P_1 - P_2)},$$

$$B_4 = \frac{y \cdot m \cdot X_0}{P_1(P_1 - P_2)}.$$

Коефіцієнт C_i для рівняння (7) розраховується за виразами:

$$C_1 = \frac{(P_2^2 - (q+u+m)P_2 + qm)X_0}{P_2(P_2 - P_1)},$$

$$C_3 = \frac{y \cdot X_0(-P_2 + q+u)}{P_2(P_2 - P_1)}, \quad \tilde{N}_4 = \frac{y \cdot m \cdot X_0}{P_2(P_2 - P_1)}.$$

Кількість зразків ОБТ у стані X_1, X_2, X_3, X_4 для граф стану без очікування ремонтного відділення при сталому режимі можливо знайти за виразами:

$$\bar{X}_1 = \frac{qmX_0}{yq + qm + yu + ym}, \quad \bar{X}_3 = \frac{yX_0(q+u)}{yq + qm + yu + ym},$$

$$\bar{X}_4 = \frac{ymX_0}{yq + qm + yu + ym}.$$

Коефіцієнт оперативної готовності для несталого режиму може бути розрахований за виразом

$$K_{\text{ІА}}(t) = \frac{X_i(t)}{X_0}.$$

Коефіцієнт оперативної готовності для сталого режиму розраховується за виразом

$$K_{\text{ІА}} = \frac{\bar{X}_1}{X_0}.$$

Об'єднуючи вирази для розрахунку коефіцієнта оперативної готовності для граф стану з очікуванням ремонтних відділень та без очікування отримуємо систему математичних залежностей

$$K_{\text{ІА}} = \begin{cases} \frac{q \cdot m \cdot k}{y(q+u)X_0}, \text{ якщо } \frac{X_0 \cdot y - k(m+y)}{y \cdot m \cdot k} > 0 \\ \frac{q \cdot m}{yq + qm + yu + ym}, \text{ якщо } \frac{X_0 \cdot y - k(m+y)}{y \cdot m \cdot k} \leq 0 \end{cases}. \quad (8)$$

Аналітичні моделі (6), (7), (8) реалізовані у програмному модулі (рис. 2) з використанням алгоритмів моделювання.

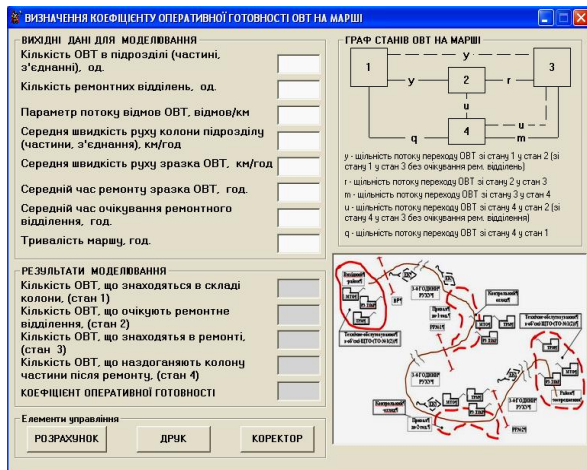


Рис. 2. Робоче вікно програмного модуля для прогнозування K_{OG} під час здійснення маршу

Для апробації сформованих залежностей спрогнозуємо величину K_{OG} для механізованого батальйону шляхом аналітичного моделювання здійснення маршу та визначимо кількість ОБТ, що очікується в визначених станах по закінченні маршу. Варіант вихідних даних для моделювання та результатів моделювання наведено на рис. 3.

Аналізуючи склад вихідних даних для моделювання, можливо зазначити, що величина варіювання найменша буде у показників тривалості маршу, середньої швидкості руху колони та зразка ОБТ, які регламентовані статутами та визначені швидкісними можливостями руху по пересіченій місцевості. Кількість ремонтних відділень визначається організаційно-штатною структурою військового формування та складом органів технічного забезпечення старшого начальника, що діють на маршруті руху військового формування.

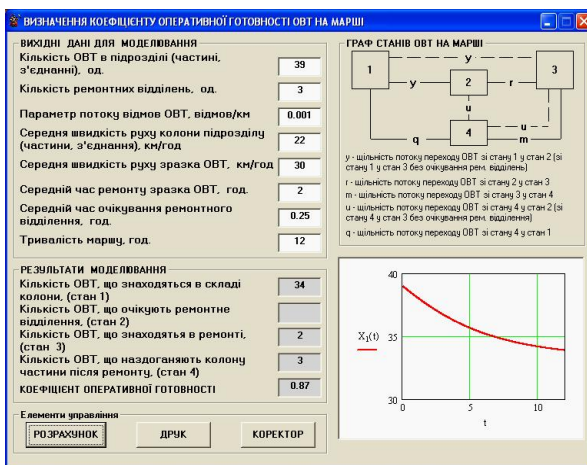


Рис. 3. Робоче вікно програмного модуля з результатами прогнозування K_{OG} під час здійснення маршу (варіант без очікування ремонтних відділень)

Показники щодо рівня технічного стану ОБТ, оперативності ремонтних відділень і їх кількості та працевтрат на усунення відмов є взаємозалежними і найбільш вагомо впливають на K_{OG} та підлягають нормуванню.

Аналізуючи орієнтовну тривалість заміни основних вузлів та агрегатів БМП-2 (табл. 1), можливо для моделювання визначити певну відправну тривалість ремонту в межах 1–4 години в залежності від складності робіт.

Таблиця 1

Орієнтовна тривалість заміни основних вузлів та агрегатів БМП-2, що впливають на рухомість під час маршу

Найменування вузла (агрегату)	Тривалість заміни, год.
Масляні радіатори	2
Водяний радіатор	3,25
Масляний насос у зборі з водяним насосом	3,3
Бортова передача права	1,95
Бортова передача ліва	2,1
Стрічка гальмівна права	1,36
Стрічка гальмівна ліва	1,75
Бустер гальма	0,45
Ведуче колесо	1,3
Напрявне колесо	1,95
Кривошип прямого колеса	1,95
Опорний коток передній, задній	1,75
Опорний коток середній	1,05
Торсіонний вал	1,35
Балансир передній, задній	3
Балансир середній	2,9
Гідравлічний амортизатор	0,65
Підтримуючий коток	0,9
Генератор ВГ-7500Н	0,8
Гусенична стрічка	1,65

На основі вказаних вище даних проведені розрахунки, вибірка результатів в моменти різкої чутливості моделі наведена в табл. 2.

Таблиця 2

Вибірка результатів моделювання для визначення чутливості моделі

($X_0 = 39$ од., $V_K = 22$ км/год., $V_{ДОГ} = 30$ км/год., $t = 12$ год)

k	ω	$t_{ОЧ}$	$t_{РЕМ}$	X_1	X_3	X_4	K_{OG}
1	0,001	0,25	2	33	4	2	0,84
2	0,001	0,25	2	34	2	3	0,87
3	0,001	0,25	2	34	2	3	0,87
3	0,002	0,25	2	30	3	6	0,77
3	0,002	0,25	1	33	2	4	0,85
3	0,002	0,1	2	30	3	6	0,77
3	0,002	0,25	3	26	8	5	0,67
4	0,002	0,25	3	28	4	7	0,72
4	0,002	0,5	3	27	5	7	0,7
4	0,002	0,5	4	25	8	6	0,64

За наведеними вибіровими даними розрахунків можливо зазначити, що збільшення параметра потоку відмов ОБТ в першу чергу вимагає збільшення кількості ремонтних відділень, що є очевидним в таких випадках, але більшість

робіт можуть виконуватися силами екіпажів, і роль ремонтних відділень буде полягати у забезпеченні екіпажів запасними частинами, проведенні інструктажів з виконання робіт та наданні допомоги у проведенні складних демонтажно-монтажних і ремонтних робіт. За таких умов тривалість очікування ремонтного відділення до 30 хвилин суттєво не впливає на загальний процес відновлення, цей час екіпаж витратить для певної локалізації відмови. Деякий вплив на чутливість моделі надає інтенсивність повернення зразків ОВТ до колони після усунення відмов, що підтверджує доцільність залучення для цього етапу засобів старшого за ієрархією начальника.

Наведене вище певною мірою має ознаки верифікації отриманих аналітичних залежностей для прогнозування ефективності маршруту за надійністю ОВТ.

Висновки

Отже, використовуючи аналітичну модель на базі граф станів зразків ОВТ під час маршруту можливо з певними припущеннями та обмеженнями прогнозувати ефективність маршруту військового формування за надійністю ОВТ, а також моделювати вплив на ефективність маршруту кількості ремонтних відділень, що будуть задіяні для відновлення техніки, що вийшла з ладу, технічного стану техніки за показником безвідмовності, рівня оперативності ремонтних органів у проведенні ремонтних робіт та працевитрат на проведення відновлення зразків ОВТ.

У подальших доробках за цим напрямом доцільно поєднати елементи аналітичного моделювання з імітаційним, для більш адекватного врахування ступеня невизначеності показників аналітичних моделей та зменшення похибок від застосування усереднених значень для моделювання.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАРША ВОЙСКОВОГО ФОРМИРОВАНИЯ ПО НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ ОРУЖИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ АНАЛИТИЧЕСКИМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ

Н.В. Чёрный, С.С. Степанов

Рассмотрен подход к прогнозированию эффективности марша воинского формирования по надежности образцов вооружения и военной техники с использованием в качестве критерия комплексного показателя надежности коэффициента оперативной готовности с помощью аналитического моделирования совершения марша на основе размеченного графа состояний образцов вооружения и военной техники во время марша.

Ключевые слова: вооружение и военная техника, оперативная готовность, марш, моделирование.

PREDICTING THE EFFECTIVENESS OF MILITARY UNITS MARCH ON RELIABILITY OF OBJECTS OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT BY ANALYTICAL MODELING

N. Chorny, S. Stepanov

Considered an approach to predict the effectiveness of the march military formation on the reliability of weapons and military equipment with use as a criterion the complex index of reliability coefficient of operational readiness by using analytical modeling of the march on the basis of the mark-up state graph models of weapons and military equipment during the march.

Key words: weapons and military equipment, operational readiness, march, modeling.

Список літератури

1. Овчинников В.В. Марш і зустрічний бій дивізії (бригади, полку) / В. В. Овчинников, В. М. Гусаренко, Ю. І. Альошин, М. М. Багінський. – К.: НАОУ, 2000. – 116 с.
2. Вайнер А.Я. Тактические расчеты / А.Я. Вайнер. – М.: Воениздат, 1982. – 176 с.
3. Рымаренко А.Г. Система эксплуатации техники танковых частей и соединений / А.Г. Рымаренко. – М.: ВА БТВ, 1979. – 291 с.
4. Головачев Г.И. Влияние надежности на боеготовность танка / Г.И. Головачев // Вестник бронетанковой техники. – 1980. – № 2. – С. 3 – 6.
5. Асланян А.Е. Визначення періодичності проведення перевірки технічного стану систем, що забезпечують рухомість озброєння і військової техніки, під час проведення маршруту / А. Е. Асланян, М. В. Чорний // Труды академії. – К.: НАОУ. – 2004. – № 55. – С. 303 – 308.
6. Чорний М. В. Оцінка параметра потоку відмов зразка озброєння і військової техніки за даними експлуатаційних спостережень в умовах інтенсивного використання / М.В. Чорний // Труды академії. – К.: НАОУ. – 2005. – № 58. – С. 235 – 242.
7. Чорний М.В. Методика прогнозування без відмовної роботи системи, що забезпечує рухомість озброєння і військової техніки / М.В. Чорний // Труды академії. – К.: НАОУ – 2005. – № 59. – С. 296 – 302.
8. Шуенкин В. А. Прикладные модели теории массового обслуживания / В. А. Шуенкин, В. С. Донченко. – К.: НМК ВО, 1992. – 398 с.
9. Романцев В.В. Аналитические модели систем массового обслуживания: учеб. пособие / В.В. Романцев. – СПб.: Изд-во ГЭТУ, 1998. – 67 с.
10. Петухов О.А. Моделирование: системное, имитационное, аналитическое: учеб. пособие / О.А. Петухов, А.В. Морозов, Е.О. Петухова. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2008. – 288 с.
11. Эйрих Н.В. Основы преобразования Лапласа и его применение / Н.В. Эйрих. – Биробиджан: Изд-во ДВГСГА, 2007. – 82 с.

Рецензент: к.т.н., доц. Зіркевич В.М., Академія сухопутних військ, Львів.