

УДК 621.396.6, 623

В.В. Хахула

Академія сухопутних військ, Львів

## ІЄРАРХІЧНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОМПЛЕКСІВ КЕРОВАНОЇ РАКЕТНОЇ ЗБРОЇ ТАНКІВ

Отримано ієрархічну модель системи технічного забезпечення експлуатації для комплексів керованої ракетної зброї танків та вигляд коефіцієнтів перетворення результату операцій для типових операторів в межах повного циклу обслуговування. Показано можливість моделювання показника ефективності застосування тої, чи іншої системи технічного забезпечення експлуатації за рахунок використання в макромоделі, що описує процес проведення операцій обслуговування узагальненого вигляду коефіцієнтів перетворення стану.

**Ключові слова:** комплекс керованої ракетної зброї танка, контрольно-перевірочна машина, контрольно-перевірочна апаратура, система технічного забезпечення експлуатації, технічне обслуговування та ремонт, коефіцієнти перетворення результату операції, ієрархічна модель системи технічного забезпечення експлуатації.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Обґрунтування заходів підтримання комплексів керованої ракетної зброї 9К112 та 9К119 в справному стані є одним з перспективних шляхів збереження бойових можливостей танкових підрозділів Сухопутних військ [1]. Це, в свою чергу, зумовлює необхідність оцінки ефективності функціонування систем технічного забезпечення експлуатації (СТЗЕ) комплексів керованої ракетної зброї танків (ККРЗТ) [2], які б забезпечували потрібний рівень їх надійності та ефективності із залученням технічних засобів обслуговування, що існують.

Одним із шляхів вирішення задачі оцінки ефективності СТЗЕ озброєння та військової техніки (ОВТ), що дозволять в подальшому призначати таку стратегію обслуговування, яка в заданій системі експлуатації забезпечить рівень технічного стану ККРЗТ на рівні не нижче, що вимагається є моделювання процесу експлуатації ОВТ в тій чи іншій СТЗЕ [1], що і потребує подальшого розвитку методів моделювання СТЗЕ.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** ККРЗТ за своєю побудовою є складними технічними об'єктами. Для них в якості показника, який характеризує технічний стан та здатність виконувати завдання за призначенням в певний час, доцільно визначити імовірність виконання завдання ( $P_{\text{вик.завд.}}$ ), тобто здійснення вдалого пострілу керованою ракетою. В роботах [3 – 7] обґрунтовано побудову моделі прогнозу  $K_{\text{ог}}$  для складних систем ОВТ за допомогою типових операторів, в [4, 5] отримані загальні вирази для коефіцієнтів перетворення операторів, побудовані моделі  $K_{\text{ог}}$  ОВТ для випадку коли відновлення проводиться заміною елементів. В [7] обґрунтована можливість застосування моделей які будуються за допомогою типових операторів для

об'єктів з числовими вимірювальним контролем стану. В [8] побудована модель  $K_{\text{ог}}$  для об'єктів з числовим вимірювальним контролем стану для яких відновлення проводиться шляхом заміни елементів, коли алгоритм заміни виконаний без помилок.

Застосування моделей  $K_{\text{ог}}$  отриманих в [4, 5, 8] для повного життєвого циклу елементів ККРЗТ неможливо, що пов'язано з моделюванням одного циклу обслуговування. Для побудови моделі трансформації систем технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) елементів ККРЗТ з числовим вимірювальним контролем стану та відновлення комплексів, необхідно отримати вигляд коефіцієнтів перетворення процесу ТО та побудувати інформаційну модель впливу стану на  $P_{\text{вик.завд.}}$ , де вираз до оператора відновлення стану враховує специфіку та циклічність проведення операцій.

В [9] отримано макромоделю процесу ТО радіотехнічних засобів. Однак ці результати не можна застосувати для рішення задачі підтримання рівня технічного стану ККРЗТ, оскільки дані зразки озброєння мають ієрархічну структуру, де існує вплив одних елементів (вищих сходинок ієрархії) на інші (нижчих сходинок ієрархії) [2]. Крім того відновлення для різних елементів ККРЗТ проводиться різними способами.

**Метою статті** є отримати ієрархічну модель СТЗЕ ККРЗТ.

**Об'єктом статті** є процес моделювання коефіцієнтів перетворення результату операцій для типових операторів СТЗЕ в межах повного циклу обслуговування, а предметом – математичні співвідношення для ймовірностей подій операторів заходів обслуговування. Метою статті є забезпечення можливості моделювання  $\hat{P}_{\text{вик.завд.}}$  ККРЗТ за рахунок використання в макромоделі, що описує процес ТО узагальненого вигляду коефіцієнтів перетворення

стану під час проведення операцій обслуговування. Як об'єкт експлуатації засоби, що розглядаються, являють собою складні технічні системи з різноманітних елементів та мають різні структурні схеми надійності в залежності від типу. Слід зауважити, що в склад систем, що розглядаються, не входить програмне забезпечення.

Для досягнення мети в статті слід отримати вигляд коефіцієнтів перетворення для різних випадків. Наукова новизна роботи полягає в розвитку та поглибленні теоретичних і методичних основ побудови моделей процесів технічного забезпечення експлуатації ОБТ.

### Виклад основного матеріалу

До теперішнього часу отримані вирази коефіцієнтів перетворення для операторів зберігання в деякому режимі ( $L_{зб}$ ), контролю ( $L_{к}$ ), відновлення ( $L_{в(з)}$ ) – для найбільш розповсюдженого способу відновлення із вилученням несправного елемента і його заміною справним із існуючого ЗП, та  $L_{в(р)}$  – для способу відновлення за допомогою регулювання параметрів), характеристики операторів допрацювання і модернізації ( $L_{д}$  та  $L_{м}$  відповідно) співпадають з характеристиками оператора відновлення  $L_{в}$  і виразами його коефіцієнтів перетворення, але слід підкреслити що проведення допрацювань і модернізації на групі однотипних елементів приводить до неоднорідності по відношенню до тих елементів над якими ці операції не проводились.

Необхідно зазначити, що відновлення справності об'єкта експлуатації може бути проведено і іншими способами (вилученням несправного елемента, його ремонтом і поверненням на місце, вилученням несправного елемента і його заміною справним з подальшим регулюванням параметрів).

В порівнянні з усіма іншими можливими типами моделей СТЗЕ моделювання за допомогою типових операторів володіє рядом переваг [9], саме для рішення нашої задачі.

Існує велика кількість різновидів систем експлуатації, які відрізняються одна від одної лише складом, черговістю і характеристиками операторів, що використовуються: система профілактичного обслуговування, система оперативного контролю, система технічного обслуговування та ремонту, система метрологічного забезпечення і т.д.

Процес ТО являє собою ланцюг операцій "збереження" – "контроль технічного стану" – "відновлення справності" – "збереження", що подібно з процесом ТО експортного аналогу ЗУР ЗРС С-75 Д-20 [10]. Під час виконання кожної операції контрольно-перевірочна апаратура (КПА), апаратура управління (АУ) танка та бортове обладнання керування ракет (БО КР) знаходяться в одному із двох станів: справному або несправному. Перехід КПА,

АУ танка та БО КР зі стану в стан можливий тільки після завершення попередньої операції й ухваленні рішення про вид стану.

Як об'єкти експлуатації, КПА, АУ танка та БО КР являють собою складні комплекси різноманітних елементів, і мають різні структурні схеми надійності в залежності від типу.

Загальний оператор системи представляє собою послідовне з'єднання операторів типових заходів СТЗЕ. Тому для нашого випадку, для КПА, АУ танка та БО КР розглянемо циклічні системи ТО, яким на довільному інтервалі обслуговування  $N$  об'єктів експлуатації відповідають відповідно оператори систем експлуатації виду (рис. 1):

$$L_{\text{обслуг(КПА)}} = L_{зб} L_{к} L_{в(р)} L_{к} L_{зб}; \quad (1)$$

$$L_{\text{обслуг(АУ)}} = L_{зб} L_{к} L_{в(з)} L_{к} L_{зб}; \quad (2)$$

$$L_{\text{обслуг(БОКР)}} = L_{зб} L_{к} L_{зб}. \quad (3)$$

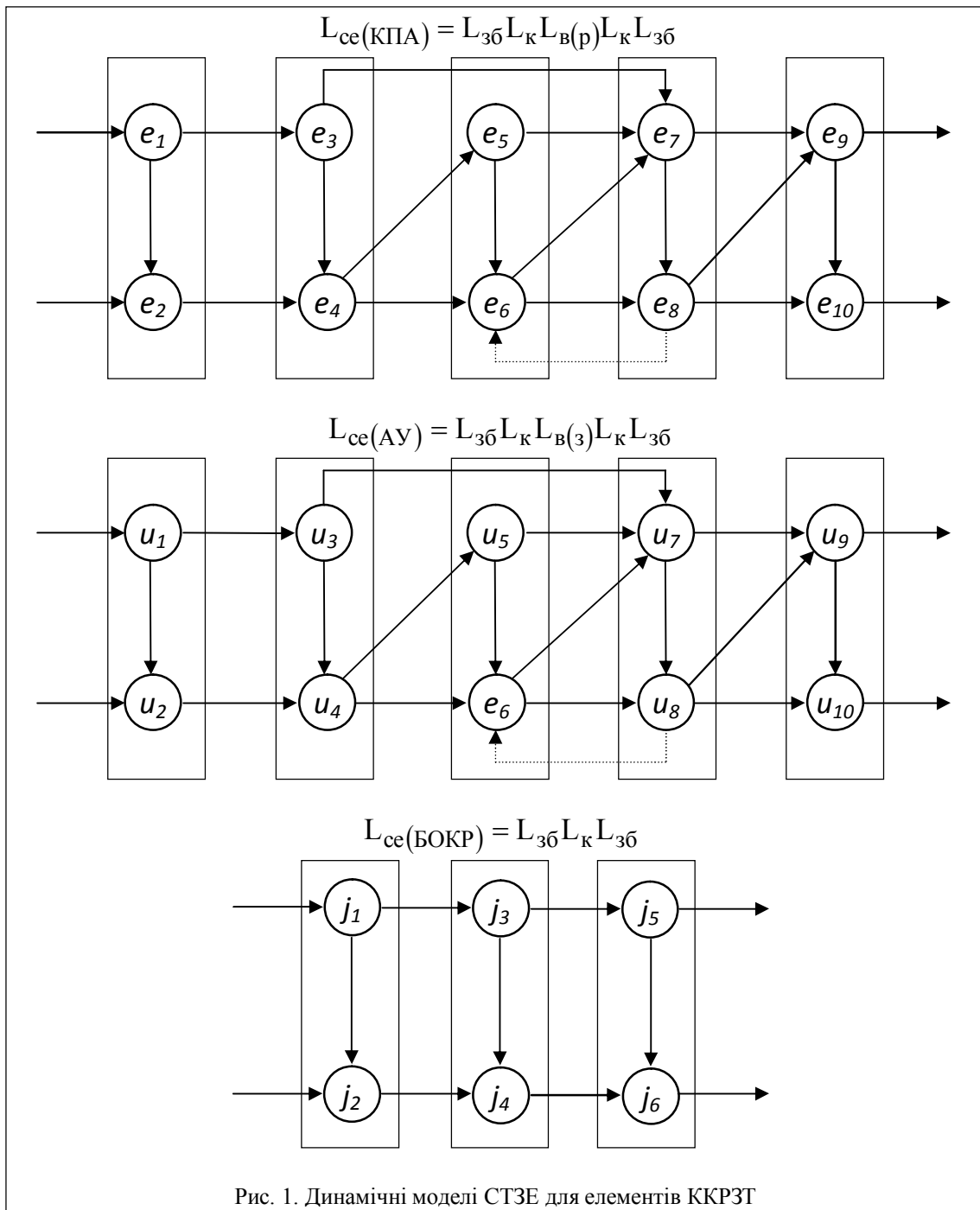
Відповідно до вищевикладеного були побудовані динамічні моделі СТЗЕ для КПА, АУ танка та БО КР (рис. 1), на них стрілками показані можливі переходи об'єктів експлуатації із справного стану в несправний і навпаки для кожного з операторів (зберігання, контролю та відновлення).

Запропоновані моделі побудовані таким чином, що для кожного з операторів можливі переходи із справного стану в несправний складають повну групу подій, що і забезпечує відповідність формулі коефіцієнтів перетворення [3]. Тим самим запропоновано в кожному з можливих переходів врахувати всі обставини, що можуть привести до спотворення результату операції, наприклад: із за низької кваліфікації обслуговуючого персоналу, під дією негативних факторів оточуючого середовища і т.д.

На рис. 2 зображено динамічну модель оператора ТО для елементів ККРЗТ з врахуванням їх ієрархії та з позначенням запропонованої черговості проведення контролю.

На рис. 3 зображено еквівалентну модель оператора ТО для елементів ККРЗТ з позначенням коефіцієнтів перетворення результату операції.

В запропонованій моделі розглядається комплексний метод відновлення елементів ККРЗТ. КПА являється спеціальними вимірювальними приладами, для неї параметричні відмови є переважаючими. Її відновлення, як правило, проводиться фахівцями ремонтних органів або спеціально створюваних військових груп, шляхом регулювання параметрів, а для АУ танка – шляхом заміни несправного елемента, для БО КР відновлення не передбачене. Зв'язки між відповідними елементами ККРЗТ, які знаходяться на різних ступенях ієрархії мають місце внаслідок проведення контролю технічного стану одними елементами (що знаходяться на вищій сходинці ієрархії) інших (засобів нижчих сходинок ієрархії).



Якщо для елемента об'єкта експлуатації можливі два види технічного стану (справне – з непарним номером та несправне – з парним номером), то компонент процесу забезпечення експлуатації буде представлений дією відповідного оператора  $L_*$  на пару станів

$$\varepsilon_i = \{e_{2i-1}, e_{2i}\}; \quad \varepsilon_i = \{u_{2i-1}, u_{2i}\}; \quad \varepsilon_i = \{j_{2i-1}, j_{2i}\},$$

відповідно, для контрольно-перевірочної апаратури, апаратури управління танка та бортового обладнання керованих ракет, при цьому міра розподілу справних та несправних об'єктів:

$$\mu(\varepsilon_{i+1}) = L_* \mu(\varepsilon_i),$$

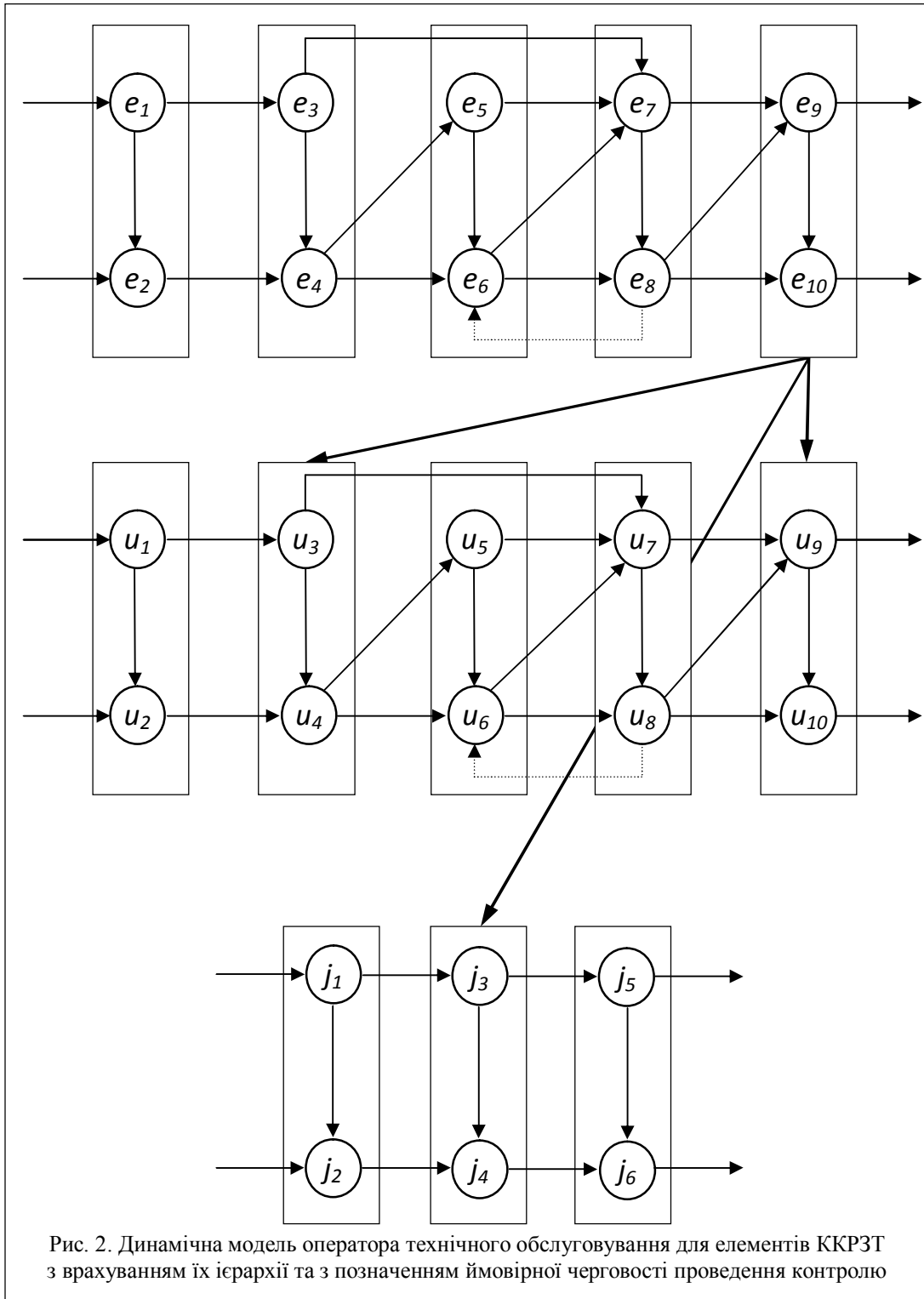
тобто на кожному циклі обслуговування:

$$\mu(\varepsilon_5) = L_{ce(KPA)} \mu(\varepsilon_1);$$

$$\mu(\varepsilon_5) = L_{ce(AY)} \mu(\varepsilon_1),$$

$$\mu(\varepsilon_3) = L_{ce(BOKP)} \mu(\varepsilon_1).$$

Головним завданням СТЗЕ є підтримання потрібного рівня надійності ОВТ, тому задача оцінки ефективності СТЗЕ ККРЗТ може бути вирішена шляхом порівняльного аналізу значень оцінки імовірності виконання завдань  $\hat{P}_{вик.зад.}$  комплексами одного і того ж типу, що експлуатуються в умовах впливу різної структури СТЗЕ у різні моменти часу [3, 11, 12].



За оцінку імовірності виконання завдання комплексами приймемо

$$\hat{P}_{\text{вик.зад.}} = 1 - \frac{\mu_n}{\mu_1} \equiv \hat{P}(t) = 1 - \frac{n(t)}{N},$$

де, згідно [13],  $\hat{P}(t)$  – оцінка імовірності безвідмовної роботи на деякому інтервалі часу;  $n(t)$  – число об’єктів, що відмовили на цьому інтервалі;  $N$  – чис-

ло об’єктів, працездатних в початковий момент часу;  $\mu_n$  – міра несправних об’єктів, на інтервалі часу;  $\mu_1$  – міра справних об’єктів в початковий момент часу.

Отже в якості показника, який ми шукаємо, приймемо імовірність виконання завдання

$$\hat{P}_{\text{вик.зад.}} = 1 - \frac{\mu_n}{\mu_1}.$$

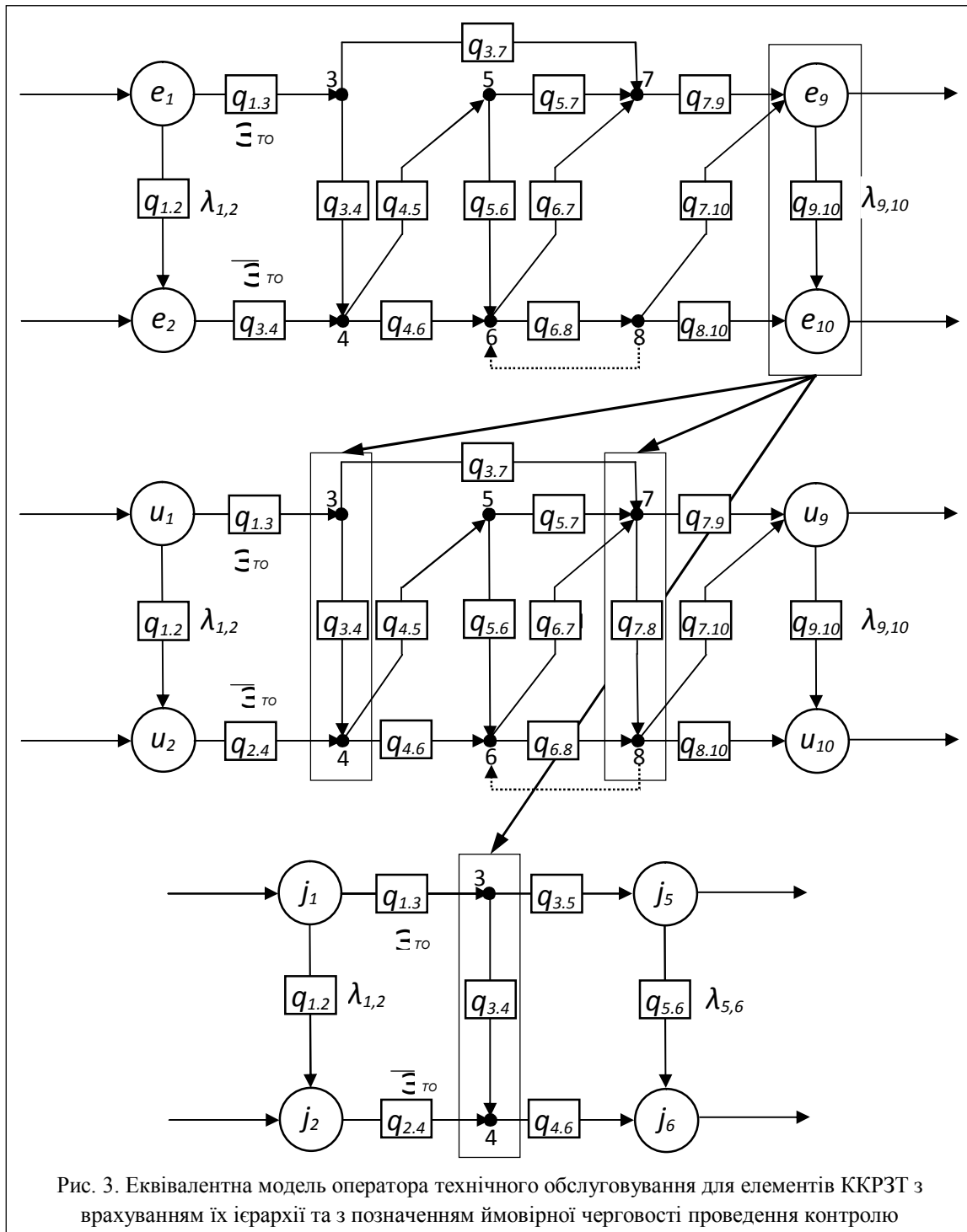


Рис. 3. Еквівалентна модель оператора технічного обслуговування для елементів ККРЗТ з врахуванням їх ієрархії та з позначенням ймовірної черговості проведення контролю

Застосування цього показника істотно відрізняє роботу від відомих. Але саме застосування  $\hat{P}_{\text{вик.зад.}}$  пострілом керованої ракети характеризує цільову функцію застосування ККРЗТ.

Для одержання значень  $\hat{P}_{\text{вик.зад.}}$  у різні моменти часу необхідно змоделювати процес експлуатації ККРЗТ в умовах дії тієї чи іншої СТЗЕ.

Схеми на рис. 1 в загальному випадку відповідають нелінійному інерційному перетворенню міри, що в свою чергу відповідає системі нелінійних дифе-

ренційних рівнянь, основним методом рішення яких є числове інтегрування.

Досвід експлуатації ОБТ у ЗС України показує, що для будь-якого моменту часу кількість технічних засобів які проходять технічне обслуговування менша від загальної кількості ОБТ даного типу, що знаходяться в цей час у режимі зберігання, тобто в частковому, але практично важливому випадку, коли  $N \gg 1$ , а система експлуатації представляє собою одноканальну систему масового обслуговування, для КПА та АУ танка:

$$\mu_1 + \mu_2 + \mu_9 + \mu_{10} \gg \mu_3 + \mu_4 + \mu_5 + \mu_6 + \mu_7 + \mu_8,$$

для БО КР:

$$\mu_1 + \mu_2 + \mu_5 + \mu_6 \gg \mu_3 + \mu_4.$$

Тоді за аналогією з [3, 5] інерційністю проміжних перетворень міри, іншими словами часом проведення кожної проміжної операції ТО, можна знехтувати.

У цьому випадку замість системи нелінійних диференціальних рівнянь, що відповідають операторам (1), (2), (3), динаміку процесу обслуговування можна описати системою лінійних диференціальних рівнянь. При цьому еквівалентна модель оператора ТО приймає вид, показаний на рис. 3, а якість системи обслуговування характеризується ймовірністю виконання завдання ККРЗТ.

Отже, інерційністю проміжних перетворень міри, тобто часом здійснення кожної проміжної операції циклу експлуатації, можна знехтувати.

Приведемо співвідношення, впроваджені в [5] для опису операторів, які характеризують основні заходи експлуатації і впливають на зміну виду технічного стану ОВТ у військах, після введення в експлуатацію.

Оператор зберігання в  $j$ -му режимі  $L_{36j}$ . Дія підсистеми зберігання полягає в створенні відповідних умов зберігання, що послабляють вплив негативних факторів експлуатації. Алгоритм зберігання реалізується без помилок із ймовірністю  $P_{36j}$ , при цьому

$$q_{2i-1} = P_{36j} \cdot P(Q_{36j});$$

$$\bar{q}_{2i-1} = 1 - q_{2i-1};$$

$$q_{2i} = 0;$$

$$\bar{q}_{2i} = 1,$$

$$\text{де } P(Q_{36j}) = \begin{cases} 1, & \text{при } Q_{36j} > 0; \\ 0, & \text{при } Q_{36j} \leq 0, \end{cases}$$

$Q_{36j}$  – ресурс підсистеми зберігання.

Оператор контролю  $L_k$ , який прийнято характеризувати ймовірністю помилок контролю першого  $\alpha$  і другого  $\beta$  роду, тобто правильного рішення про перебування об'єкта в справному –  $\gamma$  і  $\delta$  – в несправному станах із ймовірністю  $P_k$  того, що алгоритм контролю буде реалізований без помилок 1-го і 2-го роду, маємо:

$$q_{2i-1} = \frac{\alpha(1-P_k) + \gamma P_k}{\alpha + \gamma},$$

$$\bar{q}_{2i-1} = \frac{\alpha \cdot P_k + \gamma(1-P_k)}{\alpha + \gamma},$$

$$q_{2i} = \frac{\beta(1-P_k) + \delta P_k}{\beta + \delta},$$

$$\bar{q}_{2i} = \frac{\beta \cdot P_k + \delta(1-P_k)}{\beta + \delta}.$$

Оператор відновлення може приймати різноманітний вид в залежності від того, який спосіб відновлення обраний для елемента ККРЗТ.

Отримані дотепер співвідношення для коефіцієнтів перетворення описують найбільш поширений спосіб відновлення із вилученням несправного елемента і заміною його справним із існуючого ЗІП [3, 4, 14].

Коли алгоритм відновлення реалізується без помилок, що змінюють очікуваний результат операції відновлення з ймовірністю  $P_B$ , елемент, що використовується для відновлення справний із ймовірністю  $P_{3e}$ , а ресурс  $Q$  системи дозволяє проводити відновлення, що визначає наявність запасних частин, які використовуються для заміни, вирази для коефіцієнтів перетворення оператора відновлення приймають вигляд:

$$q_{2i-1} = \frac{P_B \cdot P_{3e} + (1 - (Q_B)) (x^*)}{P_B + P_{3e} (1 - P_B) + (1 - (Q_B)) (1 - x^* - P_B) + x^*},$$

$$\bar{q}_{2i-1} = \frac{P_{3e} (1 - P_B) + P_B (1 - (Q_B) - P_{3e}) + x^*}{P_B + P_{3e} (1 - P_B) + (1 - (Q_B)) (1 - x^* - P_B) + x^*},$$

$$q_{2i} = P_B \cdot P_{3e},$$

$$\bar{q}_{2i} = P_B (1 - P_{3e}) + P_{3e} (1 - P_B) + (1 - P_B) (1 - P_{3e}),$$

де  $x^*=1$ , при використанні інформації про результат контролю;  $x^*=0$ , в протилежному випадку.

Спосіб відновлення шляхом регулювання параметрів реалізується в системах керування параметрами.

Надалі для можливості вирішення поставленої задачі необхідно одержати співвідношення для коефіцієнтів перетворення оператора відновлення шляхом регулювання параметрів.

Коефіцієнти перетворення оператора відновлення шляхом регулювання параметрів  $q_{2i-1}$ ,  $\bar{q}_{2i-1}$ ,  $q_{2i}$ ,  $\bar{q}_{2i}$ , відповідають ймовірностям таких подій:

$q_{2i-1}$  – події А1, коли для операції відновлення надходить справний об'єкт і після проведення регулювання залишається справним;

$\bar{q}_{2i-1}$  – події А2, коли для операції відновлення надходить справний об'єкт і після проведення регулювання виходить із ладу;

$q_{2i}$  – події А3, коли для операції відновлення надходить несправний об'єкт і після проведення регулювання стає справним;

$\bar{q}_{2i}$  – події А4, коли для операції відновлення надходить несправний об'єкт і після проведення регулювання залишається несправним.

Події A1 і A2, A3 і A4 попарно складають повні групи подій, тоді:

$$q_{2i-1} + \bar{q}_{2i-1} = 1;$$

$$q_{2i} + \bar{q}_{2i} = 1.$$

Це не суперечить ідеї використання типових операторів [3].

Подія A3 складається з подій: A31 – алгоритм регулювання реалізується без помилок, що змінюють очікуваний результат операції регулювання (приводять до несправності об'єкта) з ймовірністю  $P_{\text{рег}}$ , A32 – події, коли номінальні параметри елементів дозволяють проводити регулювання на величину відхилення параметра від необхідного значення, що відповідає наявності ресурсу системи відновлення  $Q_{\text{в(рег)}}$  з ймовірністю  $P_{\text{рес}}$ , A33 – несправний об'єкт потрапив на відновлення з ймовірністю  $P_{\text{вик.інф}}$ .

Ймовірність  $P_{\text{рес}}$  приймає значення 0 і 1 у залежності від наявності  $Q_{\text{в(рег)}} > 0$ , або відсутності  $Q_{\text{в(рег)}} \leq 0$  ресурсу системи відновлення:

$$P_{\text{рес}}(Q_{\text{в(рег)}}) = \begin{cases} 1, & \text{при } Q_{\text{в(рег)}} > 0 \\ 0, & \text{при } Q_{\text{в(рег)}} \leq 0 \end{cases}$$

Ймовірність  $P_{\text{вик.інф}}$  приймає значення 0 і 1 у залежності від наявності і використання інформації контролю. При використанні інформації достовірного контролю несправний об'єкт підлягає регулюванню і ймовірність події A33 дорівнює 1 і навпаки. Використаємо показник  $x^*$  тоді  $P_{\text{вик.інф}} = x^*$ .

Події A31, A32, A33 є незалежними подіями і співвідношення для коефіцієнта перетворення  $q_{2i}$  який відповідає ймовірності події A3, згідно до теорії множення ймовірностей, приймає вигляд:

$$q_{2i} = P_{\text{рег}} P_{\text{рес}}(Q_{\text{в(рег)}}) x^*.$$

Використовуючи властивість повної групи подій одержимо співвідношення коефіцієнта перетворення  $\bar{q}_{2i}$  відповідної ймовірності події A4:

$$\bar{q}_{2i} = 1 - P_{\text{рег}} P_{\text{рес}}(Q_{\text{в(рег)}}) x^*.$$

Подія A2 складається з подій: A21 – алгоритм регулювання реалізується без помилок, що призводять до несправності об'єкта  $P_{\text{рег}}$ , A22 – справний об'єкт підлягає регулюванню з ймовірністю  $P_{\text{вик.інф}}$ . Очевидно, що ці події аналогічні відповідним подіям відновлення шляхом заміни елемента. Відповідно і співвідношення для коефіцієнтів перетворення мають вигляд аналогічний наведеному в [3, 5].

$$q_{2i-1} = \frac{P_{\text{рег}} + (1 - P_{\text{рес}}(Q_{\text{в(рег)}}))(x^*)}{P_{\text{рег}} + (1 - P_{\text{рег}}) + (1 - P_{\text{рес}}(Q_{\text{в(рег)}}))K + x^*};$$

$$\bar{q}_{2i-1} = \frac{(1 - P_{\text{рег}}) + P_{\text{рег}} P_{\text{рес}}(Q_{\text{в(рег)}}) + x^*}{P_{\text{рег}} + (1 - P_{\text{рег}}) + (1 - P_{\text{рес}}(Q_{\text{в(рег)}}))K + x^*},$$

де  $K = 1 - x^* - P_{\text{рег}}$ .

При описі відновлення шляхом заміни елемента передбачається, що алгоритм відновлення реалізується правильно, використаний для заміни елемент справний.

Для обох випадків відновлення процес відбувається тільки при наявності ресурсу відновлення, що для випадку з заміною елементів припускає наявність запасного елемента, а для випадку з регулюванням параметра – технічну можливість її проведення.

Як показує практика, ресурс підсистем зберігання та контролю можна вважати необмеженим. При довільному законі зміни продуктивності ТО

$$\Omega_{\text{ТО}} = \omega_{\text{ТО}} + \bar{\omega}_{\text{ТО}}$$

інтенсивність витрати ресурсу відновлення для КПА

$$Q_{\text{в(р)}}^{(1)} = -q_{\text{в(р)}} \omega_{\text{ТО}} + \bar{q}_{\text{в(р)}} \bar{\omega}_{\text{ТО}},$$

для АУ танка

$$Q_{\text{в(3)}}^{(1)} = -q_{\text{в(3)}} \omega_{\text{ТО}} + \bar{q}_{\text{в(3)}} \bar{\omega}_{\text{ТО}},$$

де

$$q_{\text{в(р)}} = q_{4.5} q_{5.7} + q_{4.6} q_{6.7};$$

$$\bar{q}_{\text{в(р)}} = q_{4.6} q_{6.8} + q_{4.5} q_{5.6} q_{6.8};$$

$$q_{\text{в(3)}} = q_{4.5} q_{5.7} + q_{4.6} q_{6.7};$$

$$\bar{q}_{\text{в(3)}} = q_{4.6} q_{6.8} + q_{4.5} q_{5.6} q_{6.8}.$$

## Висновки

У представленому ракурсі ККРЗТ фігурують як об'єкти з числовим вимірювальним контролем стану і відновленням (усуненням латентних відмов) комплексним шляхом (регулювання параметрів та заміною елементів).

Отримані співвідношення роблять можливою програмну реалізацію систем діагностики другого роду в адаптивних інформаційних вимірювальних обчислювальних комплексах систем технічного обслуговування і ремонту складних технічних систем. Це в свою чергу робить можливою трансформацію систем технічного обслуговування і ремонту в інтегровані комплексні системи забезпечення експлуатації.

## Список літератури

1. Хахула В.В. Задача оцінки ефективності систем забезпечення експлуатації для комплексів керованої ракетної зброї / В.В. Хахула // Збірник наукових праць Севастопольського ВМІ ім. П.С. Нахімова. – 2009. – №1(16). – С. 71-77.
2. Левченко А.О. Аналіз складу технічних засобів системи технічного обслуговування комплексів керованої ракетної зброї танків / А.О. Левченко, В.В. Хахула // Системи озброєння та військова техніка. – 2009. – № 2 (18). – С. 82-87.
3. Левин С.Ф. Основы теории обеспечения эксплуатации технических объектов / С.Ф. Левин. – М.: МО СССР, 1982. – 99 с.
4. Левин С.Ф. Статистический анализ систем обеспечения эксплуатации технических объектов / С.Ф. Левин. – М.: АН СССР, 1989. – 95 с.
5. Статистический анализ и синтез в системе обеспечения эксплуатации: отчёт о НИР “Декстрин”: кн. 1 / ОВВКИУ ПВО; Левин С. Ф. – Одесса, 1980. – 33 с.
6. Левченко А.А. Оптимізація технічного обслуговування і ремонту групи однотипних складних технічних комплексів під час зберігання / А.А. Левченко, М.Ю. Яковлев, В.Я. Фролов, Ю.І. Скорін // Открытые информационные и компьютерные технологии: сб. науч. тр. Гос. ун-та им. Н. Е. Жуковского “ХАИ”. – Вып. 8. – Х., 2000. – С. 129 – 133.
7. Можливості використання операторних моделей процесів забезпечення експлуатації: ЗНП №5: Ч. 1. / ОІСВ; Бугаев С.Н., Хаджитупло Ю.Б., Левченко А.О. – Одеса, 1999. – С. 46-52.
8. Загальна математична модель прогнозу ймовірності відмов озброєння та військової техніки в залежності від заходів технічного забезпечення: звіт з НДР “Модель-2000” (заключний): кн. 1 / ОІСВ; А.О. Левченко. – Одеса, 2001. – С. 83-92.

9. Левченко А.О. Забезпечення експлуатації засобів вимірювальної техніки військового призначення: моногр. / А.О. Левченко, М.Ю. Яковлев. – Львів : ЛІСВ, 2008. – 241 с.

10. Статистический анализ и синтез в системе обеспечения эксплуатации изделий: отчёт о НИР “Эксплуатация и надёжность”: кн. 3 / ОВВКИУ ПВО; С.Ф. Левин. – Одесса, 1982. – 33 с.

11. Абрамов О.В. Прогнозирование состояния технических систем / О.В. Абрамов, А.Н. Розенбаум. – М.: Наука, 1990. – 126 с.

12. Левченко А.О. Процедура синтезу моделі параметру потоку відмов радіоелектронних засобів під час однорежимного утримання для інформаційно-довідкової автоматизованої системи визначення стану об'єктів експлуатації / А.О. Левченко, О.І. Кравчук // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. Інформаційні системи та мережі. – 2008. – № 621. – С. 239-250.

13. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. – Чинний від 1996-01-01. – К.: Держспоживстандарт України, 1996. – 63 с.

14. Левченко А.А. Идентификация диагностической информации о техническом состоянии объекта при отсутствии априорной информации о вероятностных характеристиках случайных факторов / А.А. Левченко, В.Я. Фролов, М.Ю. Яковлев // Открытые информационные и компьютерные технологии: сб. науч. тр. Гос. ун-та им. Н. Е. Жуковского “ХАИ”. – Вып. 5. – Х., 1999. – С. 135-139.

Надійшла до редколегії 12.03.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, ст. наук. співр.-А.М. Зубков, Академія Сухопутних військ. Львів.

### ИЕРАРХИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМПЛЕКСОВ УПРАВЛЯЕМОГО РАКЕТНОГО ВООРУЖЕНИЯ ТАНКОВ

В.В. Хахула

Получена иерархическая модель системы технического обеспечения эксплуатации для комплексов управляемого ракетного вооружения танков и вид коэффициентов преобразования результата операций для типовых операторов в пределах полного цикла обслуживания.

**Ключевые слова:** комплекс управляемого ракетного оружия танка, контрольно-проверочная машина, контрольно-проверочная аппаратура, система технического обеспечения эксплуатации, техническое обслуживание и ремонт, коэффициенты превращения результата операции, иерархическая модель системы технического обеспечения эксплуатации.

### THE HIERARCHICAL MODEL OF TECHNICAL SUPPLYING OF EXPLOITATION OF COMPLEXES OF THE GUIDED ROCKET WEAPON OF TANKS

V.V. Hahula

The hierarchical model of the system of the technical supplying of exploitation for the complexes of the guided rocket weapon of tanks and the outlook of ratio of the conversion of operations' result is received for the typical operators of the system of technical supplying of exploitation within the limits of complete cycle of the service.

**Keywords:** complex of the guided rocket weapon of tank, control-verification machine, control-verification apparatus, system of the technical providing of exploitation, technical service and repair, coefficients of transformation of result of operation, hierarchical model of the system of the technical providing of exploitation.