

Євген Агашович Юфа (ад'юнкт)

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ

АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДЬОГО ЧАСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ІНЖЕНЕРНО- РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИ УПРАВЛІННІ ВІДНОВЛЕННЯМ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ

Розглядається варіант аналізу системи управління інженерно-радіоелектронним забезпеченням із запропонованою формалізацією функціонування системи інженерно-радіоелектронного забезпечення при управлінні відновленням радіоелектронної техніки. Для аналітичного опису системи управління інженерно-радіоелектронного забезпечення використовується апарат мереж масового обслуговування. Запропонована інтерпретація функціонування системи інженерно-радіоелектронного забезпечення при управлінні відновленням радіоелектронної техніки на основі оргграфа, яка дозволяє проводити чисельні дослідження системи інженерно-радіоелектронного забезпечення при управлінні відновленням радіоелектронної техніки.

***Ключові слова:** система, управління, відновлення, інженерно-радіоелектронне забезпечення, радіоелектронна техніка.*

Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими завданнями

Розвиток воєнно-політичної обстановки у світі показує, що, незважаючи на зниження імовірності розв'язання великомасштабної війни, загроза виникнення військових конфліктів не знижується [1,2].

Досвід локальних війн сучасності без перебільшення вказує на пріоритетну роль повітряної складової збройних сил у досягненні мети воєнних конфліктів [3].

Виходячи з результатів аналізу переліку основних завдань, що виконуватиме угруповання протиповітряної оборони (ППО) в операції, досвіду проведення командно-штабних навчань та проведених досліджень, слід навести узагальнений перелік цих завдань, до яких відносяться наступні: відбиття ударів повітряного противника; прикриття військ на оборонних рубежах, у районах зосередження, під час завдання контрудару (контратак); прикриття аеродромів, пунктів управління, найважливіших елементів тилу і комунікацій. Воно створюватиметься з винищувальної авіації, зенітних ракетних, радіотехнічних військ та військ радіоелектронної боротьби, при цьому, особливе місце відводиться радіотехнічним військам (РТВ).

Постійна готовність радіоелектронної техніки (РЕТ) до використання за призначенням, ефективність її бойового застосування досягається своєчасною і повною організацією технічного забезпечення військових частин і підрозділів РТВ.

Враховуючи вище сказане, можна стверджувати, що основним видом технічного забезпечення бойового застосування РТВ є інженерно-радіоелектронне забезпечення (ІРЕЗ), яке здійснюється з метою укомплектування і підтримання в готовності до бойового

застосування РЕТ, забезпечення її безвідмовної експлуатації, а також ремонту і відновлення під час відмов чи пошкоджень [4].

Підвищення ефективності функціонування системи ІРЕЗ можливе шляхом удосконалення методів та засобів управління. Провівши аналіз методів та засобів управління системою ІРЕЗ [4] під час відновлення РЕТ, можна стверджувати, що одним з основних напрямів її удосконалення є рішення задачі зниження витрат часу під час управління системою на різних рівнях і ланках за рахунок впровадження сучасних автоматизованих систем управління (АСУ), тобто покращення пропускнув можливостей засобів АСУ та зв'язку під час відновлення РЕТ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз теоретичних напрацювань Бояринова І.Є., Кіріченка І.О., Ковтуценка О.П., Креденцера Б.П., Ланецького Б.М., Оленовіча І.Ф., Раскіна Л.Г., Шмакова А.М., Шуєнкін В.А. показує, що в проведених дослідженнях, присвячених відновленню озброєння як у мирний час, так і в період ведення бойових дій, вважається, що допустимі терміни відновлення озброєння відомі, та потрібно встановити раціональну структуру та склад засобів технічного оснащення ремонтних органів; або при відомих кількості і структурі ремонтних органів, вихідному розміщенні сил і засобів технічного забезпечення визначаються терміни відновлення зразків озброєння. При цьому, під час досліджень не враховуються вплив якості управління системою на ефективність самої системи. Крім того, істотними обмеженнями даних досліджень є подання системи управління в ідеалізованому вигляді, без урахування ієрархічного характеру її побудови. Вважається, що вона повністю

забезпечена необхідною інформацією, всі рішення приймаються і доводяться до виконавців в остаточному вигляді практично миттєво тощо. Таким чином, з урахуванням наведених обмежень, вважається, що час відновлення включає в себе тільки безпосередньо час ремонту і час доставки сил і засобів до об'єкту відновлення.

Відомі різні підходи до опису організаційних систем управління. Разом з тим, в даний час відсутні ефективні методи аналітичного опису функціонування таких систем. Принциповою складністю опису організаційних систем управління, у тому числі і системи управління ІРЕЗ, є їх ієрархічна структура і паралельна робота різних рівнів системи управління. Використання апарату теорії масового обслуговування, що розглядається нижче, для визначення середнього часу функціонування системи ІРЕЗ дозволяє подолати при деяких обмеженнях вказані труднощі.

Підсистема управління системи ІРЕЗ є складною ієрархічно організованою багаторівневою організаційною системою. Природно виділити чотири рівні ієрархії системи управління (СУ) ІРЕЗ: перший – органи управління (ОУ) ІРЕЗ ПС; другий – ОУ ІРЕЗ ОК; третій – ОУ ІРЕЗ частин РТВ; четвертий – ОУ ІРЕЗ підрозділів РТВ.

В процесі експлуатації РЕТ при виникненні відмов, які не можуть бути усунені силами підрозділів РТВ, ОУ ІРЕЗ підрозділів, крім доповіді по оперативній лінії, надають доповідь про них в ОУ ІРЕЗ вищестоящого рівня. Ці доповіді будемо інтерпретувати як заявки на відновлення озброєння (або просто заявки). ОУ ІРЕЗ підрозділів РТВ (відповідно вершини графа G_0 нижчою рівня) можна розглядати, як джерела таких заявок. Вироблення рішення на відновлення РЕТ, інтерпретуватимемо як обслуговування заявок. Заявку вважатимемо обслуженою ОУ вищестоящого рівня після того, як прийнято рішення щодо виділення сил і засобів (СіЗ) ІРЕЗ на відновлення РЕТ і сплановані заходи, виконання яких пов'язане з відновленням РЕТ. Залежно від складності відмови заявка обслуговується ОУ ІРЕЗ відповідного рівня ієрархії.

Формулювання мети статті

Метою статті є удосконалення аналітичної моделі визначення середнього часу функціонування системи інженерно-радіоелектронного забезпечення при управлінні відновленням радіоелектронної техніки.

Результат дослідження

Під час проведення дослідження в якості показника ефективності функціонування ІРЕЗ при управлінні відновленням РЕТ будемо розглядати середній час обслуговування заявки T_y – так званий адміністративний час.

Запропонована автором інтерпретація функціонування ІРЕЗ при управлінні відновленням РЕТ на основі оргграфа G_0

наведеного на рис. 1 дозволяє проводити чисельні дослідження системи ІРЕЗ при управлінні відновленням РЕТ.

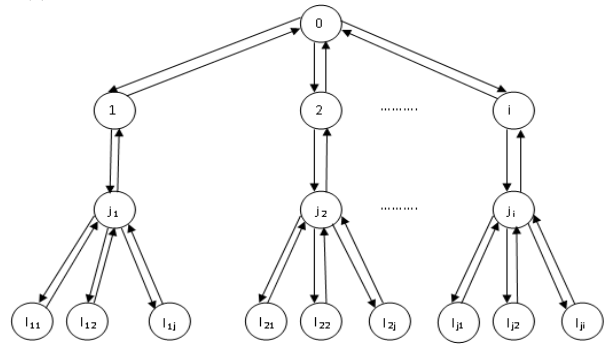


Рис.1. Граф G_0 системи ІРЕЗ при управлінні відновленням РЕТ

Структурну схему ІРЕЗ при управлінні відновленням РЕТ можна представити, у вигляді деякого оргграфа $G_0(V_0, R_0)$, де множині V_0 вершин графа ставиться у відповідність сукупність ОУ ІРЕЗ, а множині R_0 ребер графа – сукупність інформаційних зв'язків між ними.

Проте запропонований оргграф G_0 носить достатньо загальний характер.

З огляду на те, що кожен ОУ ІРЕЗ відображений тільки однією вершиною, виявляється достатньо складно проаналізувати вплив окремих складових часу обслуговування заявок кожним із задіяних ОУ ІРЕЗ на загальний час обслуговування заявок.

В результаті дослідження встановлено, що розвиття процесу обслуговування заявки в кожному ОУ на етапи [5], а саме: збір і аналіз інформації про відмови, вироблення рішення щодо обслуговування заявок; розробка плану заходів щодо виконання рішення і постановка задач виконавчій ланці є прийнятний як з погляду розмірів формалізованої моделі, так і з погляду можливостей її аналізу.

В результаті заміни в графі G_0 вершин, відповідних ОУ ІРЕЗ 1-го, 2-го і 3-го рівнів на групи вершин, відповідних етапам управління, отримуємо граф функціонування СУ ІРЕЗ – граф $G(V, R)$, наведений на рис. 2.

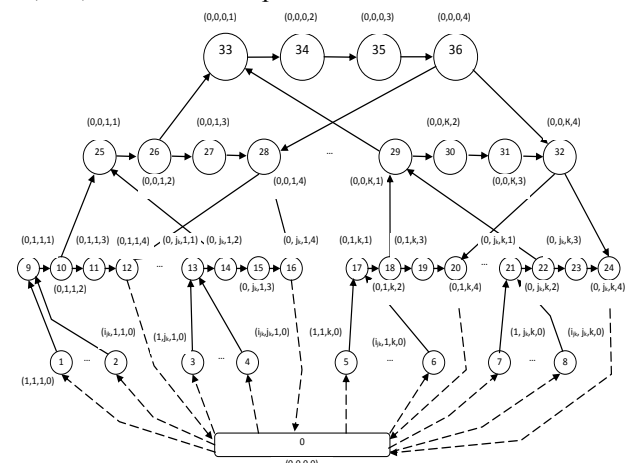


Рис.2. Граф функціонування ІРЕЗ при управлінні відновленням РЕТ – граф $G(V, R)$

Кожна вершина графа G , що знаходиться на 1-му, 2-му і 3-му рівні ієрархії, відповідає одному з етапів обслуговування заявок. Час перебування заявок в цих вершинах відповідатиме часу обслуговування заявок на відповідних етапах обслуговування. Вершини графа четвертого рівня відповідають ОУ ІРЕЗ підрозділів РТВ. Попадання заявки на вершину цього рівня відповідає ситуації, коли підрозділ самостійно не в змозі усунути відмову. Тому, час перебування заявки на цих вершинах відповідатиме часу передачі заявки в ОУ ІРЕЗ третього рівня.

Для визначення стану озброєння і замикання ланцюга виконання заявок введемо фіктивне джерело заявок з інтенсивністю потоку заявок

$$\lambda_0 = \sum_{i=1}^1 \lambda_i \quad (1)$$

де λ_i – інтенсивність потоку заявок від i -го підрозділу РТВ;

1 – кількість підрозділів РТВ в угрупованні.

Для нумерації вершин графа G додатково введемо наступні позначення:

k – порядковий номер ОК, $k=1 \dots K$,

де K – кількість ОК;

j_k – порядковий номер військової частини РТВ в k -му ОК, $j_k=1 \dots J_k$,

де J_k – кількість частин РТВ в k -му ОК;

j – порядковий номер військової частини РТВ $j=1 \dots J$,

де J – кількість частин РТВ в угрупованні РТВ;

i_{jk} – порядковий номер підрозділу РТВ в j_k -й військової частині РТВ, $i_{jk}=1 \dots I_{jk}$,

де I_{jk} – кількість підрозділів РТВ в j_k -й військової частини РТВ k -го ОК,

e – порядковий номер етапу обслуговування заявки, $e=1 \dots 4$. Кожна вершина матиме 4-індексний номер (i_{jk}, j_k, k, e) . Під час нумерації вершин третього рівня вважатимемо, що $i_{jk} = 0$, другого $i_{jk} = 0$, $j_k = 0$ та для вершин першого рівня ієрархії $i_{jk} = 0$, $j_k = 0$, $k=0$. Фіктивному джерелу заявок привласнений номер $(0,0,0,0)$.

Використовуючи введені позначення, загальне число вершин V графа G можна визначити за наступним співвідношенням (див. рис.2):

$$V = 4 \left(1 + K + \sum_{k=1}^K J_k + \sum_{k=1}^K \sum_{j_k=1}^{J_k} I_{j_k} \right) + 1 = 4 + 4K + 4J + 1 + 1 \quad (2)$$

Для аналогічного опису СУ ІРЕЗ застосовний апарат мереж масового обслуговування (МО).

Слід зазначити, що теорія МО ґрунтується на припущенні про експоненціальний характер закону обслуговування заявок [6]. Проте, враховуючи той факт, що основна частина заявок, які надходять носять характер таких, які часто зустрічаються, можна припустити, що велика частина заявок буде швидко обслуговуватись. Менша частина заявок вимагає тривалий час для їх обслуговування, і зовсім незначна частина заявок вимагає значні часові витрати на обслуговування.

Саме такий розподіл часу обслуговування заявок і характерний для експоненціального закону [7]. Крім того, експоненціальний закон розподілу часу обслуговування є "найважчим" для будь-якої обслуговуючої системи [8]. Тому, застосовуючи для апроксимації реального закону розподілу часу обслуговування експоненціальний закон можна вважати, що реальні характеристики функціонування СУ ІРЕЗ виявляться не гірші, ніж результати, що отримані за допомогою моделі.

Мережа МО є сукупністю кінцевого числа M обслуговуючих центрів, в якій циркулюють повідомлення, які переходять, у відповідності до маршрутної матриці, з одного центру в інший.

Під центром обслуговування розуміють систему масового обслуговування, що складається з A однакових приладів $(1 \leq A \leq \infty)$ і буфера об'ємом C $(1 \leq C \leq \infty)$. В запропонованому графі центрам обслуговування відповідають окремі виконавці (групи виконавців), які вирішують задачі, пов'язані з обслуговуванням заявок на окремих етапах управління. У даній роботі приймається $A = 1$ і $C = \infty$.

Під дисципліною обслуговування заявок розуміють правило, відповідно до якого здійснюється вибір заявки для обслуговування в центрі. У даній роботі прийнята дисципліна обслуговування FCFS (First-come, first-served – першим прийшов, першим отримав обслуговування).

Перехід заявки з одного обслуговуючого центру в інший здійснюється відповідно до заданого маршруту, під яким розуміється послідовність відвідування заявкою обслуговуючих центрів мережі. Маршрут еволюції заявок в мережі МО задається матрицею маршрутів $P = \|P_{m,n}\|$, де $P_{m,n}$ – імовірність того, що заявка, що йде з m -го центру, перейде в n -й центр мережі $(m, n = 0 \dots V)$.

Маршрутна матриця P має розмірність $V \times V$ і в загальному вигляді є досить громіздкою. В якості прикладу розглянемо угруповання РТВ простого складу, яке включає два ОК. У складі кожного ОК – дві військові частини РТВ і у складі кожної військової частини РТВ – два підрозділи РТВ. Для такого складу угруповання маршрутна матриця буде мати розмірність 36×36 . Для угруповань РТВ більшого складу маршрутні матриці доцільно представляти в блочному вигляді.

Дана мережа є закритою, оскільки кількість заявок, що знаходяться в ній, постійне і дорівнює 1 – кількості підрозділів РТВ. Для визначення потоків, які циркулюють в стаціонарному режимі в закритій мережі МО, використовуються коефіцієнти передачі r_m [6]. Ці коефіцієнти такі, що, якщо λ_0 – інтенсивність заявок з джерела, тоді $\lambda_0 = r_m \lambda_0$ – загальна інтенсивність потоку заявок в m -й центр мережі, $m=0 \dots V$. Тоді величини r_m при $r_0 = 1$ задовольняють наступній системі лінійних рівнянь

$$r_m = P_{0,m} + \sum_{n=1}^V r_n P_{n,m}, \quad n, m = 0..V \quad (3)$$

Середній час обслуговування заявки може бути визначено у вигляді [6]

$$T_y = \sum_{m=1}^V r_m T_m, \quad (4)$$

де T_m – середній час перебування заявки в m -му центрі обслуговування.

T_m визначається за формулою Літтла [9]

$$T_m = L_m / \lambda_m, \quad (5)$$

де L_m – середнє число заявок в центрі обслуговування,

λ_m – інтенсивність надходження заявок в центр обслуговування. Математичне очікування числа заявок в m -му центрі визначатиметься за допомогою наступної математичної залежності

$$L_m = \sum_{i=1}^l x_m^i G_V(1-i) / G_V(1), \quad (6)$$

де

$G_V(1-i)$ – константа,

$G_V(1)$ – нормуюча константа,

x_m – коефіцієнт, який визначається як співвідношення

$$x_m = \frac{r_m}{\mu_m}, \quad (7)$$

де μ_m – інтенсивність обслуговування заявок в m -му центрі обслуговування.

Константи $G_V(1-i)$ та $G_V(1)$ визначаються за наступним співвідношенням

$$G_V(1) = \sum_{n \in S(l,V)} \prod_{m=1}^V Z_m(n_m), \quad (8)$$

де n_m – кількість заявок, які знаходяться в m -му центрі обслуговування, $m=1 \dots V$.

$$Z_m(n_m) = \frac{r_m^{n_m}}{\prod_{m=1}^V \mu_m}, \quad (9)$$

$S(l, V)$ – множина V -мірних векторів \bar{n}

$$\bar{n} = \{n_1, n_2, \dots, n_m, \dots, n_V\}, \quad (10)$$

Кількість елементів множини $S(l, V)$

визначається кількістю сполучень C_{l+V}^{V-1} .

Література

1. Военное искусство в локальных войнах и вооруженных конфликтах: военно-исторический труд. – М.: Воениздат, 2009. – 764 с. **2. Слипченко В.И.** Войны шестого поколения. Оружие и военное искусство будущего / Слипченко В.И. – М.: Вече, 2002. – 384 с. **3. Корнуков А. М.** О возрастных роли противоборства в воздушно-космической сфере / Корнуков А.М. // Военная мысль, 2005. – № 1. – С. 8-9. **4. Пасхін С.О., Кудрік А.М., Манаков В.В.** Основи теорії надійності, технічного обслуговування та ремонту озброєння і військової техніки радіотехнічних військ. Підручник – Харків ХВУ, 2001 – 463 с. **5. Довідник** з протиповітряної оборони / А.Я. Торопчин, І.О. Романенко та ін. – К.: МО України, Х.: ХВУ, 2003. –

Для обчислення нормуючої константи мереж великої розмірності доцільно використовувати метод Бузена (алгоритм згортки). Методика обчислення констант $G_V(1-i)$ та $G_V(1)$ за допомогою цього методу достатньо детально описана в [6].

Запропонована модель, на відміну від існуючих, враховує:

- 1) математичне очікування часу обслуговування заявок на етапах обслуговування;
- 2) маршрутну матрицю еволюції заявок;
- 3) інтенсивність потоків заявок від підрозділів

РТВ та дозволяє розрахувати середній час обслуговування заявок системою ІРЕЗ (адміністративний час).

Висновки з даного дослідження

Таким чином, використання удосконаленої аналітичної моделі дозволить визначити середній час функціонування системи ІРЕЗ при управлінні відновленням радіоелектронної техніки та дані щодо інтенсивності потоків заявок в центрах обслуговування, можливо визначити середній час обслуговування заявок кожним обслуговуючим центром, який і є адміністративним часом системи ІРЕЗ при управлінні відновленням РЕТ.

Практична значимість отриманих результатів

Отримані на практиці результати дозволяють підвищити пропускні можливості системи управління відновленням РЕТ та надають можливість здійснити синтез і вибір раціональної за складом та властивостями системи управління, як в мирний час так і в особливий період, що в свою чергу сприятиме зменшенню витрат часу на відновлення РЕТ.

Новизна результату

Отже, науковою новизною результату дослідження є удосконалення аналітичної моделі з використанням апарату теорії масового обслуговування, в якій, на відміну від існуючих, обґрунтована доцільність представлення маршрутних матриць ієрархічних систем управління у блочному вигляді, що додатково дозволяє враховувати ієрархічність структури і паралелізм роботи органів управління ІРЕЗ при обслуговуванні заявок на відновлення РЕТ.

368 с. **6. Жожикашвили В.А.** Сети массового обслуживания. Теория и применение к сетям ЭВМ / В. Жожикашвили, В. Вишневецкий. – М.: Радио и Связь, 1988.–192 с. **7. Шейнин Р.Л.** Методы количественного анализа функционирования организационных систем // Проблемы анализа функционирования организационных систем. Сборник трудов. Выпуск №11. – М.: ВНИИСИ, 1986. – С.15-28. **8. Новиков О. А.** Прикладные вопросы теории массового обслуживания. / О. Новиков, С. Петухов – М.: Сов. Радио, 1969.– 400 с. **9. Технология** системного моделирования / Е. Ф. Абрамчук, А. А. Вавилов, С. В. Емельянов и др. / Под ред. С. В. Емельянова и др.– М.: Машиностроение, 1988.– 520 с.

**АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕГО ВРЕМЕНИ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ИНЖЕНЕРНО-РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ПРИ УПРАВЛЕНИИ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ**

Евгений Агашевич Юфа (адъюнкт)

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев

Рассматривается один из возможных подходов к анализу системы управления инженерно-радиоэлектронным обеспечением. Предлагается формализация функционирования системы инженерно-радиоэлектронного обеспечения при управлении восстановлением радиоэлектронной техники. Для аналитического описания системы управления инженерно-радиоэлектронного обеспечения используется аппарат сетей массового обслуживания. Предложенная интерпретация функционирования системы инженерно-радиоэлектронного обеспечения при управлении восстановлением радиоэлектронной техники на основе орграфа, которая позволяет проводить численные исследования системы инженерно-радиоэлектронного обеспечения при управлении восстановлением радиоэлектронной техники.

Ключевые слова: *система, управление, восстановление, инженерно-радиоэлектронное обеспечение, радиоэлектронная техника.*

**THE ANALYTICAL MODEL OF DETERMINATION OF A MEAN FUNCTIONING TIME OF A
SYSTEM OF ENGINEER-RADIO ELECTRONIC SUPPORT WHEN MANAGING RADIO
ELECTRONIC EQUIPMENT RESTORATION**

Evgen Yufa (Postgraduate Military Student)

National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv

One of the possible approaches to the analysis of radioelectronic engineering providing control system is considered. The formalization of radioelectronic engineering providing control system functioning when controlling of radioelectronic equipment recovering is proposed. The methodology of mass service system is used for analytical description of radioelectronic engineering control system. The proposed interpretation of radioelectronic engineering control system when controlling of radioelectronic equipment recovering is based on the oriented graph. The given interpretation allows conduct computer researches of radioelectronic engineering control system when controlling of radioelectronic equipment recovering.

Key words: *system, management, recovery, radioelectronic engineering providing, radioelectronic technique.*