1. Inductive Method Permitting to Choose Model with Least Error and Least Bias Allowing the Solve Interpolation Tasks of Artificial Intelligence / A.G. Ivakhnenko, E.A. Savchenko, G.A. Ivakhnenko et al. 2. Kondo T. GMDH Neural Network Algorithm Using the Heuristic Self-Organization Method and Its Application to the Pattern Identification Problem // Proc. of the 37th SICE Annual Conf., July, 1998. – P. 1143-1148. 3. Ivakhnenko A G., Ivakhnenko G.A. The Review of Problems Solvable by Algorithms of the Group Method of Data Handling // Pattern Recognition and Image Analysis. – 1995. – p. 527-535. 4. Philip Chen C.L., Ahmed F. Polynomial Neural Networks Based Mobile Robot Path Planning // Proc. of SPIE Conf. "Applications of Artificial Intelligence". – 1993. – P. 320-326. 5. Ahmed Philip Chen CJL. An Efficient Obstacle Avoidance Scheme in Mobile Robot Path Planning using Polynomial Neural Networks // Proc. of the IEEE National Aerospace and Electronics Conf. – 1993. – 2. – P. 848-850. 6. Nonliner Control for Autonomous Underwater Vehicles Using Group Method of Data Handling / T. Ko- bayashi, K_ Onji, J. Imae et al. // Proc. of Intern. Conf. on Control, Automation and Systems, Seoul, Korea, 2007. – p. 695-700. 7. Foka A.F., Trahanias P.E. Predictive Autonomous Navigation // Proc. of IEEE/RSJ Conf. on Intelligent Robots and Systems. – 2002. – 1. – p. 490-495. 8. Немченко В.В. Багаторівневі системи прийняття рішення в робототехніці / В.В. Немченко // "Обробка сигналів і негаусівських процесів": науково–практична конференція: тези доп. – Ч.: ЧДТУ, 2011. – С. 211-212. 9. Голуб С.В., Немченко В.В., Нечипоренко В.Ю. Формування дублюючих рівнів в ієрархічних структурах автоматизованих систем багаторівневого перетворення інформації // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2011. – №9. – С. 294–297. 10. Голуб С.В., Сисоєнко Н.В., Немченко В.Ю. Інформаційна технологія соціогігієнічного моніторингу // Обчислювальний інтелект (рузультати, проблеми, перспективи). – 2011 – С. 297. 11. Голуб С.В. Координація взаємодій локальних агрегатів в структурі систем багаторівневого перетворення моніторингової інформації / С.В. Голуб // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2009. – № 6(136). – Частина 1. – С. 325-329. 12. Алиев Р.А. М.И. Методы и алгоритмы координации впромышленных системах управления / Алиев Р.А., Либерзон М.И. – М.: Радио и связь, 1987. – 208 с., с.130. 13. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем /М.Месарович, Д.Мако, И.Такахара. – М.: Мир. – 1973. – 344с.

Надійшла до редколегії 10.09.12

УДК 681.3

С.В. Лєнков, д-р техн. наук, проф., Ю.О. Гунченко, канд. техн. наук, В.О. Осипа, канд. техн. наук, доц., В.Н. Цицарєв, канд. техн. наук, доц.

АНАЛІЗ І ОПТИМІЗАЦІЯ РЕМОНТОПРИДАТНОСТІ СКЛАДНОГО ТЕХНІЧНОГО ОБ'ЄКТА

Розроблено алгоритм розрахунку показника ремонтопридатності складного технічного об'єкта з урахуванням ієрархічної конструктивної структури. Запропоновано методику оптимізації конструктивної структури об'єкта за критерієм ремонтопридатності.

Ключові слова: ремонтопридатність, елементи, структура, об'єкти.

Разработан алгоритм расчета показателя ремонтопригодности сложного технического объекта с учетом иерархической конструктивной структуры. Предложена методика оптимизации конструктивной структуры объекта по критерию ремонтопригодности.

Ключевые слова: ремонтопригодность, элементы, структура, объекты.

The algorithm of calculation of index of repairabiliti of difficult technical object is worked out taking into account a hierarchical structural structure. Methodology of optimization of structural structure of object is offered on the criterion of repairabiliti.

Keywords: repairabiliti, elements, structure, objects.

Вступ. Згідно [1] під *ремонтопридатністю* (РП) розуміється властивість об'єкта, що полягає в пристосованості до підтримки й відновлення працездатного стану шляхом технічного обслуговування й ремонту. Поняття РП прийнято розглядати як часткова властивість більш загального поняття надійності об'єкта. У якості кількісних показників для оцінки РП найбільше часто застосовуються ймовірність відновлення за заданий час і середній час відновлення.

Властивість РП особливу важлива для складних технічних об'єктів, характерними ознаками яких є:

- велика кількість у складі об'єкта різнотипних комплектуючих елементів (механічних, електромеханічних, радіоелектронних і т.д.);
- ієрархічна конструктивна структура (наприклад, об'єкт може складатися із шаф, шафи – із блоків, блоки – з комірок і т.д.);
- складна надійнісна структура об'єкта (у більшості випадків, послідовно-паралельна).

Розглянуті об'єкти належать до класу відновлюваних об'єктів і призначені, як правило, для тривалої експлуатації. У випадку відмов проводиться поточний ремонт (заміна тих або інших конструктивних елементів). Під час поточного ремонту застосування об'єкта за призначенням переривається й система, у якій застосовується об'єкт, зазнає втрат (часові й вартісні). Чим вище (краще) РП об'єкта, тим меншими будуть ці втрати.

Основними факторами, що впливають на РП таких об'єктів, є:

- характеристики системи технічного діагностування (СТД) об'єкта;
- пристосованість конструкції до виконання операцій по заміні окремих конструктивних елементів.

У статті запропонований алгоритм розрахунку показників РП об'єкта з урахуванням параметрів його конструктивної структури й методика аналізу й оптимізації конструктивної структури за критерієм РП.

Розрахунок показників РП об'єкта. Як показник РП приймемо "середній час відновлення", величина якого визначається за формулою [2]:

$$T_в = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} p_i \tau_i \,, \qquad (1)$$

де $T_в$ – середній час відновлення об'єкта; N – число елементів об'єкта; p_i – імовірність відмови і-*го* елемента ($i = \overline{1,N}$); τ_i – середній час відновлення і-*го* елемента.

У загальному випадку ймовірності p_i залежить від тривалості експлуатації об'єкта $T_э$ й визначається за формулою:

$$p_i = \frac{n_i(T_э)}{N} = \frac{1}{N}\int_0^{T_э} \omega_i(t)dt \,, \qquad (2)$$

де $\omega_i(t)$ – параметр потоку відмов і-*го* елемента; $n_i(T_э)$ – середнє число відмов і-*го* елемента протягом часу експлуатації $T_в$.

Імовірності p_i повинні задовольняти умові $\sum_{i=1}^{N} p_i = 1$.

У формулі (1) ніяк не враховується конструктивна структура об'єкта, і поки не ясно, як конструктивна структура впливає на показник РП.

© Лєнков С.В., Гунченко Ю.О., Осипа В.О., Цицарєв В.Н., 2012

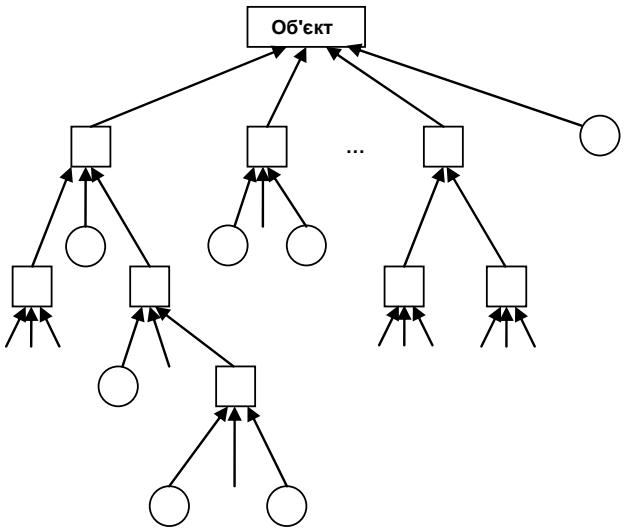


Рис. 1. Дерево конструктивної структури об'єкта

Конструктивну структуру об'єкта формально будемо описувати деревом $G = \langle E, R \rangle$, де E – множина *всіх* конструктивних елементів об'єкта; R – відношення вкладеності елементів. Дерево G графічно зображене на рис. 1. Елементи нижнього конструктивного рівня, у складі яких немає інших конструктивних елементів, умовимося називати *простими* (на рис. 1 позначені кружками). У дійсності простий елемент може являти собою досить складний технічний пристрій, однак у цьому випадку він розглядається як одне ціле, тому що в процесі експлуатації не передбачається його розбирання на більш дрібні елементи. Множина всіх простих елементів позначимо E_0. Всі інші елементи (елементи більш високих конструктивних рівнів) будемо називати *складовими*.

Для простоти приймемо, що всі складові елементи мають послідовну надійністну структуру (відмова елемента настає в тому випадку, якщо відмовить хоча б один із вхідних у нього елементів)[1].

Таким чином, неявно передбачається, що складовий елемент не може відмовити сам по собі – причиною його відмови є відмова хоча б одного із вхідних у нього простих елементів. З урахуванням цього при розрахунках за формулою (1) підсумовування повинне проводитися по всіх простих елементах ($N = |E_0|$).

У процесі експлуатації при відновленні об'єкта, що має складну конструктивну структуру, відновлення його працездатності проводиться шляхом заміни якого-небудь із елементів, як правило, більш високого конструктивного рівня, заміна якого вимагає менших витрат часу в порівнянні із часом заміни простого елемента, що відмовив.

Введемо поняття *множини відновлюваних елементів* (позначимо його $E_в$). У множину $E_в$ включаються всі елементи, які з найбільшою ймовірністю будуть замінятися при відмові якого-небудь із простих елементів. Таким чином, кожному простому елементу $e_i \in E_0$ ставиться у відповідність елемент $e_j \in E_в$, що буде замінятися у випадку відмови елемента e_i. Інакше можна сказати, що існує відображення $W : E_0 \to E_в$, за допомогою якого для кожного елемента, що e_i відмовив, однозначно визначається відповідний йому відновлюваний $e_j = W(e_i)$ елемент.

З використанням введених понять формулу (1) перепишемо в такий спосіб:

$$T_в = \frac{1}{N_в} \sum_{e_i \in E_0} p(e_i)\tau\left(W(e_i)\right), \qquad (3)$$

де $p(e_i)$ – імовірність відмови елемента e_i ($e_i \in E_0$); $\tau(W(e_i))$ – середній час, затрачуваний на відновлення об'єкта у випадку відмови елемента e_i.

Очевидно, що при заданих G і $\{\tau_i\}$ існує єдиний варіант множини $E_в$: у множину $E_в$ повинні бути включені всі елементи, для яких виконується умова:

$$\tau(e_i) = \min_{\substack{e_j \in P(e_k) \\ \forall e_k \in E_0}} \tau(e_j), \qquad (4)$$

де $\tau(e_j)$ – середня тривалість заміни елемента e_j;

$P(e_k)$ – шлях, що з'єднує висячу вершину, що відповідає простому елементу $e_k \in E_0$, з кореневою вершиною дерева G.

Умова (4), по суті, визначає алгоритм відбору елементів $e_i \in E$ для включення їх у множину $E_в$ (з урахуванням того, що в $E_в$ не повинне бути повторюваних елементів).

Постановка задачі оптимізації РП. У дійсності множину $E_в$ ніхто не вибирає, вона неявно визначається тими конструкторськими рішеннями, які вдалося реалізувати розроблювачеві при проектування об'єкта. Обслуговуючий персонал у процесі експлуатації у випадку відмов завжди буде проводити заміну конструктивних елементів, найбільш легко знімаються. Саме ці елементи належать до множини $E_в$.

З попереднього розгляду ясно, що множина $E_в$ і відповідне значення показника РП $T_в$ визначені параметра-

[1] Надалі це обмеження можна зняти

ми конструкції об'єкта G і $\{\tau_i\}$, які узагальнено позначимо $K = \langle G, \{\tau_i\} \rangle$. З урахуванням цього можна сказати, що кожному варіанту конструкції K відповідає "своє" (обумовлене цією конструкцією) значення показника РП $T_в$.

Під *оптимізацією* РП умовимося розуміти процес цілеспрямованого поліпшення конструкції K, що приводить до поліпшення показника РП $T_в$. Зміст цього процесу полягає у виборі розроблювачем таких конструктивних рішень, при яких забезпечується найкраща властивість ремонтопридатності об'єкта при існуючих обмеженнях. У статті не деталізується сам процес проектування конструкції об'єкта, а тільки робиться спроба вичленувати окремі кроки цього процесу, пов'язані безпосередньо з визначенням властивості РП об'єкта, і пропонується методика оптимізації цих кроків.

Завдання оптимізації РП сформулюємо в такий спосіб: потрібно знайти оптимальну конструкцію K^*, при якій буде забезпечуватися найкраще значення показника РП при припустимих додаткових витратах на реалізацію такої конструкції. Формально цю постановку завдання можна представити в такий спосіб:

$$T_в(K^*) \to \min_{\{K\}},$$

$$C(K^*) \le C^*, \qquad (5)$$

де $T_в(K)$ – середній час відновлення, що забезпечується при виборі конструкції K; $\{K\}$ – простір можливих варіантів конструкції об'єкта; $C(K)$ – вартість об'єкта при конструкції K; C^* – задане обмеження на вартість об'єкта.

Неважко бачити, що умовою (5) представлена задача, що важко формалізується, тому що поки залишаються не ясними можливості конструктивного опису простору можливих конструкцій $\{K\}$ і невизначеним залишається показник вартості об'єкта $C(K)$. Тому постановку задачі (5) варто розглядати лише як компактний опис задачі, що ми хотіли б вирішити.

Постановку задачі (5) звузимо в такий спосіб. Будемо думати, що на деякому етапі проектування об'єкта отримана конструкція з параметрами K_0, наприклад, конструкція дослідного зразка. Потрібно знайти варіант покращеної конструкції K_0^*, при якому (за інших рівних умов) забезпечується максимальне поліпшення властивості РП і при цьому додаткові витрати на зміну конструкції $K_0 \to K_0^*$ не перевищують заданої величини ΔC^*. Формально ця постановка задачі представляється умовами:

$$\Delta T_в(K_0^*) \to \max_{\{K_0\}};$$

$$\Delta C(K_0^*) \le \Delta C^*, \qquad (6)$$

де $\{K_0\}$ – простір можливих конструкцій, у якому проводиться пошук покращеного варіанта конструкції K_0^*; $\Delta T_в(K_0^*) = T_в(K_0) - T_в(K_0^*)$ – величина, на яку зменшується середній час відновлення об'єкта при зміні конструкції $K_0 \to K_0^*$; $\Delta C(K_0^*) = \left| C(K_0) - C(K_0^*) \right|$ – додаткові витрати вартості, необхідні на здійснення зміни конструкції $K_0 \to K_0^*$; ΔC^* – додаткова вартість, що розроблювач згоден заплатити за поліпшення показника РП на величину $\Delta T_в(K_0^*)$.

Перехід $K_0 \to K_0^*$ – це робота конструктора, зміст якої ми не торкаємось (це може бути повне перекомпонування, зміна місць розташування окремих елементів, застосування нових комплектуючих елементів і т.п.). Із усього різноманіття можливих змін конструкції, що приховуються за переходом $K_0 \to K_0^*$, пропонується виділити ту частину, що обмежується наступним змістом:

а) визначити підмножину найменш надійних елементів $E_{кр} \subset E_0$ (назвемо його *критичною підмножиною* елементів);

б) змінити (змоделювати зміни) конструкції K_0 таким чином, щоб, по можливості, максимально скоротити витрати часу на заміну критичних елементів $e_i \in E_{кр}$ у випадку їхньої відмови.

Очевидно, запропонований прийом є по суті своїй евристичним і застосування його розраховане тільки на наближене рішення задачі (6). Очевидно також, що його застосування вимагає відповідних програмних засобів і моделей, за допомогою яких можна було б оцінювати очікуване поліпшення показника РП $\Delta T_в(K_0^*)$ у випадку реалізації зміни конструкції $K_0 \to K_0^*$. Нижче пропонується методика аналізу й оптимізації конструкції об'єкта, застосування якої дозволяє знаходити наближене рішення задачі (6).

Методика аналізу й оптимізації РП. Представимо методику у вигляді алгоритму, структурна схема якого зображена на рис. 2. Алгоритм реалізований програмно й виконуються на ПК. Припускається, що вся необхідна вихідна інформація про об'єкт є й введена в базу даних (БД) програмної системи. Робота алгоритму коротко полягає в наступному. Оператор 1 визначає множину відновлюваних елементів $E_в$ і розраховує середній час відновлення при вихідній конструкції об'єкта $T_в(K_0)$. Оператор 2 формує й відображає на екрані монітора ПК гістограму значень часу заміни елементів $\tau(W(e_i))$ на впорядкованій підмножині простих елементів E_0. Елементи $e_i \in E_0$ впорядковуються по зростанню середнього наробітку до відмови.

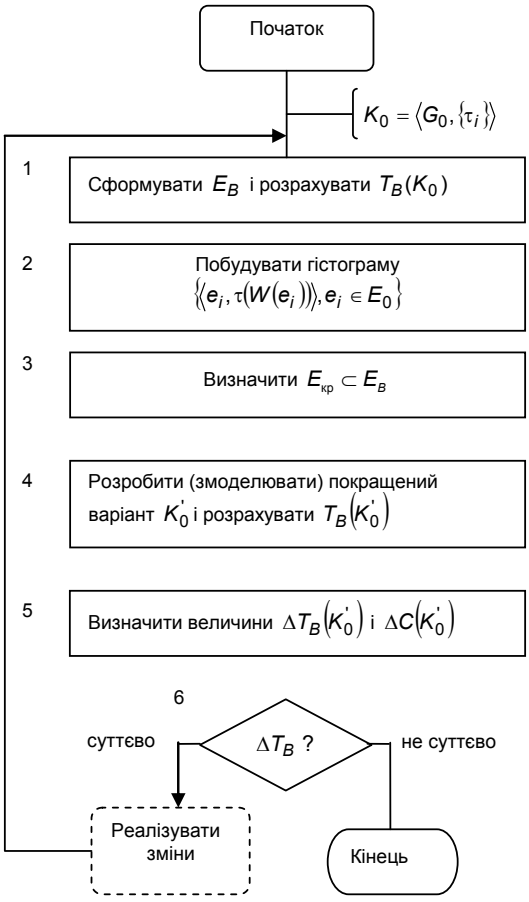


Рис. 2. Алгоритм оптимізації конструкції за критерієм

Оптимальна з погляду забезпечення властивості РП гістограма повинна мати вигляд, при якому середній час заміни елемента $\tau(W(e_i))$ зростає з збільшенням рівня безвідмовності елементів e_i. Якщо на гістограмі є різкі стрибки, то це свідчить про неоптимальність конструкції (розподіл значень $\tau(W(e_i))$ не узгоджується з розподілом показників безвідмовності елементів e_i). Розроблювач (експерт) за виглядом гістограми визначає критичні елементи $E_{кр}$, конструкція яких (розташування, типи роз'ємів , і т.п.) є "вузьким місцем" для властивості РП об'єкта (оператор 3).

Від розроблювача потрібно створити (поки "на папері") нову конструкцію K_0', при якій скорочується час заміни критичних елементів $e_i \in E_{кр}$. Якщо така конструкція буде знайдена, то потрібно ввести в БД нові дані, що відповідають новій конструкції K_0', і заново зробити розрахунки по визначенню показника $T_в(K_0')$ (оператор 4). За результатами розрахунків визначається величина $\Delta T_в(K_0^*)$, на яку скорочується середній час відновлення об'єкта при переході до конструкції K_0'. Одночасно розроблювач оцінює необхідні витрати на такі зміни конструкції $\Delta C(K_0')$ (оператор 5).

Якщо розроблювач порахує, що очікуване скорочення середнього часу відновлення об'єкта $\Delta T_в(K_0^*)$ є істотним, і необхідні при цьому додаткові витрати $\Delta C(K_0')$ прийнятні ($\Delta C(K_0') \le \Delta C^*$), тоді може бути прийняте позитивне рішення про прийняття нової конструкції K_0' (оператор 6).

Розроблювач має можливість зробити аналогічні розрахунки для різних варіантів зміни конструкції K_0' й вибрати найбільш прийнятний варіант.

Таким чином, видно, що запропонована методика є "людино-машинною": аналіз конструктивної структури з погляду РП автоматизований, але вибір найкращих конструктивних рішень покладає на людину-експерта. Застосування методики допомагає розроблювачеві цілеспрямовано поліпшувати властивість РП об'єкта.

Програмне забезпечення (ПЗ), що підтримує розглянуту методику, розроблене на основі імітаційної статистичної моделі ISMPN, короткі відомості про яку опубліковані в [3].

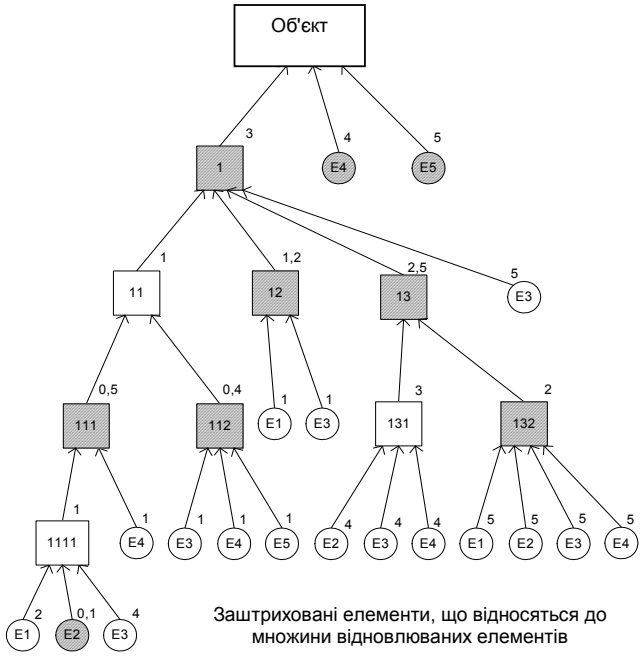


Рис. 3. Дерево конструктивної структури тестового об'єкту

Приклад застосування методики. Як приклад візьмемо простий об'єкт, конструктивна структура якого зображена на рис. 3. Об'єкт складається з 28 конструктивних елементів, з яких 19 є простими (нерозбірними). Прості елементи можуть бути 5 типів. Середній наробіток до відмови різних типів простих елементів заданий наступними значеннями (ч): $\{T_{cpEi}; i=\overline{1,5}\}$ = {10000, 13200, 30000, 33333, 50000}. Закон розподілу наробітку до відмови елементів експонентний. Всі складені елементи мають послідовну надійністну структуру. На рис. 3 поруч зі значками елементів зазначений час їхньої заміни $\tau_{зам}(e_i)$. Сукупність значень $\{\tau_{зам}(e_i); e_i \in E\}$ відповідає вихідній конструкції об'єкта K_0. Підмножина відновлюваних елементів $E_в$ для вихідної конструкції позначена на рис. 3 штрихуванням. СТД об'єкта дозволяє виявляти відмови з точністю до відновлюваних елементів.

У результаті розрахунків для заданих вихідних даних за допомогою програми ISMPN були отримані наступні значення показників надійності: середній наробіток на відмову T_0 =974 год; середній час відновлення $T_в(K_0)$ =1,54 год.

На рис. 4 показаний вигляд екрана ПК після виконання розрахунків відповідно до операторів 1 і 2 алгоритми методики (рис. 2). За отриманою гістограмою визначаємо, що критичними є елементи 132 і 12 ($E_{кр}$ = {132,12}). Отже, оптимальними кроками на шляху поліпшення властивості РП об'єкта повинне бути така зміна конструкції, при якій скорочувався б час заміни для цих елементів.

Розроблювачеві досить важко визначити заздалегідь, яке скорочення часу заміни він зможе забезпечити при тій або іншій конструкції об'єкта, але орієнтовно він все-таки може припустити, яке значення часу заміни може бути досягнуто.

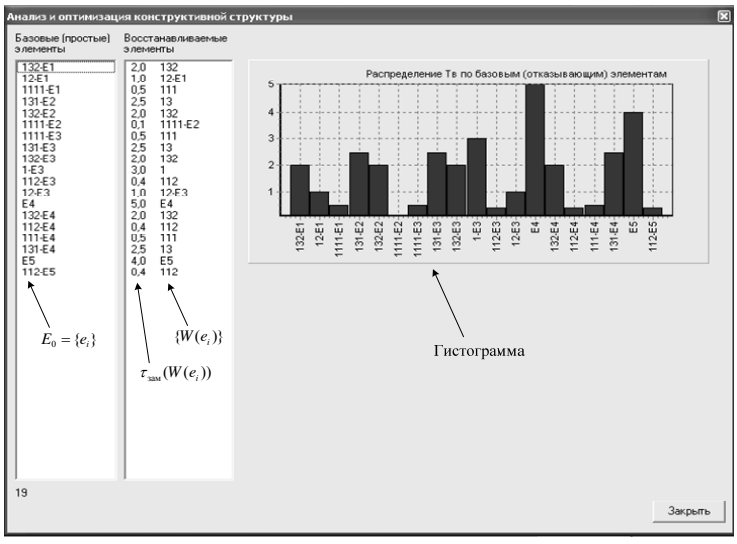


Рис. 4. Вигляд екрана ПК після виконання розрахунків для вихідної конструкції

Нехай, наприклад, у нашому випадку розроблювач прогнозує скоротити час заміни критичних елементів до 0,5 год. Ввівши в БД значення $\tau_{зам} = 0,5\,год$ окремо й одночасно для обох критичних елементів і виконавши розрахунки, одержимо результати, представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Критичні елементи	Різні варіанти конструкції							
	K_0		$K_0^{(1)}$		$K_0^{(2)}$		$K_0^{(3)}$	
	$\tau_{зам}$,ч	$T_в$,ч	$\tau_{зам}$,ч	$T_в$,ч	$\tau_{зам}$,ч	$T_в$,ч	$\tau_{зам}$,ч	$T_в$,ч
132 12	2 1,2	**1,54**	0,5 1,2	**1,17**	2 0,5	**1,47**	0,5 0,5	**1,09**

За отриманими результатами видно, як буде зменшуватися середній час відновлення об'єкта при скороченні часу заміни окремих критичних елементів. На рис. 5 для прикладу показаний вид гістограми для варіанта конструкції $K_0^{(3)}$, при якій час заміни елементів 132 і 12 дорівнює 0,5 год. За гістограмою видно, що для подальшого зменшення середнього часу відновлення об'єкта потрібно шукати можливості для скорочення часу заміни елемента 13 (елемент 13 є відновлюваним елементом для елемента 131-Е2).



Рис. 5. Гістограма розподілу часу заміни по базових елементах у випадку, якщо час заміни елемента 132 і 12 дорівнює 0,5 год.

Якщо тепер скорегувати критичну множину $E_{кр}$, додавши в нього елемент 13, і задати час заміни елемента 0,5 год (так само, як і для елементів 132 і 12), то в результаті повторних розрахунків одержимо $T_в(K_0^{(4)})$=0,78 год.

Розглянутий приклад, на наш погляд, дає досить повне представлення про процес аналізу конструкції об'єкта й пояснює суть запропонованої методики й технологію її застосування.

Як висновок, можна сказати наступне. Запропонована методика й розроблене для неї ПЗ дозволяють проводити аналіз конструктивної структури складного технічного об'єкта й за результатами аналізу визначати раціональні (близькі до оптимального) кроки по зміні конструкції з метою поліпшення властивості РП об'єкта.

1. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. 2. Козлов Б. А., Ушаков И. А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. М.: Советское радио, 1975. – 472 с. 3. Ленков С.В., Боряк К.Ф., Цыцарев В.Н., Банзак Г.В., Крыхта В.В. Оценка показателей безотказности сложного восстанавливаемого объекта РЭТ при произвольных законах распределения наработки до отказа элементов // Журнал "Сучасна спеціальна техніка". – К., 2010. – № 3(22). – С.86 – 98.

Надійшла до редколегії 03.09.12

УДК 519.68

С. А. Шворов, д-р техн. наук., ст. наук. співроб., В.О. Осипа, канд. техн. наук, доц., М.М. Михайлов, здобувач, Д.В. Чирченко, здобувач

МЕТОДИЧНИЙ АПАРАТ ПАРАМЕТРИЧНОГО СИНТЕЗУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Запропоновано підхід та методичний апарат параметричного синтезу, за допомогою яких визначаються раціональний варіант побудови та параметри інтелектуальної роботизованої системи спеціального призначення.

Ключові слова: роботизовані системи, озброєння, методичний апарат.

Предложен подход и методический аппарат параметрического синтеза, с помощью которых определяются рациональный вариант построения и параметры интеллектуальной роботизированной системы специального назначения.

Ключевые слова: роботизированные системы, вооружение, методический аппарат.

The general approach and methodological apparatus of parametric synthesis, which are determined by using a rational way of developing the intellectual and the parameters of a robotic system for special purposes.

Keywords: robotic system, armament, methodical vehicle.

Вступ. У 2005 році в збройних силах США число армійських роботів різного призначення досягло 2,4 тис. На даний час американські війська мають 12 тисяч наземних роботів, ще 7 тисяч у вигляді безпілотних літальних апаратів (БПЛА) є у ВПС. До 2015 року третина від усіх армійських автомобілів складуть маши-

© Шворов С. А., Осипа В.О., Михайлов М.М., Чирченко Д.В., 2012