

УДК 004.82, 621.396

А.С. Коваленко

Кіровоградський національний технічний університет, Кіровоград

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ РОБІТ З ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ В УМОВАХ РЕСУРСНИХ ОБМЕЖЕНЬ

Розглядається метод визначення оптимального комплексу робіт з відновлення працездатності інтегрованої системи технічної діагностики в умовах ресурсних обмежень, який дозволяє по чергово відновлювати об'єкти інтегрованої інформаційної системи та зменшувати витрати на її технічне обслуговування. Представлені переваги та недоліки даного методу.

Ключові слова: інтегрована інформаційна система, відновлення працездатності, технічне обслуговування.

Постановка проблеми

Інтегрована інформаційна система – це сукупність систем та засобів зв'язку, навігації і спостереження, які забезпечують одержання користувачами достовірної просторово-часової інформації про місцезнаходження об'єктів та їх характеристики, яка формується шляхом інформаційного об'єднання інтегрованих підсистем зв'язку, навігації і спостереження, інформаційних центрів.

При виході з ладу окремих елементів інтегрованої інформаційної системи (ІС) виникає завдання з відновлення її працездатності.

При достатній кількості ресурсів роботи з відновлення ведуться на всіх відповідних об'єктах ІС одночасно, їх порядок та перелік регламентується відповідною нормативною документацією. При обмеженнях наявних ресурсів з відновлення потрібних елементів системи може постати питання про черговість відновлення об'єктів ІС, що дозволить скоротити витрати на технічне обслуговування інтегрованої інформаційної структури

Метою даної роботи є розробка методу визначення оптимального комплексу робіт з відновлення працездатності інтегрованої системи технічної діагностики в умовах ресурсних обмежень, який дозволяє отримати результати, що задовольняють вимоги споживачів інформації згідно наданих пріоритетів.

Визначення оптимального комплексу робіт з відновлення працездатності інтегрованої системи технічної діагностики

Найбільш розповсюдженими ресурсними обмеженнями є [1 – 4]: фінансові, людські, змішані. Розглянемо, як приклад, завдання відновлення працездатності системи, рішенням якої є закупівля певної кількості потрібних комплектуючих виробів та проведення відповідних операцій ТО. Нехай наяв-

них коштів недостатньо для закупівлі потрібної кількості та номенклатури комплектуючих виробів (фінансові обмеження). Задача в даній постановці на цей час є достатньо актуальною. Як показав аналіз досвіду експлуатації сучасних інформаційних систем, однією з головних проблем є недостатнє забезпечення запасного майна та приладдя (ЗМП).

При закупівлі ЗМП в умовах фінансових обмежень виникають протиріччя між завданнями, які необхідно вирішити, та обсягом наявних коштів. У зв'язку з цим постає питання вибору стратегії закупівель та критерію оптимальності, згідно з яким будуть визначені номенклатура та кількість комплектуючих виробів. Як правило, при вирішенні цього питання користуються евристичними методами [4].

При закупівлі комплектуючих виробів для задоволення потреб користувачів інформаційної системи слід враховувати, що:

– вартість виробів може залежати від обсягу партії, яка закупується;

– переважна більшість виробів може застосовуватися в обмеженій кількості об'єктів системи, що належать різним міністерствам, відомствам або окремим організаціям, при цьому співвідношення кількості виробів досить неоднорідне;

– частина виробів у деяких випадках застосовується лише в окремих елементах інформаційної системи, кількість яких у кожній з інтегрованих підсистем може суттєво відрізнятися;

– закупівля за оптовими цінами часто може бути здійснена лише у рамках закупівель виробів для всієї системи в цілому.

У будь-якому випадку при організації закупівлі комплектуючих виробів в умовах фінансових обмежень можливі розбіжності щодо вибору критерію оптимальності. Застосування змішаної стратегії організації закупівлі, що за компромісним принципом враховує кілька критеріїв оптимальності, ускладнено відсутністю відповідної методики [4].

При виборі стратегії організації закупівель комплектуючих виробів, повинні бути враховані такі апіорні дані:

– номенклатура та кількість об'єктів ПС, що потребують відновлення, їх технічні характеристики та задачі, що вирішуються;

– загальна кількість та функціональне призначення комплектуючих виробів, що плануються закупити, їх кількість у конкретних елементах системи;

– залежність вартості виробів від обсягу партії та строків їх постачання.

Припустимо, є система з N груп радіолокаційних систем (РЛС) (A, B, C, D) та навігаційних засобів (E, F, G) у кількості n_Q ($Q=A, B, \dots, G$) кожна, відносно яких постало питання закупівлі комплектуючих виробів. Кожна з груп РЛС (навігаційних засобів) Q складається з $q(j, l)$ окремих складових елементів – станцій виявлення та супроводження цілей, низьковисотних виявлювачів, наземних радіозапитувачів, тощо ($j=1, \dots, n_Q; l$ – номер окремого складового елемента), в кожному з яких є $\theta_{q(j, l)}$ типів комплектуючих виробів, що потребують заміни, у кількості η ($\theta_{q(j, l)}$) кожний.

При відомих апіорних даних вибір одного з наведених критеріїв оптимальності можна представити у вигляді визначення рангів пріоритетів між групами РЛС (навігаційними засобами) та (або) їх складовими елементами, і, як наслідок, між комплектуючими виробами.

Для заданого критерію оптимальності введемо поняття “коефіцієнт забезпеченості” K_o , який дорівнює відношенню наявних ресурсів (характеристик)

до потрібних $K_o = \frac{P_c}{P_T}$, та який має верхню

$$K_{o \max} = \frac{P_c}{P_{T \min}} \text{ і нижню } K_{o \min} = \frac{P_c}{P_{T \max}} \text{ межі.}$$

Наприклад, коефіцієнт забезпечення коштами, який дорівнює відношенню виділених коштів до потрібних, характеризує рівень фінансування закупівель, а його верхня та нижня межі – рівень фінансування при здійсненні закупівель за оптовими та роздрібними цінами.

Максимальні та мінімальні значення потрібних ресурсів (характеристик) визначаються на підставі існуючої нормативно-правової бази [4]. Наприклад, мінімальне та максимальне значення можливостей з виявлення можуть визначатися тим, чи дозволяється непрацездатність окремих радіолокаційних засобів.

Для змішаної стратегії організації закупівлі введемо поняття “узагальнений коефіцієнт забезпеченості”, під яким будемо мати на увазі коефіцієнт, що враховує кілька окремих коефіцієнтів. Визначення рангових пріоритетів між критеріями дозволяє враховувати внесок кожного окремого коефіціє-

нту $K_{0\omega} = f(\eta(\theta_{q(j,l)}))$ ($\omega = 1, 2, \dots, \Omega$, Ω – кількість критеріїв, що враховується) до узагальненого коефіцієнту забезпеченості шляхом введення вагових коефіцієнтів v_ω , які виставляються експертним методом з урахуванням вимог усіх споживачів інформації ПС. Будемо розрізняти узагальнений адитивний коефіцієнт забезпеченості $K_{c\Omega}^+$ та узагальнений мультиплікативний коефіцієнт забезпеченості $K_{c\Omega}^*$:

$$K_{c\Omega}^+ = \frac{\sum_{\omega} (K_{0\omega} \cdot v_{\omega})}{\sum_{\omega} v_{\omega}}, K_{c\Omega}^* = \prod_{\omega} K_{0\omega} \cdot v_{\omega} \cdot (1)$$

Організація закупівлі комплектуючих виробів за кількома критеріями оптимальності зводиться до вирішення задачі пошуку V – максимуму узагальнених коефіцієнтів забезпеченості: $V_1 = \max(K_{c\Omega}^+)$ при загальній змішаній стратегії та $V_2 = \max(K_{c\Omega}^+, K_{c\Omega}^*)$ при накладенні додаткового обмеження, пов'язаного з необхідністю вирівнювання коефіцієнтів забезпеченості $K_{0\omega}$, які мають рівну вагу v_ω .

Введемо деякі поняття.

Умовною типовою розрахунковою одиницею назвемо РЛС (навігаційний засіб) заданої номенклатури, яка максимально укомплектована лише комплектуючими виробами, що потрібно закупити. Загальна кількість умовних типових розрахункових одиниць визначається кількістю вказаних комплектуючих виробів.

Коефіцієнт внеску об'єкту ПС у коефіцієнт забезпеченості $v_{Q\omega}^0 = P_{Q\omega}^0 \cdot (P_{T\omega})^{-1}$ показує внесок характеристик ω справного працездатного об'єкту ПС групи Q у потрібні характеристики ω .

Дольова участь потрібного комплектуючого виробу в характеристику ω окремої умовної типової розрахункової одиниці групи Q ” $v_{Q\omega}^n = \left(\sum \eta'(\theta_{Q\omega})\right)^{-1}$ зворотно пропорційна загальній кількості потрібних комплектуючих виробів усієї номенклатури, що потрібна для забезпечення характеристики ω даної умовної типової розрахункової одиниці групи Q .

У цьому випадку узагальнений адитивний коефіцієнт забезпеченості визначається як:

$$K_{c\Omega}^+ = \frac{\sum_{\omega} K_{0\omega} \cdot v_{\omega}}{\sum_{\omega} v_{\omega}} \approx \frac{\sum_{\omega} \left(1 - \sum_Q v_{Q\omega}^0 \cdot n_Q'\right) v_{\omega}}{\sum_{\omega} v_{\omega}} \quad (2)$$

$$= \frac{\sum_{\omega} \left(1 - \sum_Q v_{Q\omega}^0 \cdot \sum_{n_Q}^n v_{Q\omega}^n \cdot \sum_q \eta'_{\omega}(\theta_{q(j,l)})\right) v_{\omega}}{\sum_{\omega} v_{\omega}},$$

де $\eta'_{\omega}(\theta_{q(jl)})$ – кількість комплектуючих виробів відповідної номенклатури, що потребують закупівлі, в окремому складовому елементі умовної типової розрахункової одиниці Q, що забезпечують характеристику ω .

Представимо вираз (2) у такому вигляді:

$$K_{c\Omega}^+ \approx \frac{\sum_{\omega} \left(1 - \sum_Q v_{Q\omega}^0 \cdot \sum_{n_Q} v_{Q\omega}^n \cdot \sum_q \eta'_{\omega}(\theta_{q(jl)}) \right) \cdot v_{\omega}}{\sum_{\omega} v_{\omega}} = (3)$$

$$= 1 - \sum_z \eta'_z \cdot \mathfrak{R}_z / \sum_{\omega} v_{\omega},$$

де η'_z – кількість потрібних комплектуючих виробів відповідної номенклатури z в усіх умовних типових розрахункових одиницях;

\mathfrak{R}_z – узагальнена вага номенклатури z, яка дорівнюється сумі відповідних коефіцієнтів при відповідній номенклатурі;

$\eta'_{z\omega}(\theta_{q(jl)})$ – кількість комплектуючих виробів номенклатури z в окремому складовому елементі умовної типової розрахункової одиниці Q, що потрібно закупити для забезпечення характеристики ω .

Наприклад, з \sum_Q РЛС (навігаційних засобів), відносно яких постало питання закупівлі комплектуючих виробів, сформовано \sum_Q умовних типових розрахункових одиниць, в окремих складових елементах.

Необхідно організувати закупівлю комплектуючих виробів на певну суму S при відомих оптовій s_{oz} та роздрібній s_{pz} вартості ЗМП ($z=1,2, \dots, Z$), де Z – кількість номенклатури виробів) та таких визначених рангах критеріїв оптимальності:

а) комплектація всіма виробами максимальної кількості РЛС групи А (коефіцієнт забезпеченості ЗМП РЛС групи А K_{01} , вага $v_1=2$) та досягнення максимальних інформаційних можливостей, допускається непрацездатність наземних радіозапитувачів РЛС групи В (коефіцієнт забезпеченості інформації про державну приналежність K_{02} , вага $v_2=2$);

б) досягнення максимальних інформаційних можливостей на низьких висотах РЛС групи В (коефіцієнт забезпеченості інформаційних можливостей на низьких висотах РЛС групи В K_{03} , вага $v_3=1$).

При цьому відомо, що для забезпечення максимальних інформаційних можливостей потрібно забезпечення комплектуючими виробами таких

окремих складових елементів: $a_{j1}, a_{j2}, c_{j1}, \dots, g_{j1}, g_{j2}$. А для забезпечення максимальних інформаційних можливостей на низьких висотах РЛС групи В потрібно забезпечення комплектуючими виробами окремих складових елементів $b_{13} \dots b_{n_B 3}$. Працездатність наземних радіозапитувачів РЛС групи В забезпечують комплектуючі вироби, що розташовані в окремих складових елементах $b_{12} \dots b_{j2}$.

У цьому випадку організація закупівлі комплектуючих виробів за заданими критеріями оптимальності має на увазі максимізацію:

$$K_{c\Omega=3}^+ = \sum_{\omega} K_{0\omega} \cdot v_{\omega} / \sum_{\omega} v_{\omega} =$$

$$= \frac{K_{01} \cdot v_1 + K_{02} \cdot v_2 + K_{03} \cdot v_3}{v_1 + v_2 + v_3} = (5)$$

$$= \frac{2 \cdot (K_{01} + K_{02}) + K_{03}}{5}.$$

Задамо обмеження до кількості виробів кожної номенклатури у вигляді системи рівнянь та нерівностей. При цьому по чергово застосуємо визначені ранги пріоритетів для критеріїв оптимальності (що використовуються в змішаній стратегії) та врахуємо співвідношення між кількістю приладів різної номенклатури (що забезпечують виконання кожної з задач). Система рівнянь та нерівностей, яка визначає кількість приладів кожної номенклатури, буде мати такий вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} \eta^*(\alpha_{j1}) > \eta^*(\theta_{q(jl)}), \quad q(jl) \notin (c_{j1}, \dots, g_{j1}, j_2); \\ \eta^*(\theta_{q(jl)}) > \eta^*(\theta_{q(xy)}), \\ \quad q(jl) \in (c_{j1}, \dots, g_{j1}, j_2), \\ \quad q(xy) \notin (a_{j1}, c_{j1}, \dots, g_{j1}, j_2); \\ \eta^*(\alpha_{11}) = \eta^*(\alpha_{12}) / 2 = \eta^*(\alpha_{13}) = \eta^*(\alpha_{21}) = \\ \quad = \eta^*(\alpha_{22}) / 3 = \eta^*(\alpha_{31}) \leq \eta_{\alpha}^{TP}; \\ \eta^*(\beta_{11}) = \eta^*(\beta_{12}) = \eta^*(\beta_{13}) \leq \eta_{\beta}^{TP}; \\ \dots \\ \eta^*(\beta_{31}) / 2 = \eta^*(\beta_{32}) \leq n_B^*; \\ \dots \\ \eta^*(\theta_{q(jl)}) \geq 0; \\ S - \sum_z s_{pz} \cdot \eta^*(\theta_{q(jl)}) \leq \Delta_s, \end{array} \right. (6)$$

де $\eta^*(\theta_{q(jl)})$ – кількість виробів відповідної номенклатури, що буде закуплене;

η_{θ}^{TP} – потрібна кількість виробів відповідної номенклатури;

Δ_s – припустимий залишок коштів.

Априорно не відомо, чи перевищить обсяг партії приладів відповідної номенклатури, що будуть закуплені, обсягу з якого розпочинається оптова ціна $\eta^*(\theta_{q(jl)}) \geq \eta_{\text{опт}}(\theta_{q(jl)})$. Тому для попередніх розрахунків використовується їх роздрібна ціна через те, що переважно використовується ступінчата залежність вартості партії від її обсягу.

Тоді організація закупівлі комплектуючих виробів зводиться до задачі лінійного програмування – максимізації цільової функції,

$$\sum_z \eta_z^* \cdot \mathcal{R}_z \Rightarrow \max \quad (7)$$

з умовами та обмеженнями, що наведено в (6), яка може бути вирішена за допомогою симплекс-методу [5-7].

Оптимальна стратегія організації закупівель визначається останніми колонками індексного рядка фінальної симплекс-таблиці. Для застосування симплекс-методу обмеження повинні бути приведені до рівності. Для цього вводяться додаткові невід'ємні змінні (своя – у кожному ліву частину обмеження). Більш детально порядок формування вихідних даних для вихідної симплекс-таблиці розглянуто в [5-7]. Варіант програми для вирішення задач лінійного програмування симплекс-методом наведено в [7].

Після отримання попередніх результатів розрахунків перевіряється виконання умов порівнювання чи перевищення обсягу партії приладів відповідної номенклатури, що будуть закуплені, обсягу з якого розпочинається оптова ціна

$$\eta^*(\theta_{q(jl)}) \geq \eta_{\text{опт}}(\theta_{q(jl)}).$$

У разі потреби, вносяться відповідні заміни роздрібних цін на оптові в останньому рядку (3.54). Після чого здійснюється перерахунок.

Залишок коштів Δ_s доцільно вибирати з мінімуму різниць обсягу коштів, які будуть витрачені при оптових та роздрібних закупівлях потрібної кількості пристроїв різної номенклатури

$$[s_{pz} - s_{oz}] \cdot \eta^{\text{TP}}(\theta_{q(jl)}) \rightarrow \min$$

при умові $\eta^{\text{TP}}(\theta_{q(jl)}) \geq \eta_{\text{опт}}(\theta_{q(jl)})$.

Коли $\eta^*(\theta_{q(jl)}) = \eta_0^{\text{TP}} \geq \eta_{\text{опт}}(\theta_{q(jl)})$, дана номенклатура комплектуючих виробів виключається з подальших розрахунків. Загальна вартість партії виробів цієї номенклатури вираховується з суми коштів, що виділені на закупівлю

$$S^* = S - s_{oz} \cdot \eta^*(\theta_{q(jl)}).$$

У випадку $\eta^*(\theta_{q(jl)}) = \eta_0^{\text{TP}} < \eta_{\text{опт}}$ розглядається доцільність надлишкової закупівлі відповідних приладів, виходячи із залишку коштів $\Delta_s + \Delta_s^{\text{Д}}$. Додаткові кошти, що залишаються після округлення

в меншу сторону отриманих дрібних кількостей приладів

$$\Delta_s^{\text{Д}} = \sum_z \left(s_{pz} \cdot \eta^*(\theta_{q(jl)}) - \text{ent} \left(s_{pz} \cdot \eta^*(\theta_{q(jl)}) \right) \right).$$

При $\eta^*(\theta_{q(jl)}) < \eta_0^{\text{TP}}$ доцільність округлення в ту чи іншу сторону отриманих дрібних кількостей приладів після закінчення розрахунків визначається, виходячи з принципу максимізації узагальнених коефіцієнтів забезпеченості, потрібних співвідношень між кількістю приладів різної номенклатури та залишку коштів $\Delta_s + \Delta_s^{\text{Д}}$.

Подібний підхід може бути використаний при відсутності потрібної кількості персоналу, що обслуговує (людські обмеження). У цьому випадку у системі (6) під виробами розуміються відповідні відновлювальні операції технічного обслуговування, замість вартостей виробів s_{pz} використовуються нормативні витрати часу на проведення відповідних відновлювальних операцій технічного обслуговування, а замість суми коштів S – наявні працевтрати персоналу, що буде здійснювати відновлювальні операції технічного обслуговування.

При відсутності потрібної кількості як персоналу, що обслуговує, так і наявних коштів для закупівлі комплектуючих виробів (змішані обмеження), необхідно враховувати всі потрібні відновлювальні операції технічного обслуговування незалежно від потреб закупівлі необхідних виробів.

Виятком можуть бути випадки, коли сумарний час їх доставки та виконання відновлювальних операцій технічного обслуговування перевищує наявні працевтрати персоналу. У цьому випадку з подальшого розгляду виключаються не тільки цей виріб, але і інші потрібні вироби, що разом з ним забезпечують характеристики ω . Відповідні відновлювальні операції технічного обслуговування також не розглядаються. Накладаються обмеження як на загальну вартість виробів, так і на сумарний час виконання відновлювальних операцій технічного обслуговування.

Логічна структура методу визначення оптимального комплексу робіт з відновлення працездатності інтегральної системи технічної діагностики в умовах ресурсних обмежень наведена на рис. 1.

Висновки

Запропоновано метод визначення оптимального комплексу робіт з відновлення працездатності інтегрованої системи технічної діагностики в умовах ресурсних обмежень.

Метод враховує інформацію, що міститься в загальній базі ЕС ТД, та дозволяє отримати результати, що задовольняють вимоги споживачів інформації згідно наданих пріоритетів.

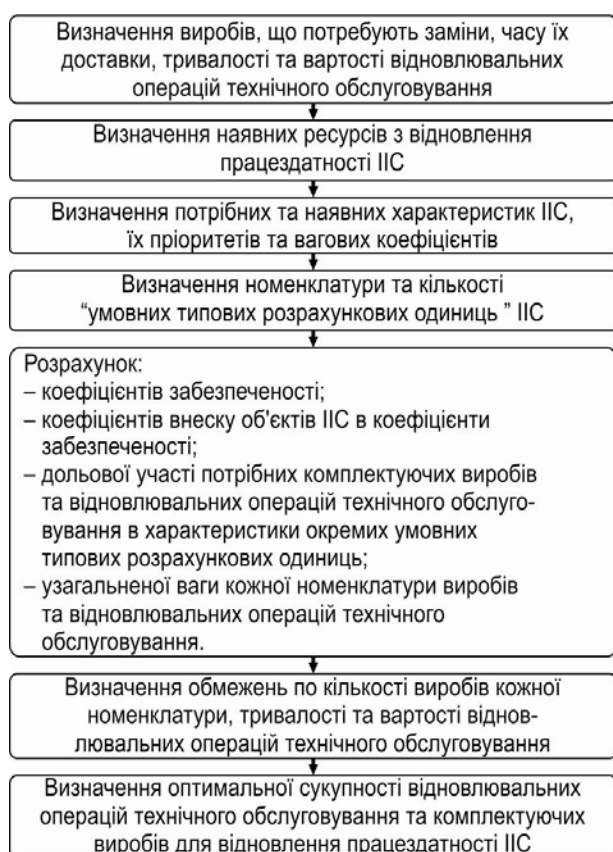


Рис. 1. Логічна структура методу

Застосування запропонованого методу дозволяє скоротити на 10...12% витрати на технічне обслуговування інтегрованої інформаційної структури.

Перевагами запропонованого методу визначення оптимального комплексу робіт з відновлення працездатності ІС в умовах ресурсних обмежень є:

– урахування в вихідних даних повної інформації, що міститься в загальній базі експертної системи технічної діагностики (ЕС ТД) (про технічний стан та характеристики об'єктів, освітньо-кваліфікаційний рівень персоналу, характер та місце відмови та інші), що дозволяє отримати результати,

що враховують вимоги споживачів інформації згідно наданим пріоритетам;

– можливість його реалізації в ЕС ТД для автоматизації процесу прийняття рішення з комплексу робіт з відновлення працездатності ІС.

Недоліком методу є істотна залежність його результатів від суб'єктивності експертів при виставленні вагових коефіцієнтів v_{ω} потрібним характеристикам ω ІС, у зв'язку з чим подальші дослідження повинні буди спрямовані на розробку експертного методу прийняття рішення про виставлення вагових коефіцієнтів при визначенні оптимального комплексу робіт з відновлення працездатності ІС в умовах ресурсних обмежень.

Список літератури

1. Радаев Н.Н. Задание требований к надежности изделий с учетом экономических факторов / Н.Н. Радаев. – Измерительная техника. – 2004. – № 9. – с. 26-28.
2. Надежность и эффективность в технике: Справочник: В 10 т. / Ред. совет: В.С. Авдеевский (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1988. Т3: Эффективность технических систем / Под общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – 328 с.
3. Розенбаум А.Н. Пассивное управление эксплуатации средств измерений / А.Н. Розенбаум, О.В. Абрамов // Измерительная техника. – 2004. – № 3. – С. 15-19.
4. Консон А.С. Экономика приборостроения / А.С. Консон – М.: Высш. шк., 1980. – 572 с.
5. Лутманов С.В. Линейные задачи оптимизации: Учеб. пособие. – Перм. ун.-т. – Пермь, 2004. – Ч. 1. Линейное программирование. – 128 с.
6. Nahmias S. Production and operations analysis. 3rd edition. – The McGraw-Hill Companies, Inc., 1997. – 858 p
7. Демидович Б.П. Краткий курс высшей математики: Учеб. пособие для вузов / Б.П. Демидович, В.А. Кудрявцев. – М.: Астрель, 2001. – 655 с.

Надійшла до редколегії 20.01.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.А. Смірнов, Кіровоградський національний технічний університет, Кіровоград.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА РАБОТ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ В УСЛОВИЯХ РЕСУРСНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ

А.С. Коваленко

Рассматривается метод определения оптимального комплекса работ по восстановлению работоспособности интегрированной системы технической диагностики в условиях ресурсных ограничений, который позволяет поочередно восстанавливать объекты интегрированной информационной системы и уменьшать расходы на ее техническое обслуживание. Представленные преимущества и недостатки данного метода.

Ключевые слова: интегрированная информационная система, восстановления работоспособности, техническое обслуживание.

THE METHOD OF DETERMINING THE OPTIMAL SET OF WORKS TO RESTORE THE OPERABILITY OF THE INTEGRATED SYSTEM OF TECHNICAL DIAGNOSTICS IN CONDITIONS OF RESOURCE CONSTRAINTS

A.S. Kovalenko

The method of determining the optimal set of works to restore the operability of the integrated systems of technical diagnostics in terms of resource constraints, which in turn allows you to restore the facilities of an integrated information system and reduce the cost of its maintenance. Presented the advantages and disadvantages of this method.

Keywords: integrated information system, recovery efficiency, maintenance.