

МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ

**СУЧАСНА
СПЕЦІАЛЬНА ТЕХНІКА**

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

№ 3(50), 2017

ВИДАЄТЬСЯ ЩОКВАРТАЛЬНО

ЗАСНОВНИК

Державний науково-дослідний інститут МВС України; Національний авіаційний університет; Національна академія внутрішніх справ

НАКАЗОМ

МОН України від 16.05.2016 № 515 науково-практичний журнал “Сучасна спеціальна техніка” включено до переліку наукових фахових видань України з технічних наук

ЗАРЕЄСТРОВАНО

Міністерством юстиції України 13 лютого 2015 року
Свідоцтво – серія КВ № 21221-11021Р

НАУКОВА РАДА:

БОГДАНОВ О.М., д.т.н., проф. (Ін-т проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України); **ДОДОНОВ О.Г.**, д.т.н., проф. (Ін-т проблем реєстрації інформації НАН України); **ДУДИКЕВИЧ В.Б.**, д.т.н., проф. (НУ “Львівська політехніка”); **ЗАДІРАКА В.К.**, д.ф.-м.н., проф. (Ін-т кібернетики НАН України); **ПРОЦЕНКО Т.О.**, д.ю.н., проф. (ДНДІ)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор

РИБАЛЬСЬКИЙ О.В., д.т.н., проф. (ДНДІ)

Заступник головного редактора

ХОРОШКО В.О., д.т.н., проф. (ДНДІ)

Відповідальний секретар

МАРЧЕНКО О.С., к.т.н. (ДНДІ)

ЄРОХІН В.Ф., д.т.н., проф. (НТУ України “КПІ ім. Ігоря Сікорського”); **ЖЕЛЕЗНЯК В.К.**, д.т.н., проф. (Полоцький держ. ун-т, Білорусь); **КАРПІНСЬКИЙ М.П.**, д.т.н., проф. (Тернопільський НТУ ім. Івана Пулюя); **КРИВОЛАПЧУК В.О.**, д.ю.н., проф. (ДНДІ); **КОБОЗЕВА А.А.**, д.т.н., проф. (Одеський НПУ); **КОНАХОВИЧ Г.Ф.**, д.т.н., проф. (НАУ); **КОРЧЕНКО О.Г.**, д.т.н., проф. (НАУ); **ЛЕНКОВ С.В.**, д.т.н., проф. (КНУ ім. Т. Шевченка); **МАКСИМОВИЧ В.М.**, д.т.н., проф. (НУ “Львівська політехніка”); **МОСОВ С.П.**, д.в.н., проф. (Укрпатент); **МОХОР В.В.**, д.т.н., проф. (Ін-т проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України); **ОРЛОВ Ю.Ю.**, д.ю.н., с.н.с. (НАВС); **ЮДІН О.К.**, д.т.н., проф. (НАУ); **ЛОПАТІН С.І.**, к.ю.н., с.н.с. (ДНДІ); **ПИСАРЕНКО В.Г.**, к.т.н. (КНВО “Форт”); **САДЧЕНКО О.О.**, к.ю.н., доцент (НАВС); **СМЕРНИЦЬКИЙ Д.В.**, к.ю.н. (ДНДІ); **ЦИГАНОВ О.Г.**, к.т.н., доцент (ДНДІ).

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради ДНДІ МВС України
(протокол від 31.10.2017 № 5)

За точність викладеного матеріалу відповідальність несуть автори статей та їх рецензенти.

*При передруку матеріалів посилання на науково-практичний журнал
“Сучасна спеціальна техніка” є обов’язковим*

© Державний науково-дослідний інститут МВС України, 2017

Київ 2017

MINISTRY OF INTERNAL AFFAIRS OF UKRAINE
STATE RESEARCH INSTITUTE

**MODERN
SPECIAL TECHNIQUE**

SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL

№ 3(50) 2017

ISSUED FOUR TIMES A YEAR

FOUNDER

State Research Institute MIA Ukraine; National Aviation University; National Academy of Internal Affairs

BY ORDER

No 515, dated 16.05.2016 included into the Ministry of Education and Science of Ukraine's law sciences special edition list

REGISTERED

by Ministry of Justice of Ukraine 13.02.2015.

State registration certificate series KB No 21221-11021 P

SCIENTIFIC COUNCIL

Bogdanov O.M., Doctor of Technical Sciences, professor, Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering; **Dodonov O.G.**, Doctor of Technical Sciences, Institute for Information Recording; **Dudkevich V.B.**, Doctor of Technical Sciences, Lviv Polytechnic National University; **Zadiraka V.K.**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of National Academy of Sciences of Ukraine; **Protsenko T.O.**, Doctor of Juridical Sciences, professor, State Research Institute

EDITORIAL BOARD

Rybalsky O.V., Doctor of Technical Sciences, professor, State Research Institute (**Head**)

Horoshko V.O., Doctor of Technical Sciences, professor, State Research Institute (**Co-Head**)

Marchenko O.S., Candidate of Technical Sciences, State Research Institute (**Senior Secretary**)

Yerokhin V.F., Doctor of Technical Sciences (National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"); **Zhelezniak V.K.**, Doctor of Technical Sciences, professor (Polotsk State University, Belarus); **Karpinsky M.P.**, Doctor of Technical Sciences, professor (Ternopil Ivan Pulu National Technical University); **Kryvolapchuk V.O.**, Doctor in Law, professor (State Research Institute); **Kobozieva A.A.**, Doctor of Technical Sciences (Odesa NPU); **Konakhovich G.F.**, Doctor of Technical Sciences, professor (NAU); **Korchenko O.G.**, Doctor of Technical Sciences (NAU); **Lienkov S.V.**, Doctor of Technical Sciences, professor (Taras Shevchenko National University of Kyiv); **Maksymovich V.M.**, Doctor of Technical Sciences, professor (Lviv Polytechnic National University); **Mosov S.P.**, Doctor of Military Sciences, professor (Ukrpatent), **Mokhor V.V.**, Doctor of Technical Sciences, professor (Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering); **Orlov Y.Y.**, Doctor in Law, senior researcher (National Academy of Internal Affairs); **Yudin O.K.**, Doctor of Technical Sciences, professor (NAU); **Lopatin S.I.**, Ph.D in Law, senior researcher (State Research Institute); **Pisarenko V.G.**, Ph.D in Technical Science (State-Owned Science-Industrial Association "FORT" of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine); **Sadchenko O.O.**, Ph.D in Law, docent (National Academy of Internal Affairs); **Smernytsky D.V.**, Ph.D in Law (State Research Institute); **Tsyganov O.G.**, Candidate of Technical Science, docent (State Research Institute)

Recommended by State Research Institute's Scientific Council
(Record No 5 dated 31.10.2017)

For the accuracy of the posted material, it is necessary to bring an author reviewer

*When reprinting the materials, the reference to the scientific and practical journal
"Modern Special Technique" is obligatory*

© State Research Institute MIA Ukraine, 2017

Kyiv 2017

ЗМІСТ

СИСТЕМИ ТА МЕТОДИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

Рыбальский О.В., Соловьев В.И., Журавель В.В. Метод построения системы для выявления и локализации точек монтажа в фонограммах	6
Ленков Є.С., Толок І.В. Моделювання та оптимізація системи планових ремонтів складних об'єктів техніки високої відповідальності	11
Бабій Ю.О. Модель статистичної обробки оптичних сигналів при моніторингу рухомих об'єктів волоконно-оптичним засобом охорони кордону	17
Феньов Д.В. Напрямок ідентифікації мовних сигналів відповідно до поточних порядкових статистик спектрів	26
Кунах Н.І., Ткаленко О.М. Застосування технології гаке як методу боротьби з багатопроектною невістю в системах мобільного зв'язку	34
Зибін С.В. Алгоритм ранжування альтернатив при інформаційно-аналітичній підтримці процесів формування системи інформаційної безпеки держави	42
Харина Ю.А. Автоматизована система документообігу та проблеми її впровадження	50

ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Клименко А.В., Козакова І.В., Бакал М.А. Шляхи реалізації державної політики у сфері технічного регулювання в діяльності органу з оцінки відповідності Державного науково-дослідного інституту МВС України	56
Горецький О.В., Шапочка Т.І. Окремі аспекти технічного регулювання в Україні	61

КРИМІНАЛІСТИЧНА ТЕХНІКА ТА МЕТОДИКА

Лук'янчиков Б.Є., Лук'янчикова В.Є. Сучасні технічні засоби виявлення наркотичного сп'яніння	68
Неня О.В. Відмінності й особливості пристроїв нічного бачення та тепловізорів	75

ЗБРОЯ, СПЕЦАВТОТРАНСПОРТ, ОБМУНДИРУВАННЯ

Будзинський М.П., Ващук Н.Ф. Вивчення міжнародного досвіду та функціональних, ергономічних властивостей однострою кінної патрульної служби поліції України	87
Мовчан М.А., Осмак С.Г. Актуальні питання проведення удосконалення випробувань зразків стрілецького озброєння	97
Гришук Р.В., Гордієнко Ю.О., Аміров А.Р., Солопій І.А. Аналіз акустичних засобів виявлення пострілу зі стрілецької зброї та їх класифікація	103
Смерницький Д.В., Будзинський М.П., Диких О.В., Кисіль М.В., Гусак О.В., Приходько В.І. Аспекти проведення державних та визначально-відомчих випробувань спеціалізованих броньованих автомобілів	113

СПЕЦІАЛЬНІ РОЗРОБКИ

Білогуров В.А. Порівняння основних характеристик хімічних джерел струму різних електрохімічних систем	124
--	-----

CONTENTS

SYSTEMS AND METHODS OF INFORMATION PROCESSING

Rybalsky O.V., Soloviev V.I., Zhuravel V.V. Method of Constructing a System for Detecting and Localizing of Mounting Points in Phonograms	6
Lienkov Y.S., Tolok I.V. Modeling and Optimization of the System of Planned Repairs of Complex Objects of High-Level Engineering	11
Babiy Y.O. Model of Statistical Processing of Optical Signals in the Monitoring of Moving Objects by Fiber-Optical Means of Border Guard	17
Feniou D.V. The Direction of Identification of Speech Signals according to the Current Ordinal Statistics of Spectra	26
Kunah N.I., Tkalenko O.M. An Application of Rake Technology as a Method for Controlling Multipath in Mobile Communication Systems	34
Zybin S.V. Algorithm for Ranking Alternatives in Information and Analytical Support of the Processes of the Formation of the System of Information Security of the State	42
Harina Y.A. An Automated System of Document Circulation and the Problems of its Introduction	50

INFORMATION AND NORMATIVE SUPPORT OF SCIENTIFIC ACTIVITIES

Klimenko A.V., Kozakova I.V., Bakal M.A. Implementation Pathways of the State Policy in the Sphere of Technical Regulation in the Activities of the Body of Conformance Evaluation of the State Research Institute MIA Ukraine	56
Goretsky O.V., Shapochka T.I. Several Aspects of Technical Regulation in Ukraine	61

CRIMINALISTIC TECHNICS AND METHODOLOGY

Lukianchikov B.Y., Lukianchikova V.Y. Modern Technical Tools of the Definition of Drug Intoxication	68
Nenia O.V. Distinctions and Peculiarities of the Night-Vision Devices and Thermal Imaging Units	75

WEAPON, SPECIAL TRANSPORT, UNIFORM

Budzinsky M.P., Vashchuk N.F. Study of International Experience and Functional, Ergonomical Characteristics of the Uniform for Patrol Police Officers on Horseback in Ukraine	87
Movchan M.A., Osmak S.G. The Issues of an Improvement of Testing the Samples of Small Arms	97
Grishchuk R.V., Gordiyenko Y.O., Amirov A.R., Solopiy I.A. An Analysis of Acoustic Means for the Detection of the Shots from the Small Arms and its Classification	103
Smernitsky D.V., Budzinsky M.P., Dykyh O.V., Kysil M.V., Gusak O.V., Prihodko V.I. The Aspects of Conducting the State and Determining Departmental Trials of Specialized Armored Vehicle	113

SPECIAL DEVELOPMENTS

Bilogurov V.A. The Comparison of Main Characteristics of Chemical Sources of Electrical Energy	124
---	-----

УДК 621.396

Є.С. Ленков,

к.т.н. (Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації),

І.В. Толок,

к.пед.н. (Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка)

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ПЛАНОВИХ РЕМОНТІВ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ ТЕХНІКИ ВИСОКОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ

Технічний ресурс є однією з найважливіших характеристик складних об'єктів техніки, тому процес технічного обслуговування і ремонту повинен включати в себе складову, яка забезпечуватиме оптимальне періодичне та своєчасне поповнення ресурсу. Оптимізація зазвичай стосується двох основних параметрів: параметру потоку відмов та питомої вартості витрат як функції часу, параметрів ремонт-придатності та узагальнених параметрів процесів планових ремонтів. Зазначена проблема аналітичними методами не розв'язується, тому що для функції потоку відмов майже неможливо визначити аналітичний вираз та через складність визначення структури оптимізуючого параметра. У статті пропонується зазначену проблему розв'язувати протягом двох емпіричних етапів.

На першому етапі формується безліч умовно оптимальних рішень, що одержані при фіксованих значеннях відсотка заміни елементів.

На другому етапі серед множини отриманих умовно оптимальних рішень вибирається єдине оптимальне рішення, при цьому складність полягає в тому, що функція питомої вартості витрат є не гладкою по параметру заміни елементів та може мати не яскраво виражені локальні мінімуми, що не дозволяє повністю автоматизувати другий етап розв'язання задачі. Тому на другому етапі залучається людина-експерт.

Ключові слова: *технічний ресурс, складні об'єкти техніки, оптимізація, потік відмов, вартість витрат.*

Технический ресурс является одной из важнейших характеристик сложных объектов техники, поэтому процесс технического обслуживания и ремонта должен включать в себя составляющую, которая обеспечит оптимальное периодическое и своевременное пополнение ресурса. Оптимизация обычно касается двух основных параметров: параметра потока отказов и удельной стоимости расходов как функции времени, параметров ремонтпригодности и обобщенных параметров процессов плановых ремонтов. Указанная проблема аналитическими методами не решается, потому что для функции потока отказов почти невозможно определить аналитическое выражение и из-за сложности определения структуры оптимизирующего параметра. В статье предлагается указанную проблему решать в два эмпирических этапа.

На первом этапе формируется множество условно оптимальных решений, полученных при фиксированных значениях процента замены элементов. На втором этапе среди множества полученных условно оптимальных решений выбирается единственное оптимальное решение, при этом сложность заключается в том,

что функция удельной стоимости расходов является не гладкой по параметру замены элементов и может иметь ярко выраженные локальные минимумы, что не позволяет полностью автоматизировать второй этап решения задачи. Поэтому на втором этапе привлекается человек-эксперт.

Ключевые слова: технический ресурс, сложные объекты техники, оптимизация, поток отказов, стоимость затрат.

Technical resource is one of the most important characteristics of complex engineering objects, therefore the process of maintenance and repair should include a component that will ensure the optimal periodic and timely replenishment of the resource. Optimization usually involves two main parameters: the failure flow parameter and the unit cost of costs as a function of time, maintainability parameters, and generalized parameters of scheduled maintenance processes. This problem is solved by analytical methods, because it is almost impossible for the fail-flow function to define an analytic expression and, because of the complexity of determining the structure of the optimizing parameter. Paper proposes to solve this problem in two empirical stages.

At the first stage, a lot of conditionally optimal solutions are formed, obtained for fixed values of percent replacement of elements. At the second stage, among the set of obtained conditionally optimal solutions, the only optimal solution is chosen, and the difficulty lies in the fact that the function of unit cost of expenses is not smooth in terms of the element replacement parameter and can have pronounced local minima, which does not fully automate the second stage of the solution tasks. Therefore, at the second stage, an expert is involved.

Keywords: technical resource, complex engineering objects, optimization, failure flow, cost of costs.

Вступ та постановка задачі. Ресурс є однією з найважливіших характеристик складних об'єктів техніки (СОТ), тому процес технічного обслуговування і ремонту (ТОіР) повинен включати в себе складову, яка забезпечуватиме періодичне та своєчасне поповнення ресурсу [1]. Відповідно до [2] ресурс будь-якого СОТ – це “сумарний наробіток з початку експлуатації чи відновлення після ремонту до переходу у граничний стан”. Граничний стан (ГС) це “стан СОТ, при якому подальша експлуатація його неприпустима або недоцільна, або відновлення його працездатності неможливе чи недоцільне”. Ці визначення однаково належать як до відновлювальних, так і до не відновлювальних об'єктів.

На сьогодні достатньо повною мірою розкриті питання розробки моделей та методик оптимізації системи планових ремонтів СОТ, у тому числі за нашою участю [3–8].

Основна частина.

Стаття присвячена продовженню розв'язання поставленої задачі для СОТ перш за все високої відповідальності.

Для СОТ високої відповідальності, зазвичай, застосовується аперіодична або змішана стратегія планових ремонтів (ПР) [1]. З огляду на це, постановка задачі оптимізації системи ПР визначається виразами:

$$\Omega(t/\mathbf{B}, \mathbf{P}^{\text{opt}}) \leq \Omega^{\text{TP}} ; t \in [0, T_3]; \quad (1)$$

$$c_{\text{уд}}(T_e, \mathbf{B}, \mathbf{P}^{\text{opt}}) = \min_{\{\mathbf{P}\}} c_{\text{уд}}(T_e, \mathbf{B}, \mathbf{P}), \quad (2)$$

де Ω – параметр потоку відмов;

B – параметр ремонтпридатності;

\mathbf{P}^{opt} – оптимальне значення узагальненого параметра процесу ПР \mathbf{P} ;

C – питома вартість витрат;

T_e – час експлуатації.

Параметр \mathbf{P} визначається множиною:

$$\mathbf{P} = \{t_{pk}, \mathbf{p}_k; k = \overline{0, N_p}\}, \quad (3)$$

За рахунок того, що $t_{pk} = t_{pk-1} + R_{pk}$, замість (3) можна використати більш компактний вираз:

$$\mathbf{P} = \{\mathbf{p}_k; k = \overline{1, N_p}\} = \{\langle P_{pk}, R_{pk} \rangle; k = \overline{1, N_p}\}, \quad (4)$$

де P_{pk} – відсоток заміни елементів при виконанні k -го ПР;

R_{pk} – міжремонтний ресурс між $(k-1)$ -м та k -м ремонтами.

Відповідно до цієї постановки вимога до рівня безвідмовності СОР задається обмеженням на так зване миттєве значення показника безвідмовності в довільний момент часу t на заданому інтервалі експлуатації $[0, T_s]$. Саме це визначає завдання (1, 2) як завдання, що належать до об'єктів СОР перш за все високої відповідальності.

На наш погляд, така задача не може бути вирішена аналітичними методами. По-перше, тому що для функції $\Omega(t/\dots)$ майже неможливо визначити аналітичний вираз, тобто функцію можна отримати тільки в результаті моделювання. По-друге, через складність визначення структури оптимізуемого параметра \mathbf{P} . Тобто процеси виконання ПР в загальному випадку можуть мати особисті значення параметрів. Тому рішення \mathbf{P}^{opt} становить велику кількість (послідовність) взаємопов'язаних елементарних рішень $\{\mathbf{p}_k^{\text{opt}} = \langle P_{pk}^{\text{opt}}, R_{pk}^{\text{opt}} \rangle\}$. Всі ці складності унеможливають точне аналітичне розв'язання задач (1 та 2) і змушують шукати шляхи отримання наближеного рішення, по можливості, близького до оптимального.

Пропонуємо зазначені завдання розв'язувати у два етапи.

Етап 1. Формується безліч умовно оптимальних рішень $\{\mathbf{p}^*\}$, одержуваних при фіксованих значеннях відсотка заміни елементів P_p . Умовно оптимальне рішення це множина

$$\mathbf{P}^* = \{\mathbf{p}_k^*, k = \overline{1, N_p^*}\}, \quad (5)$$

в якому $\mathbf{p}_k^* = \langle P_p^*, R_{pk}^* \rangle$, где $P_p^* = \text{const}$.

Умовно оптимальне рішення \mathbf{P}^* формується на основі критерію забезпечення необхідного значення параметра потоку відмов Ω^{TP} та формально не зв'язується з вимогою мінімізації питомої вартості експлуатації $c_{\text{уд}}$. Ця процедура формування умовно оптимального рішення \mathbf{P}^* заснована на припущенні про те, що функція $\Omega(t/\dots)$ є монотонною і не убуває по t . Процедура на кожному k -м кроці формує елементарне рішення \mathbf{p}_k^* з урахуванням рішень, що прийняті в попередніх кроках.

На першому кроці визначається ресурс до першого ПР з умови:

$$R_{p1}^* = \max t : \Omega(t / \mathbf{B}, \emptyset) \leq \Omega^{\text{TP}}; \quad t \in [0, T_3],$$

де $\Omega(t / \mathbf{B}, \emptyset)$ – функція параметра потоку відмов за умови, що ніякі ПР на інтервалі $[0, t]$ не проводяться.

Після першого кроку формується елементарне рішення $\mathbf{p}_1^* = \langle P_p', R_{p1}^* \rangle$.

На другому кроці визначається міжремонтний ресурс до 2-го ПР за умови, що перший ПР вже виконано. Його величина R_{p2}^* визначається із умови:

$$R_{p2}^* = \max t : \Omega(t / \mathbf{B}, \{\mathbf{p}_1^*\}) \leq \Omega^{\text{TP}}; \quad t \in (t_{p1}, T_3], \quad (6)$$

де $\Omega(t / \mathbf{B}, \{\mathbf{p}_1^*\})$ – функція параметра потоку відмов, яка отримана за умови, що виконано перший ПР з параметрами \mathbf{p}_1^* ;

t_{p1} – час (сумарне напрацювання) проведення першого ПР ($t_{p1} = R_{p1}^*$).

Після другого кроку виходить елементарне рішення $\mathbf{p}_2^* = \langle P_p', R_{p2}^* \rangle$.

На k -м кроці визначається міжремонтний ресурс між $(k-1)$ -м та k -м ремонтами R_{pk}^* при умові, що вже виконані всі $k-1$ ремонтів в моменти часу t_{p1}, \dots, t_{pk-1} .

Нехтуючи тривалістю ПР, приймаємо, що $t_{pk} = \sum_{i=1}^k R_{pi}^*$.

Величина R_{pk}^* визначається за умови:

$$R_{pk}^* = \max t : \Omega(t / \mathbf{B}, \{\mathbf{p}_1^*, \mathbf{p}_2^*, \dots, \mathbf{p}_{k-1}^*\}) \leq \Omega^{\text{TP}}; \quad t \in (t_{pk-1}, T_3],$$

де $\Omega(t / \mathbf{B}, \{\mathbf{p}_1^*, \mathbf{p}_2^*, \dots, \mathbf{p}_{k-1}^*\})$ – функція параметра потоку відмов, отримана за умови, що виконані всі $k-1$ ПР з параметрами $\mathbf{p}_1^*, \dots, \mathbf{p}_{k-1}^*$;

t_{pk-1} – час проведення $(k-1)$ -го ПР.

Після виконання k -го кроку виходить рішення $\mathbf{p}_k^* = \langle P_p', R_{pk}^* \rangle$.

Умовне оптимальне рішення \mathbf{P}^* формується шляхом додавання в нього на кожному кроці чергового отриманого елементарного рішення \mathbf{p}_k^* :

$$\mathbf{P}^* := \mathbf{P} \cup \{\mathbf{p}_k^*\}.$$

Розглянутий процес покрокового формування умовно оптимального рішення проілюстровано на рис. 1.

Процес формування рішення \mathbf{P}^* триває до тих пір, поки не виявиться, що на певному етапі час проведення чергового ремонту t_{pk} виходить за межі заданого інтервалу експлуатації $[0, T_3]$. Як умовно оптимальної кількості ПР N_p^* приймається число виконаних кроків k .

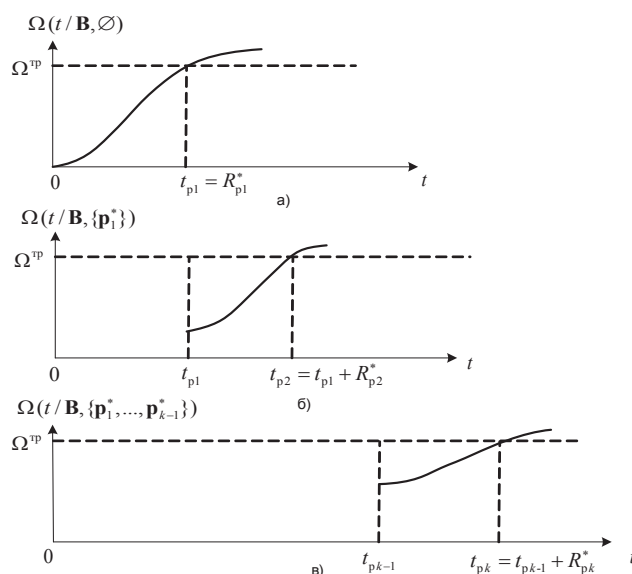


Рис. 1. Опис процедури формування умовно оптимального рішення

Для кожного умовно оптимального рішення \mathbf{P}^* обчислюється питома вартість експлуатації $c_{уд}(T_3, \mathbf{B}, \mathbf{P}^*)$.

Розглянутим способом на першому етапі формується безліч умовно оптимальних рішень $\{\mathbf{P}^*\}$, що відповідають заданим значенням відсотка заміни елементів P'_p з безлічі $\{P_p\}$. Тут кожному значенню $P'_p \in \{P'_p\}$ відповідає єдине умовно оптимальне рішення $\mathbf{P}^* \in \{\mathbf{P}^*\}$.

Етап 2. Серед множини отриманих умовно оптимальних рішень вибирається єдине рішення \mathbf{P}^{opt} , що задовольняє умові:

$$c_{уд}(T_3, \mathbf{B}, \mathbf{P}^{opt}) = \min_{\{\mathbf{P}^*\}} c_{уд}(T_3, \mathbf{B}, \mathbf{P}^*) . \quad (7)$$

Складність полягає в тому, що функція $c_{уд}(T_3, \mathbf{B}, \mathbf{P}^*)$ є не гладкою по параметру P'_p та може мати не яскраво виражені локальні мінімуми. Саме тому повністю автоматизувати другий етап рішення задачі неможливо. Тому на другому етапі для визначення оптимального значення P_p^{opt} і відповідного йому оптимального рішення \mathbf{P}^{opt} залучається людина-експерт. Для цього розроблені алгоритми і програмне забезпечення, які дозволяють візуалізувати залежність $c_{уд}(T_3, \mathbf{B}, \mathbf{P}^*)$ по параметру P'_p . Після цього на основі візуального аналізу залежності $c_{уд}(P'_p)$ експерт зможе прийняти остаточне рішення щодо вибору оптимального значення P_p^{opt} , відповідного мінімуму функції $c_{уд}(P'_p)$:

$$c_{уд}(P_p^{opt}) = \min_{\{P'_p\}} c_{уд}(P'_p) .$$

Після цього як рішення поставленої задачі \mathbf{P}^{opt} приймається умовно оптимальне рішення \mathbf{P}^* , що отримується при $P'_p = P_p^{opt}$.

Розглянуті два етапи – це своєрідне теоретичне обґрунтування запропонованої методики рішення поставленої задачі. Усі необхідні при цьому розрахунки програмно реалізовані.

Для практичного рішення цих задач необхідно:

1. Створити бази даних для конкретних СОТ та ввести до них всю необхідну інформацію.

2. Задати діапазон варіювання відсотка заміни елементів $[P'_{p \min}, P'_{p \max}]$ та провести розрахунки в режимі Пошук оптимальної системи ПР (СОТ високої відповідальності). У результаті буде виконано один сеанс моделювання і на екран монітора ПК буде виведений графік однієї реалізації залежно $c_{уд}^*(P'_p)$ для $P'_p [P'_{p \min}, P'_{p \max}]$.

Рекомендується виконати кілька сеансів моделювання для отримання стійкого рішення задачі. Необхідна кількість сеансів визначається експертом після досягнення стійкого положення мінімуму функції $c_{уд}^*(P'_p)$.

3. На основі візуального аналізу функції $\bar{c}_{уд}^*(P'_p)$ визначити оптимальне значення P_p^{opt} , при якому досягається мінімум функції $\bar{c}_{уд}^*(P'_p)$:

$$P_p^{opt} : \bar{c}_{уд}^*(P_p^{opt}) = \min_{\forall P'_p} \bar{c}_{уд}^*(P'_p).$$

4. Визначити відповідне до оптимального значення P_p^{opt} умовно оптимальне рішення \mathbf{P}^* та прийняти його як оптимальне рішення \mathbf{P}^{opt} , що є вирішенням завдання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Прогнозування надійності складних об'єктів радіоелектронної техніки та оптимізація параметрів їх експлуатації імітаційних статистичних моделей: монографія. / [С.В. Ленков, К.Ф. Боряк, Г.В. Банзак, В.О. Браун]: під ред. С.В. Ленкова. – Одеса: Вид-во “ВМВ”, 2014. 248 с.

2. Банзак Г.В., Боряк К.Ф., Ленков Є.С. и др. Моделирование процесса технического обслуживания “по состоянию” сложного восстанавливаемого объекта РЭТ. Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. 2010. № 29. С. 4–9.

3. Ленков Є.С., Жиров Г.Б., Бондаренко Т.В. Формализованная математическая модель процесса адаптивного технического обслуживания по состоянию сложной радиоэлектронной техники. Информатика та математичні методи в моделюванні. 2016. Т. 6. № 4. С. 365–371.

4. Ленков С.В., Ленков Є.С. Формалізована методика оптимізації параметрів стратегії технічного обслуговування за ресурсом складних виробів тривалої експлуатації. Сучасна спеціальна техніка. 2016. № 4(47). С. 3–8.

5. Lenkov S., Zhyrov G., Zaytsev D. and others, 2017. Features of Modelling Failures of Recoverable Complex Technical Objects with a Hierarchical Constructive Structure. Eastern-European Magazine of Advanced Technologies. № 4/4(88). 34–42.

6. Ленков Є.С. Узагальнена математична модель процесу технічного обслуговування і ремонту складної техніки. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. 2017. № 2. С. 186–191.

7. Жиров Г.Б., Ленков Є.С., Толоч І.В. Алгоритмічна модель адаптивного технічного обслуговування за станом озброєння і військової техніки. Збірник праць Національної академії Державної прикордонної служби України імені Б. Хмельницького. Серія: військові та технічні науки. 2017. № 1(71). С. 368–378.

8. Ленков Є.С. Загальна математична модель процесу технічного обслуговування складного технічного об'єкту. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. 2017. № 4. С. 120–123.

Отримано 26.10.2017

Рецензент Рибальський О.В., д.т.н., проф.