

МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ

**СУЧАСНА  
СПЕЦІАЛЬНА ТЕХНІКА**

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

№ 2(53), 2018

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:**

**ДОДОНОВ О.Г.**, д.т.н., проф. (Ін-т проблем реєстрації інформації НАН України) – голова;  
**ПРОЦЕНКО Т.О.**, д.ю.н., проф. (ДНДІ) – заступник голови; **БОГДАНОВ О.М.**, д.т.н., проф. (Ін-т проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова 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);

**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); **БУДЗИНСЬКИЙ М.П.**, к.ю.н. (ДНДІ); **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); **КУЧІНСЬКИЙ Ю.Д.**, к.ю.н. (ДНДІ); **САМУСЬ Є.В.** (ДНДІ).

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради ДНДІ МВС України  
(протокол від 20.06.2018 р. № 3)

Науково-практичний журнал посів III місце в конкурсі на краще наукове періодичне видання в системі МВС України у 2017 році

*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, 2018

Київ 2018

MINISTRY OF INTERNAL AFFAIRS OF UKRAINE  
STATE RESEARCH INSTITUTE

---

**MODERN  
SPECIAL TECHNIQUE**  
SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL  
№ 2(53) 2018  
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 certification certificate series KB No 21221-11021 P

---

**SCIENTIFIC COUNCIL**

**Bogdanov O.M.**, Doctor of Technical Sciences, professor, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"; **Dodonov O.G.**, Doctor of Technical Sciences, Institute for Information Recording; **Dudikevich V.B.**, Doctor of Technical Sciences, Lviv Polytechnic National University; **Zadiraka V.K.**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"; **Protsenko T.O.**, Doctor of Juridical Sciences, professor, State Research Institute.

**EDITORIAL BOARD**

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

**Khoroshko 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); **Konakhovych 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); **Maksymovych 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 (Institute of Computer Technologies); **Lopatin S.I.**, Ph.D in Law (State Research Institute); **Pysarenko 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); **Smernytskyi D.V.**, Ph.D in Law (State Research Institute); **Tsyganov O.G.**, Candidate of Technical Science (State Research Institute)

Recommended by State Research Institute's Scientific Council  
(Record No 3 dated 20.06.2018)

The scientific and practical journal won 3-rd place in the competition for the best scientific periodical in the system of MIA in 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, 2018

Kyiv 2018

## ЗМІСТ

## СИСТЕМИ ТА МЕТОДИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

<b>Бовда Е.М.</b> Методика й алгоритм вертикальної структуризації задач управління телекомунікаційними мережами військового призначення	6
<b>Головенський В.В., Неділько С.М., Сєлюков О.В.</b> Оцінка ефективності ламп розжарювання й напівпровідникових діодів як джерел селективного інфрачервоного випромінювання	16
<b>Жиров Г.Б., Ленков Є.С., Толлок І.В.</b> Удосконалений алгоритм оптимізації процесу планового ремонту складних технічних об'єктів	23
<b>Кузавков В.В., Зарубенко А.О.</b> Методика оцінки точності вимірювань при вирішенні завдання електромагнітної сумісності радіоелектронних засобів	29
<b>Кузавков В.В., Хусаїнов П.В.</b> Пошук несправностей у складних технічних системах	35
<b>Пирцхалава Л.Г., Хорошко В.А., Хохлачова Ю.Е.</b> Информационные атаки и модель рисков в информационном противоборстве	44
<b>Рибальський О.В., Журавель В.В.</b> Деякі аспекти термінології експертизи матеріалів та засобів відеозвукозапису	51
<b>Ткаленко О.М.</b> Упровадження технології безконтактного обміну даними в телекомунікаційні системи	55
<b>Якименко І.З., Тимошенко Л.М., Касянчук М.М.</b> Вибір параметрів еліптичних кривих у задачах шифрування інформаційних потоків	63

## ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

<b>Подойніцин В.М.</b> Діяльність технічного комітету стандартизації ТК-184 “Продукція спеціального призначення”: сучасний стан	72
---	----

## КРИМІНАЛІСТИЧНА ТЕХНІКА ТА МЕТОДИКА

<b>Лук'янчиков Б.Є., Лук'янчикова В.Є.</b> Передовий досвід техніко-криміналістичного забезпечення кінологічної служби в системі МВС України	79
--	----

## ЗБРОЯ, СПЕЦАВТОТРАНСПОРТ, ОБМУНДИРУВАННЯ

<b>Будзинський М.П., Бакал В.П., Александров М.Є.</b> Розвиток одностроїв радянської міліції, відтворений у творах кіномистецтва	85
<b>Будзинський М.П., Диких О.В., Гусак О.В., Кисіль М.В.</b> Обґрунтування вимог до сучасного спеціального транспорту для проведення робіт із розмінування територій та перевезення вибухонебезпечних предметів і речовин	99
<b>Власов В.А., Нешпор О.В., Мазна О.В., Самусь Є.В.</b> Додатковий бронезахист транспортних засобів із використанням комбінованих кераміко-полімерних матеріалів	109
<b>Шапочка Т.І.</b> Спеціальні засоби нелетальної дії: тенденції та перспективи	120

## СПЕЦІАЛЬНІ РОЗРОБКИ

<b>Филь Р.С., Біляєва О.Д.</b> Єдність вимірювань як основа забезпечення якості випробувань	125
<b>Харина Ю.А.</b> Відеоспостереження в публічних місцях та право громадян на приватність: досвід Сполучених Штатів Америки	131

## CONTENTS

## SYSTEMS AND METHODS OF INFORMATION PROCESSING

- Bovda E.M.** Methodology and Algorithm for Vertical Structuring of Tasks of Management of Telecommunication Networks of Military Purpos 6
- Holovenskyi V.V., Nedilko S.M., Sieliukov O.V.** An Assessment of the Efficiency of Incandescent Lamps and Semiconductor Diodes as Sources of Selective Infra-Red 16
- Zhyrov H.B., Lienkov Y.S., Tolok I.V.** An Improved Algorithm for Optimization of the Planned Repair of Complex Technical Objects 23
- Kuzavkov V.V., Zarubenko A.O.** Methodology of an Estimation of Accuracy of Measurements of Solving the Problem of Electromagnetic Compatibility of Radio-Electronic Means 29
- Kuzavkov V.V., Khusainov P.V.** Troubleshooting in Complex Technical Systems 35
- Pyrtskhalava L.G., Khoroshko V.A., Khokhlachova Y.Y.** Information Attacks and the Risk Model in the Information Confrontation 44
- Rybalskyi O.V., Zhuravel V.V.** Some Aspects of the Terminology of Examination of Materials and Means of Video Recording 51
- Tkalenko O.M.** Implementation of Technology of Contactless Data Exchange in Telecommunication Systems 55
- Yakymenko I.Z., Tymoshenko L.M., Kasianchuk M.M.** The Choice of the Parameters of Elliptic Curves in the Tasks of Encryption of Information Flows 63

## INFORMATIONAL AND NORMATIVE SUPPORT OF SCIENTIFIC ACTIVITIES

- Podoinitsyn V.M.** Activities of the Technical Committee of Standardization TK-184 "Special-Purpose Products": Current Status 72

## CRIMINALISTIC TECHNIQUE AND METHODOLOGY

- Lukianchykov B.Y., Lukianchykova V.Y.** Advanced Experience of Technical and Forensic Provision of the Cynological Service in the System of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine 79

## WEAPONS, SPECIAL TRANSPORT, UNIFORM

- Budzynskyi M.P., Bakal V.P., Aleksandrov M.Y.** The Development of the Uniforms of the Soviet Militia, Reflected in the Works of Cinematography 85
- Budzynskyi M.P., Dykykh O.V., Husak O.V., Kysil M.V.** Substantiation of the Requirements for Modern Special Transport for Carrying out Works on Demining of Territories and Transportation of Explosive Substances and Objects 99
- Vlasov V.A., Mazna O.V., Neshpor O.V., Samus Y.V.** Additional Armour of Vehicles with Use of Combined Ceramics and Polymer Materials 109
- Shapochka T.I.** Special Non-Lethal Devices: Tendencies and Perspectives 120

## SPECIAL DEVELOPMENTS

- Fyl R.S., Biliaieva O.D.** Unity of Measurements as a Basis for Ensuring the Quality of Tests 125
- Kharyna Y.A.** Video Surveillance in Public Locations and the Right of Citizens to Privacy: the Experience of the United States of America 131

УДК 004.052

**Г.Б. Жиров,**

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,

**Є.С. Ленков,**

кандидат технічних наук,

**І.В. Толлок,**

кандидат педагогічних наук, доцент

## УДОСКОНАЛЕНИЙ АЛГОРИТМ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПЛАНОВОГО РЕМОНТУ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

*Однією зі складових загальної системи технічного обслуговування та ремонту є система планових ремонтів. Система планових ремонтів являє собою комплекс організаційних і технічних заходів із догляду, експлуатації та ремонту складних технічних об'єктів, спрямованих на попередження передчасного виходу з ладу деталей, елементів, вузлів, блоків і механізмів та утримання їх у працездатному стані. Сутність системи планових ремонтів полягає в тому, що після відпрацювання технічним об'єктом певного часу проводяться профілактичні огляди та різні види планових ремонтів, періодичність і тривалість яких залежать від конструктивних і ремонтних особливостей об'єкта, умов його експлуатації, а також від можливостей ремонтних органів.*

*У роботі вдосконалено алгоритм оптимізації параметрів процесу планового ремонту, який являє собою складову частину імітаційної статистичної моделі об'єкта. Проведення моделювання дозволяє визначити оптимальні параметри процесу планового ремонту складного технічного об'єкта.*

**Ключові слова:** плановий ремонт, параметри, ремонт, міжремонтний ресурс.

*Одной из составляющих общей системы технического обслуживания и ремонта является система плановых ремонтов. Система плановых ремонтов представляет собой комплекс организационных и технических мероприятий по наблюдению, эксплуатации и ремонту сложных технических объектов, направленных на предупреждение преждевременного выхода из строя деталей, элементов, узлов, блоков и механизмов и сохранение их в работоспособном состоянии. Сущность системы плановых ремонтов заключается в том, что после отработки техническим объектом определенного времени проводятся профилактические осмотры и различные виды плановых ремонтов, периодичность и продолжительность которых зависят от конструктивных и ремонтных особенностей объекта, условий его эксплуатации, а также от возможностей ремонтных органов.*

*В работе усовершенствован алгоритм оптимизации параметров процесса планового ремонта, который представляет собой составную часть имитационной статистической модели объекта. Проведение моделирования позволяет определить оптимальные параметры процесса планового ремонта сложного технического объекта.*

**Ключевые слова:** плановый ремонт, параметры, ремонт, межремонтный ресурс.

*One of the components of the overall system of maintenance and repair is the system of planned repairs. The system of planned repairs is a complex of organizational and technical measures for the care, operation and repair of complex technical objects aimed at preventing premature failure of parts, components, units, blocks and mechanisms and keeping them in working condition. The essence of the system of planned repairs is that after the development of a technical object of a certain time preventive inspections and various types of planned repairs, the periodicity and duration of which depend on the design and repair features of the object, the conditions of its operation, as well as the capabilities of repair bodies, are carried out.*

*In work the improved algorithm of optimization of the parameters of the planned repair process is developed, which is an integral part of the simulation statistical model of the object. Modeling allows determining the optimal parameters of the planned repair of a complex technical object.*

**Keywords:** *planned repair, parameters of repair, inter-repair resource.*

Надійна робота складних технічних об'єктів неможлива без якісно налагодженої системи технічного обслуговування та ремонту (ТОіР). Складовою частиною такої системи є система планових ремонтів (СПР). Система планових ремонтів являє собою комплекс організаційних і технічних заходів із догляду, експлуатації та ремонту складних технічних об'єктів, спрямованих на попередження передчасного зносу деталей, елементів, вузлів, блоків і механізмів та утримання їх у працездатному стані. Сутність системи планових ремонтів (ПР) полягає в тому, що після відпрацювання технічним об'єктом певного часу (експлуатації) проводяться профілактичні огляди і різні види планових ремонтів, періодичність, обсяг і тривалість яких залежать від конструктивних і ремонтних особливостей об'єкта, умов його експлуатації а також від можливостей ремонтних органів.

Загалом необхідність проведення технічного обслуговування полягає у своєчасній заміні елементів, які знаходяться у стані перед відмовою (граничному стані), а ремонт проводиться з метою відновлення справного або працездатного стану об'єкта, а також відновлення ресурсу всього об'єкта або його частини [1–3].

У статті вирішується актуальне наукове завдання щодо будови алгоритму оптимізації параметрів процесу планового ремонту, який є складовою частиною загальної та імітаційної статистичної моделі складного технічного об'єкта.

**Основний зміст.** Планові ремонти призначені для забезпечення своєчасного поповнення ресурсу складних технічних об'єктів і, таким чином, повинні забезпечувати необхідний рівень їх безвідмовності. Задачу оптимізації процесу ПР можна представити формально наступними співвідношеннями [1]:

$$T_0(B, V, P_{\text{пр}}^{\text{opt}}) \geq T_0^{\text{необ}}; \quad (1)$$

$$c_e(B, V, C, P_{\text{пр}}^{\text{opt}}) \rightarrow \min, \quad (2)$$

де  $P_{\text{пр}}^{\text{opt}}$  – шукані оптимальні параметри системи планових ремонтів.

Необхідне значення середнього наробітку на відмову  $T_0^{\text{необ}}$  задає критерій граничного стану, відповідно до якого розраховується ресурс виробу. Таким чином, оптимізаційну задачу (1) можна переписати наступними виразами:

$$\Omega(t/B, V, P_{\text{пр}}^{\text{opt}}) < \Omega^{\text{г}}; (t \in (0, T_e]), \quad (3)$$

$$\bar{\Omega}(B, B, P_{np}^{opt}) < \Omega^{rc}, \quad (4)$$

де  $\Omega(t/B, B, P_{np})$  – функція параметра потоку відмов;  $\bar{\Omega}(B, B, P_{np})$  – середнє значення параметра потоку відмов;  $\Omega^{rc} = 1/T_0^{необ}$  – необхідне значення параметра потоку відмов. Вибір критерію (3) або (4) залежить від вимог до надійності об'єкта загалом.

У загальному вигляді, параметр  $P_{np}$  можна описати таким формалізованим виразом:

$$P_{np} = \left\{ N_{np}, \left\{ \langle P_{npj}, R_{npj}, C_{npj}, \tau_{npj} \rangle; j = \overline{1, N_{np}} \right\} \right\}, \quad (5)$$

де  $N_{np}$  – число видів ПР;  $P_{npj}$  – обсяг ПР, який вимірюється відсотком заміни елементів при ПР  $j$ -го виду;  $R_{npj}$  – міжремонтний ресурс, після закінчення якого повинен проводитися ПР  $j$ -го виду;  $C_{npj} = C_{npj}(P_{npj})$  – вартість ПР  $j$ -го виду;  $\tau_{npj} = \tau_{npj}(P_{npj})$  – тривалість проведення ПР  $j$ -го виду [1,2,4].

Якщо не враховувати вартість та тривалість ПР, то формулу (5) можна спростити до наступного виразу:

$$P_{np} = \left\{ N_{np}, \left\{ \langle j, P_{npj}, R_{npj} \rangle; j = \overline{1, N_{np}} \right\} \right\}. \quad (6)$$

З урахуванням цього спрощення, шуканими параметрами при вирішенні оптимізаційних задач (1, 2) є:  $N_{np}$ ;  $P_{npj}$  і  $R_{npj}$ .

При розв'язанні задачі (3) в загальному випадку ми не знаємо ні числа видів ПР  $N_{np}$ , ні параметрів окремих видів ПР  $P_{npj}$  і  $R_{npj}$ . Тому пропонується зафіксувати об'єм ПР  $P_{np}^+$  і знайти відповідні йому міжремонтні ресурси  $\{R_{npk}\}$ , при яких забезпечується вимога (3). Кількість необхідних для цього ПР  $k$  при заданому значенні  $T_e$  позначимо через  $n_{np}$ . У результаті отримаємо наступні параметри ПР  $P_{np}^+$ :

$$P_{np}^+ = \left\{ n_{np}, \left\{ \langle P_{npk}^+, R_{npk} \rangle; k = \overline{1, n_{np}} \right\} \right\}. \quad (7)$$

Розв'язок  $P_{np}^+$  являє собою умовно оптимальним розв'язком задачі (3), за умови, що обсяг усіх ПР однаковий і дорівнює  $P_{np}^+$ . Розв'язок  $P_{np}^+$  завжди задовольняє умові (3), але зовсім не зобов'язаний задовольняти умові (2).

Для вирішення завдання (7) та отримання умовно оптимальних параметрів системи ПР пропонується наступний алгоритм, який оформлений у вигляді процедури Formir\_List\_MR.

Вхідною інформацією алгоритму є: інформація щодо параметрів безвідмовності об'єкта (Б), параметрів ремонтпридатності об'єкта (В); необхідне значення середнього наробітку на відмову  $T_0^{необ}$ ; задане фіксоване значення відсотка заміни елементів  $P_{np}^+$ ; ознака критерію ГС (Krit\_PS=0 – об'єкти високої відповідальності; Krit\_PS=1 – звичайної відповідальності).

Вихідною інформацією є список List\_MR, що містить всю інформацію для умовно оптимального розв'язку  $P_{np}^+$ , що отримується при обсязі ПР  $P_{np}^+$ .

Структурна схема алгоритму зображена на рис. 1.

Оператор 1 створює “порожній” список List\_MR.

Оператор 2 викликає процедури ISM. З усієї вихідної інформації процедури ISM використовується тільки функція параметра потоку відмов  $\Omega(t/B, B, \emptyset)$ , яка

представляється в оперативній пам'яті масивом, в якому окремі елементи  $\Omega[t_i]$  містять значення функції в моменти часу  $t_i = i \cdot \Delta t$ , де  $\Delta t$  – інтервали дискретності представлення функції ( $i = 1, N_m$ ). Оскільки список List\_MR на початку порожній, функція  $\Omega[t_i]$  в даному випадку формується за умови, що ПР не проводяться.

Оператор 3 (процедура Opr\_Rs) за отриманою функцією  $\Omega[t_i]$  визначає час  $t$ , при якому настає ГС. В якості критерію ГС приймається умова  $\Omega[t] \geq \Omega^{nc}$  (Krit\_PS=0) або умова  $\bar{\Omega}[t] \geq \Omega^{nc}$  (Krit\_PS=1). Функція  $\bar{\Omega}[t]$  визначається як середнє на інтервалі  $(0, t]$   $\bar{\Omega}(t/B, B, P_{np}) = \frac{1}{t} \int_0^t \Omega(x/B, B, P_{np}) dx$ . Граничне значення  $\Omega^{nc}$  визначається за заданим необхідному значенню  $T_0^{необ}$ :  $\Omega^{nc} = 1/T_0^{необ}$ .

Отримане значення  $t$  приймається як оцінка ресурсу до першого планового ремонту  $R$ . Оскільки функція  $\Omega[t]$  представлена в дискретних точках  $t_i$ , величина  $t$  обчислюється за такою інтерполяційною формулою:

$$t = t_{i-1} + \frac{\Omega^{необ} - \Omega[t_{i-1}]}{\Omega[t_i] - \Omega[t_{i-1}]} \cdot \Delta t.$$

Якщо критерій ГС не задовольняється за жодного зі значень, процедура Opr\_Rs повертає значення  $t < 0$ . Така ситуація складається в тому випадку, якщо задана вимога до рівня безвідмовності об'єкта, яка виконується на всьому інтервалі експлуатації  $[0, ]$ .

Якщо величина  $t$  оператором 3 була визначена (у цьому випадку  $t$  – це ресурс до першого ремонту), то далі виконується оператором 6, який виконує такі дії:  
– створюється структура даних WidPR, у яку поміщаються дані про параметри ПР  $P_{np}^+$  і  $R_{np1}$  (створюється пара  $\langle P_{np}^+, t \rangle$ );

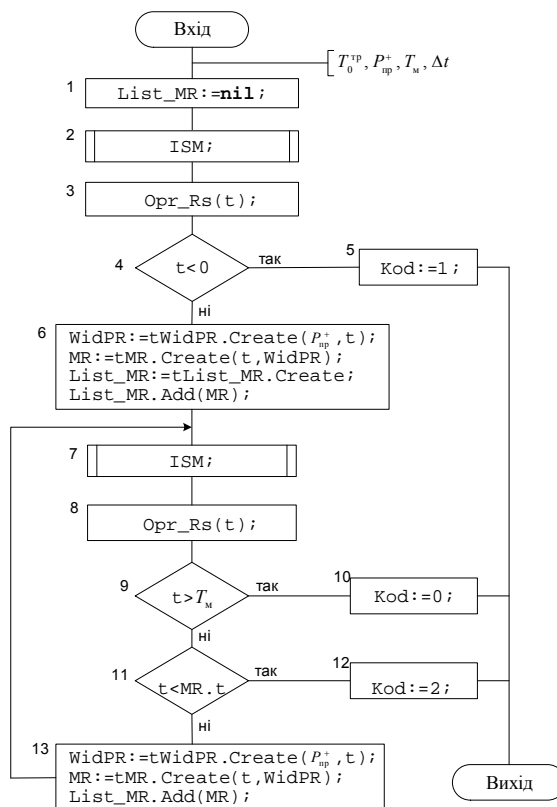


Рис. 1. Структурна схема алгоритму формування умовно оптимального розв'язку (процедура Formir\_List\_MR)



– створюється структура даних MR (об'єкт типу tMR), у якій запам'ятовується інформація про час першого ПР  $tp_1 = t$  і параметри цього ПР, представлені в WidPR;

– створюється список List\_MR (для списку відводиться необхідна для нього оперативна пам'ять);

– до списку List\_MR додається покажчик на об'єкт MR.

Оператор 7 викликає процедуру ISM так само, як і оператор 2, але оскільки до даного моменту часу список List\_MR не порожній, функція формується з урахуванням планових ремонтів. При виконанні процедури ISM імітується виконання всіх ПР, інформація про які знаходиться у списку List\_MR. Таким чином, формується функція  $\Omega(t / B, V, \Psi)$ , одержувана за умови, що виконуються всі ПР, представлені процесом поповнення ресурсу  $\Psi$ .

Оператор 8 (процедура Opr\_Rs) визначає модельний час  $t$ , за який необхідно виконувати наступний плановий ремонт. Якщо час  $t$  не вийшов за межі заданого інтервалу моделювання  $T_m$  ( $T_m \equiv T_c$ ), далі виконується оператор 11, який перевіряє умову  $t < MR.t$ . Така ситуація може скластися в тому випадку, коли черговий ПР не дає реального прирощення ресурсу (коли час до наступного ПР виявляється занадто малим (менше статистичної помилки визначення величини  $t$ )). У цьому випадку оператор 12 формує код завершення Kod=2 і робота алгоритму завершується.

Оператор 13 створює новий об'єкт MR, в якому зберігається інформація про черговий ремонт, і додає його до списку List\_MR. Після цього управління повертається оператору 7.

Оператори 7–13 виконуються циклічно доти, поки модельний час  $t$  (час наступного ремонту) не перевищить заданого значення –  $T_m$ .

При виконанні умови  $t > T_m$ , оператор 9 перериває цикл виконання операторів 7–13 (цикл формування списку List\_MR) і передає управління оператору 10, який формує код нормального завершення Kod=0. Робота алгоритму на цьому закінчується.

Отже, результатом роботи розглянутого алгоритму є умовно оптимальний процес поповнення ресурсу  $\Psi^+$ , інформація про який збережена у вигляді списку List\_MR. За параметрами процесу  $\Psi^+$ , як показувалося вище, однозначно відновлюються умовно оптимальні параметри СПР:

$$P_{np}^+ = \left\{ n_{np}^+, \left\{ \langle P_{npk}^+, R_{npk}^+ \rangle; k = \overline{1, n_{np}^+} \right\} \right\},$$

де  $R_{npk}^+$  – міжремонтний ресурс  $k$ -го ПР, який визначається за отриманими параметрами  $\langle t_{pk}, P_{np}^+ \rangle \in \Psi^+ : R_{npk}^+ = t_{pk} - t_{pk-1}$ ;  $n_{np}^+$  – кількість ПР, які виконуються відповідно до процесу  $\Psi^+$ .

**Висновки.** У статті на основі імітаційної статистичної моделі вдосконалено алгоритм формування умовно оптимального рішення з визначення параметрів планових ремонтів складного технічного об'єкта. Алгоритм дозволяє застосовувати різні критерії з визначення граничного стану. Для “жорсткого” критерію необхідний рівень безвідмовності повинен забезпечуватися на довільно обраному інтервалі

часу експлуатації об'єкта, а для "нежорсткого" критерію достатньо, аби рівень безвідмовності забезпечувався упродовж усього періоду експлуатації об'єкта.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Sergey Lenkov, Igor Tolok, Vadim Tsitsarev and others* Forecasting reliability of complex technology objects. Parameters optimization of their technical exploitation: [monography] in English / under edition S.V. Lenkov. Poland, Bielsko-Biala: Publishing house "BEL", 2018. 253 p.
2. *Ленков С.В., Боряк К.Ф., Банзак Г.В.* и др. Прогнозирование надежности сложных объектов радиоэлектронной техники и оптимизация параметров их технической эксплуатации с использованием имитационных статистических моделей. Одесса: Изд-во "ВМВ", 2014. 256 с.
3. *Буточнов А.Н., Креденцер Б.П., Тоценко В.Г.* и др. Основы надежности и техническое обеспечение радиоэлектронных средств РТВ ПВО. К.: КВИРТУ ПВО, 1982. 226 с.
4. *Хлапонін Ю.І., Боровік Б.* Алгоритм моделювання планових ремонтів складних технічних об'єктів та систем. Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. 2017. № 57. С. 24–30.

Отримано 08.06.2018

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