

ISSN 2524-0056(Print)
ISSN 2519-481X(Online)

**ВІЙСЬКОВИЙ ІНСТИТУТ
КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ВІЙСЬКОВОГО ІНСТИТУТУ
КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Виходить 4 рази на рік

Випуск № 56

КИЇВ – 2017

УДК621.43
ББК 32-26.8-68.49

Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2017. – Вип. № 56. – 261 с.

Голова редакційної колегії:

Ленков С.В. доктор технічних наук, професор;

Члени редакційної колегії:

Барабаш О.В. доктор технічних наук, професор;
Білик Л.І. доктор педагогічних наук, професор;
Вербицький В.В. доктор педагогічних наук, професор;
Замаруєва І.В. доктор технічних наук, професор;
Заславський В.А. доктор технічних наук, професор;
Кучерявий А.О. доктор педагогічних наук, доцент;
Лепіх Я.І. доктор фізико-математичних наук, професор;
Марушкевич А.А. доктор педагогічних наук, професор;
Оксіюк О.Г. доктор технічних наук, професор;
Плахотнік О.В. доктор педагогічних наук, професор;
Сейко Н.А. доктор педагогічних наук, професор;
Слюсаренко Н.В. доктор педагогічних наук, професор;
Шарий В.І. доктор військових наук, професор;
Шаронова Н.В. доктор технічних наук, професор;
Шворов С.А. доктор технічних наук, професор;
Ягупов В.В. доктор педагогічних наук, професор.

Редакційна колегія прагне до покращення змісту та якості оформлення видання і буде вдячна авторам та читачам за висловлювання зауважень та побажань.

Зареєстровано Міністерством юстиції України, свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації - серія КВ № 11541 – 413Р від 21.07.2006 р.

Відповідно до Наказу МОН України від 16.05.2016 № 515 «Збірник наукових праць ВІКНУ імені Тараса Шевченка» внесено до переліку наукових фахових видань із технічних наук, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук.

Затверджено на засіданні вченої ради ВІКНУ від 18.05.17 р., протокол № 18.

Відповідальні за макет:
Ряба Л.О., Солодєєва Л.В.

Відповідальність за новизну і достовірність наведених результатів, тактико-технічних та економічних показників і коректність висловлювань несуть автори. Точка зору редколегії не завжди збігається з позицією авторів. Усі матеріали надруковані в авторській редакції.

Примірники збірників знаходяться у Національній бібліотеці України ім. В.І. Вернадського, науковій бібліотеці ім. М. Максимовича та у бібліотеці Військового інституту.

«Збірник наукових праць ВІКНУ імені Тараса Шевченка» індексується в Google Scholar.

Адреса редакції: 03689, м. Київ, вул. Ломоносова, 81 тел./факс +38 (044) 521 – 33 – 82
Наклад 300 прим.

Ел.адреса редактора: lenkov_s@ukr.net
Офіційний сайт журналу: <http://miljournals.knu.ua/>

ТЕХНІКА

Бабій Ю.О. Аналіз методів оцінки дальності виявлення правопорушника державного кордону доплерівською радіолокаційною станцією.....	7
Бондаренко Т.В., Ленков Є.С. Моделювання процесів технічного обслуговування за станом з фіксованою та адаптованою періодичністю контролю складних технічних засобів озброєння.....	17
Жиров Г.Б. Уточнений розрахунок показників безвідмовності складних технічних об'єктів з урахуванням умов експлуатації та країни виробника елементної бази.....	24
Ленков С.В., Шкуліпа П.А., Прухницький В.І., Красильников С.Р. Шляхи підвищення захисту авторського права за допомогою використання цифрових водяних знаків.....	33
Нікіфоров М.М., Пампуха І.В., Бурій С.В., Пусан В.В. Аналіз сучасних автоматизованих систем моніторингу радіопростору на базі SDR технології для ведення завдань радіоелектронної розвідки.....	40
Проценко Я.М. Параметричний синтез автоматизованої системи технічного обслуговування складного об'єкта радіоелектронної техніки.....	47
Рачок Р.В. Алгоритми визначення областей видимості з веж системи оптико-електронного спостереження.....	57
Tolok I.V. Modelling the useful life exhaustion (depreciation) and restoration processes of the of military equipment groupages.....	64
Шинкарук О.М., Чесановський І.І., Левчунець Д.О. Метод підвищення когерентності обробки сигналів в імпульсних радіолокаційних системах.....	73
Шишанов М.О., Зубарев О.В., Шевцов М.М., Шуригін О.В. Методичні основи вибору раціональної стратегії управління при формуванні рішення в умовах невизначеності.....	81

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Байдюк М.М., Краснік А.В., Огнєвий О.В. Забезпечення інформаційної безпеки в середовищі хмарних обчислень.....	88
Брянський А.Е. Класифікація сучасних бездротових систем передачі інформації та область їх застосування.....	95
Джулій В.М., Гунченко Ю.О., Чешун Д.В. Методи та алгоритми розробки web-додатків.....	107
Длугунович Н.А. Можливості використання MSProject в управлінні проектами розробки програмного забезпечення.....	115
Ленков С.В., Джулій В.М., Берназ Н.М., Божук С.О. Аналіз існуючих методів та алгоритмів виявлення атак в бездротових мережах передачі даних.....	124
Муляр І.В., Лоза В.М., Войнарович С.Б. Аналіз підходів до структурної збірки web-додатків.....	132
Огнєвий О.В., Самсонюк Б.С., Ряба Л.О. Аналіз методів обробки трафіку в чергах маршрутизаторів мультисервісної мережі.....	139
Селюков О.В., Хмельницький Ю.В., Обертюк І.В., Солодєва Л.В. Застосування інтелектуальних технологій для підвищення якості роботи телекомунікаційних мереж при невизначеності	146
Сівак В.А. Експериментальна реалізація прототипу інформаційної системи управління експлуатацією транспортних засобів військового призначення.....	154
Стрельбіцький М.А. Обґрунтування показника ефективності функціонування системи захисту інформації на стадії модернізації.....	166
Хмельницький Ю.В., Гунченко С.Ю., Ленков О.С., Яковлев Д.П. Сервісні послуги архітектури LTE для високошвидкісних мереж.....	177

Чесановський І.І., Волинець Д.О., Левчунець Д.О. Вейвлет-фільтрація кутових методів маніпуляції із застосуванням методу головних компонент.....	186
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

ПЕДАГОГІКА

Артемюк В.Ю., Литвиненко Н.І. Організаційно-методичні особливості підготовки майбутніх офіцерів у вищих навчальних закладах зі специфічними умовами навчання..	192
Боровик Л.В., Басараба І.О. Методика використання методів кооперативного навчання у формуванні англомовної лексичної компетентності у дорослих.....	199
Гахович С.В., Савченко Т.В. Теоретичні та практичні аспекти використання системи дистанційного навчання.....	210
Матеюк О.П., Суходоля Ю.О., Прохоров О.А. Валеологічна культура студентів як пріоритет та результат навчання у вищій школі.....	216
Пампуха І.В., Жогіна Л.В., Бурій С.В., Мукогоренко О.С. Особистісно орієнтоване виховання студентів, як специфічна організація навчально-виховного процесу.....	224
Плахотнік О.В. Формування професійно-економічної культури студентів вищих навчальних закладів.....	232
Прохоров О.А., Плахотнік О.В. Можливості педагогічного менеджменту як засобу оптимізації освітнього процесу в закладах вищої військової освіти.....	240
Черних Ю.О., Черних О.Б. Основи організації та функціонування системи військової освіти Франції – аналітичний огляд.....	249
Дані про авторів.....	257
Алфавітний покажчик.....	260



TECHNICS

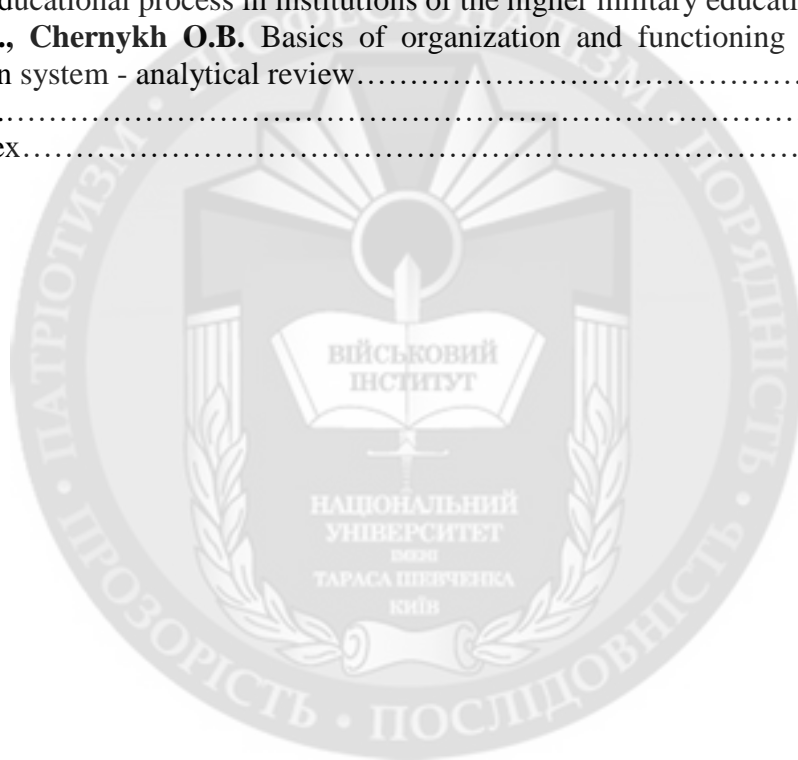
Babiy Yu. Analysis of the methods of estimation the distance of the state border offer of the state border by the doppler radar station.....	7
Bondarenko T.V., Lenkov E.S. Modeling of maintenance as fixed periodicity and adapted control of weapons complex technical.....	17
Zhyrov G.B. Refined calculation of reliability of complex technical objects in view of conditions and country of components.....	24
Lenkov S.V., Shkulipa P.A., Prukhnitskyi V.I., Krasilnikov S.R. Ways of enhancement of copyright protection through the use of digital watermarks.....	33
Nikiforov M.M., Pampukha I.V., Buryi S.V., Pusan V.V. An analysis of modern cass of monitoring of space radio is on base of SDR of technology for conduct of tasks of radio electronic secret service.....	40
Procenko Y.M. Parametric synthesis of an automated maintenance system for a complex radioelectronic facility.....	47
Rachok R.V. The algorithms defining the regions of visibility of the towers system opto-electronic surveillance.....	57
Tolok I.V. Modelling the useful life exhaustion (depreciation) and restoration processes of the of military equipment groupages.....	64
Shyncaruk O.M., Chesanovskyi I.I., Levchunets D.A. Method of increasing the coherence of signal processing in pulsed radar systems.....	73
Shyshanov M.O., Zubariev O.V., Shevtsov M.M., Shurygin O.V. Methodical bases rational choice management strategy of formation decisions in conditions of uncertainty.....	81

INFORMATION TECHNOLOGIES

Baydyuk N.N., Krasnik A.V., Ognjevyj A.V. Providing information security in cloud computing environments.....	88
Bryanskiy A.E. Classification of modern wireless systems of information transmission and their application areas.....	95
Dzhuliy V.M., Hunchenko J.O., Cheshun D.V. Methods and algorithms web application development.....	107
Dlunovych N.A. Capabilities of MSProject usage in project management for software development.....	115
Lenkov S.V., Juliy V.N., Bernaz N.M., Bozhuk S.O. Analysis of existing methods and algorithms of attack detection in wireless data networks.....	124
Mulyar I.V., Loza V.M., Voinarovych S.B. Analysis approaches to the structural build of web-applications.....	132
Ognjevyj O.V., Samsoniuk B.S., Ryaba L.A. Analysis methods for traffic in the queues of the routers multiservice network.....	139
Selyukov O.V., Khmelnsky, Yu.V., Obertyuk I.V., Solodyeyeva L.V. The application of intelligent technologies to improve the quality of work of telecommunication networks under uncertainty.....	146
Sivak V.A. Experimental implementation of a prototype information system for operation management of vehicles for military use.....	154
Strelbitskiy M.A. Justification of the indicator of the information protection system functioning efficiency at the stage of modernization.....	166
Khmelnsky Yu.V., Gunchenko Yu.A., Lenkov O.S., Yakovlev D.P Service architecture for high-speed LTE networks.....	177
Chesanovskyi I.I., Volynets D.O., Levchunets D.O. Angle-manipulation methods wavelet filtering using principal components analysis.....	186

PEDAGOGY

Artemov V.U., Lytvynenko N.I. Organizational-methodical features of training of future officers at higher education institutions with specific conditions of learning.....	192
Borovyk L.V., Basaraba I.O. Methodology of use cooperative learning of methods in the formation of english lexical competence in adults.....	199
Gakhovich S.V., Savchenko T.V. Theoretical and practical aspects of the use of distance learning.....	210
Mateyuk O.P., Suhodolya Ju.O., Prokhorov A.A. Student valeological culture as priority and result of studying at higher school.....	216
Pampuha I.V., Zhogina L.V., Bury S.V. ,Mukogorenko O.S. Personally oriented education students organization as a specific training - educational process.....	224
Plakhotnik O.V. Forming of professionally-economic culture of students of economic specialities in higher educational establishments.....	232
Prokhorov O.A., Plakhotnik O.V. Possibilities of pedagogical management as means of optimization of educational process in institutions of the higher military education.....	240
Chernykh Ju.A., Chernykh O.B. Basics of organization and functioning of the french military education system - analytical review.....	249
Data on authors.....	257
Alphabetical index.....	260



MODELLING THE USEFUL LIFE EXHAUSTION (DEPRECIATION) AND RESTORATION PROCESSES OF THE OF MILITARY EQUIPMENT GROUPAGES

The article deals with the mathematical model of the military equipment (ME) useful life exhaustion and restoration processes. A military equipment groupage is understood as a multitude of various different objects that are used for completing a similar task. Accepted quality measures for the military equipment useful life exhaustion and restoration processes are the quantity of the objects in a given groupage and the total useful life, determined separately for different types of military equipment. Parameters for this model are military equipment maintenance, disposal and procurement plans, as well as established statutory requirements. The concepts of limiting state and useful life of a groupage were introduced.

This model allows to predict the structure and the useful life of the groupage in the forthcoming period of time, evaluate the efficiency of the enacted useful life restoration plans and improve them.

Keywords: military equipment groupage, useful life of a military equipment groupage, maintenance, disposal and procurement plans for the separate items in the equipment groupage.

Introduction and Problem Statement. Sufficient attention was given to the issues of exhaustion and restoration of the useful life of a single military equipment item, e. g. in numerous research projects [1–5], including the works of the author [6–9]. At the same time, it is worth noting that military equipment is usually used to carry out missions, within formations, units and detachments. Therefore, it is important to analyze the useful life of military equipment not by each separate item, but rather of a military equipment groupage as a whole. This type of analysis requires introduction of specific measures that take into account the peculiarities of military equipment useful life exhaustion and restoration processes, with separate ME items being a part of a groupage.

This article elaborates on a mathematical model of the military equipment useful life exhaustion and restoration processes, that allows to predict quantitative and qualitative characteristics of the ME groupage in the forthcoming period of its exploitation, based on enacted statutory maintenance, disposal and procurement requirements for the ME groupage.

The notion of the useful life of a military equipment groupage. *Military equipment groupage* stands for a multitude of similar or different objects, that are connected by a common objective and similar tasks that the groupage is assigned to perform. The objects of the groupage can be located in one settlement, or more often scattered across a certain area, which is considered their zone of responsibility. Examples of military equipment groupages are motor vehicle units or armored formations, fulfilling either combat or combat support missions. In the framework of this model informational and functional connections between the objects, as well as the type of tasks they perform do not matter. Only two characteristics of the groupage are taken into consideration – its structure and *useful life*. If the structure of the groupage meets the corresponding requirements, and the level of reliability of each single object does not fall below a pre-defined value, the groupage is fit for its intended purpose. At the same time, it is understood, that if the useful life of a single object is exhausted, the measures of its reliability do not meet the requirements and such object should be replaced by a new one (with equal functions) or reconditioned to restore its useful life.

In large systems of ME groupages there is usually a certain organizational structure in place, meaning that they include ME groupages of lower organizational levels. It is envisaged that in the future there will be a strong distinction between groupages of different levels.

Let's introduce the following particulars:

$N(t) = \{N_i(t); i=1, N_{TYPE}\}$ – the vector, that determines the structure of the military equipment groupage at a given time t , where $N_i(t)$ – the number of i type ME items (N_{TYPE} – the number of various ME types);

$\mathbf{R}_{\Sigma}(t) = \{R_{\Sigma i}(t); i = \overline{1, N_{TYPE}}\}$ – the vector, that determines the useful life of military equipment groupage, where $R_{\Sigma i}(t)$ – total useful life of i type ME.

The function $N_i(t)$ can be expressed with the following formula:

$$N_i(t) = \sum_{j \in J_i} n_j(t), \quad (1)$$

where $n_j(t)$ – the singular function, that assumes the value of 1 or 0 (1 – if at the time t the object is a part of the grouping, 0 – if it is not); J_i – the multitude of numbers (indexes) of the i type ME items.

The points in time when the structure of the groupage changes are determined by the useful life exhaustion and restoration processes of separate ME items.

The function of the total useful life of i type ME $R_{\Sigma i}(t)$ is defined as the following sum:

$$R_{\Sigma i}(t) = \sum_{j \in J_i} R_j(t), \quad (2)$$

where $R_j(t)$ – the useful life of j type ME at the time t .

The function $R_j(t)$ describes for the exhaustion and restoration processes of a useful life of a single j type ME item.

Figure 1 is an approximate graph of the function $R_{\Sigma i}(t)$. Positive jumps (discontinuities) of a function correspond the moments in time when the ME groupage receives new procured or old restored equipment.

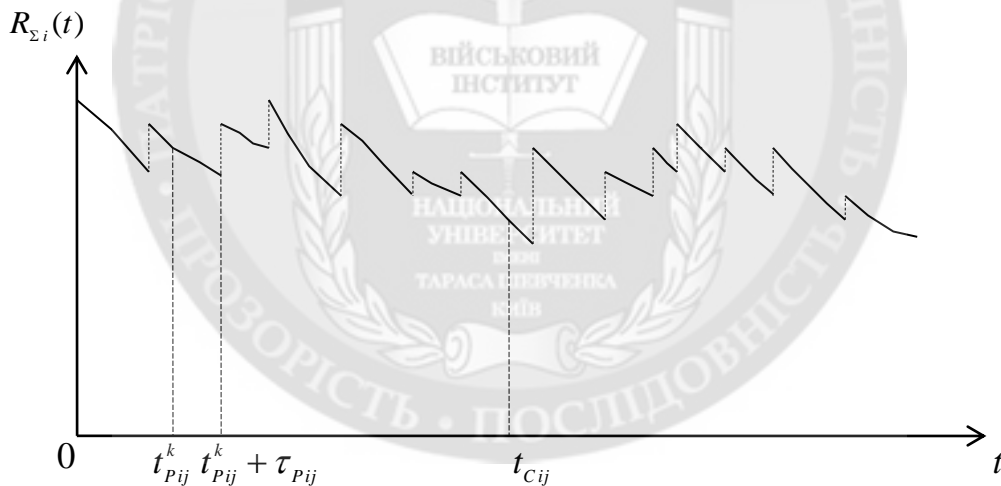


Fig. 1. Typical graph of the function $R_{\Sigma i}(t)$

The rate of the function's decrease in intervals between the discontinuities is defined by the sum intensity of the useful life exhaustion of all the ME, included in the groupage at a given time.

Structural and useful life requirements for a ME groupage are defined by the following formula:

$$N_i(t) \leq N_i^{TP}; \quad (3a)$$

$$R_{\Sigma i}(t) \leq R_{\Sigma i}^{TP}, \quad (3b)$$

where N_i^{TP} and $R_{\Sigma i}^{TP}$ – the numbers of i type ME items and their total useful life, required for the groupage to be efficient.

Required structure of the groupage (3a) has an obvious physical purpose – if the number of ME items in the groupage drops below the acceptable level, the efficiency of the groupage will not meet

the requirements. Therefore there are no issues with the value of N_i^{TP} , since it is the prerogative of an older “system” that formed the groupage.

Required total useful life of the ME (3b) can be viewed as something similar to a “safe load factor” of the groupage that determines how long the groupage can exist with the required efficiency.

As a result *useful life of a ME groupage* can be defined as calendrical duration of the service life of the groupage before it reaches the limiting state, provided that all statutory maintenance measures have been taken. Let’s denote the useful life of a groupage by T_{GR} .

The *useful life of the i type ME groupage* T_{GRi} is defined by the following formula:

$$N_i(T_{GRi}) = N_i^{TP}. \quad (4)$$

Therefore the useful life of the groupage T_{GR} can be defined by the formula:

$$T_{GR} = \min_i T_{GRi}. \quad (5)$$

The next chapter deals with the military equipment useful life exhaustion and restoration processes and explains the functions $N_i(t)$ and $R_{\Sigma i}(t)$.

Useful life exhaustion and restoration model of a single ME item. Useful life function of a separate j ME item $R_j(t)$ at the time $t = 0$ and with the object being new (meaning it has not been maintained to restore the useful life) is determined by the following formula:

$$R_j(t) = \begin{cases} R_j^{(0)} - \tau_j(t), & \text{if } (\tau_j(t) < R_j^{(0)}) \wedge (t < T_j^{(0)}); \\ 0, & \text{if } (\tau_j(t) \geq R_j^{(0)}) \vee (t \geq T_j^{(0)}), \end{cases} \quad (6)$$

where $R_j^{(0)}$ and $T_j^{(0)}$ – the initial useful life and the initial service life of the j ME item;

$\tau_j(t)$ – total operating time of the j ME object at the time t .

Operating time $\tau_j(t)$ is the random time function:

$$\tau_j(t) = \int_0^t \eta_j(x) dx, \quad (7)$$

where $\eta_j(x)$ – the intensity of the useful life exhaustion of the j ME item.

In reality there is usually a useful life exhaustion limit in place (e.g. for a year), and during the exploitation the useful life exhaustion process it tweaked in accordance with the limit. That’s why for the sake of forecast analysis it is possible to assume that the function $\eta_j(t)$ has a constant value of mathematical expectation $\bar{\eta}_j$, which is defined by the following formula:

$$\bar{\eta}_j = \frac{L_{Rj}}{T}, \quad (8)$$

where L_{Rj} – the limit of the useful life exhaustion of the j ME item;

T – the exploitation period with the limit of L_{Rj} .

Therefore, the total operating time in the forecast time period $[0, t]$ is defined as:

$$\tau_j(t) = \bar{\eta}_j \cdot t. \quad (9)$$

Replacing the former expression (6) with the one mentioned above the new formula is:

$$R_j(t) = \begin{cases} R_j^{(0)} - \bar{\eta}_j \cdot t, & \text{if } t \in [0, t_{LSj}]; \\ 0, & \text{if } t > t_{LSj}, \end{cases} \quad (10)$$

where t_{LSj} – the time when j ME item reaches its limiting state. It is defined by the following formula:

$$t_{LSj} = \min \left(\frac{R_j^{(0)}}{\bar{\eta}_j}, T_j^{(0)} \right). \quad (11)$$

The formula (10) is valid for the case when the ME item has not been maintained and is exploited until it reaches the limiting state. However, in case the ME item will be maintained for N_p times during its service life and there are pre-determined maintenance dates and amounts of the useful life restored with each round of maintenance in place, function $R_j(t)$ will no longer be expressed as the one shown above (10), but instead will be defined as:

$$R_j(t) = \begin{cases} R_j^{(0)} - \bar{\eta}_j t, & \text{if } t \in [0, t_{Pj}^{(1)}]; \\ R_j^{(k)} - \bar{\eta}_j (t - t_{Pj}^{(k)}), & \text{if } t \in [t_{Pj}^{(k)} + \tau_{Pj}, t_{Pj}^{(k+1)}]; k = \overline{1, N_p - 1}; \\ R_j^{(N_p)} - \bar{\eta}_j (t - t_{Pj}^{(N_p)}), & \text{if } t \in [t_{Pj}^{(N_p)} + \tau_{Pj}, t_{Cj}]; \\ 0, & \text{if } t > t_{Cj} \vee t \in [t_{Pj}^{(k)}, t_{Pj}^{(k)} + \tau_{Pj}]; k = \overline{1, N_p}, \end{cases} \quad (12)$$

where $R_j^{(k)}$ – the useful life of;

$t_{Pj}^{(k)}$ – point in time when is maintained for the k time:

$$t_{Pj}^{(k)} = t_{Pj}^{(k-1)} + \tau_{Pj} + \min \left(\frac{R_j^{(k-1)}}{\bar{\eta}_j}, T_j^{(k-1)} \right); \quad (13)$$

t_{Cj} – disposition time of the j ME item:

$$t_{Cj} = t_{Pj}^{(N_p)} + \tau_{Pj} + \min \left(\frac{R_j^{(N_p)}}{\bar{\eta}_j}, T_j^{(N_p)} \right); \quad (14)$$

τ_{Pj} – maintenance duration of the j ME item;

$T_j^{(k)}$ – the amount of service life of the j ME item, restored after maintaining it for the k time.

Figure 2 shows graphs that explain the formula (11). To simplify the graphs, in the chosen case the statutory values of the useful life between maintenances $R_j^{(k)}$ and the service life $T_j^{(k)}$ are harmonized, providing $\bar{\eta}_j = R_j^{(k)} / T_j^{(k)}$.



Fig. 2. Useful life function of a j ME item, with $t = 0$, since the object is new

In a more general case, when at a time $t = 0$ the ME has been maintained n_{Pj} times ($n_{Pj} < N_p$), the useful life function $R_j(t)$ can be defined by the following formula:

$$R_j(t) = \begin{cases} R_j(0) - \bar{\eta}_j t, & \text{if } t \in [0, t_{Pj}^{(n_{Pj}+1)}]; \\ R_j^{(n_{Pj}+k)} - \bar{\eta}_j (t - t_{Pj}^{(n_{Pj}+k)}), & \text{if } t \in [t_{Pj}^{(n_{Pj}+k)} + \tau_{Pj}, t_{Pj}^{(n_{Pj}+k+1)}]; k = \overline{1, N_p - 1}; \\ R_j^{(N_p)} - \bar{\eta}_j (t - t_{Pj}^{(N_p)}), & \text{if } t \in [t_{Pj}^{(N_p)} + \tau_{Pj}, t_{Cj}]; \\ 0, & \text{if } t > t_{Cj} \vee t \in [t_{Pj}^{(n_{Pj}+k)}, t_{Pj}^{(n_{Pj}+k)} + \tau_{Pj}]; k = \overline{1, N_p}, \end{cases} \quad (15)$$

where $R_j(0)$ and $T_j(0)$ – the residual useful life and residual operation life of the j ME item at a point in time $t = 0$;

$t_{Pj}^{(n_{Pj}+1)}$ – the time of the $(n_{Pj} + k)$ maintenance that is defined by the formula:

$$t_{Pj}^{(n_{Pj}+1)} = \min \left(\frac{R_j(0)}{\bar{\eta}_j}, T_j(0) \right). \quad (16)$$

Quantities $t_{Pj}^{(n_{Pj}+k)}$ when $k = \overline{2, N_P}$ and t_{Cj} are defined by formulas (13) and (14) respectively.

Figure 3 shows the graphs that demonstrate the formula (15).

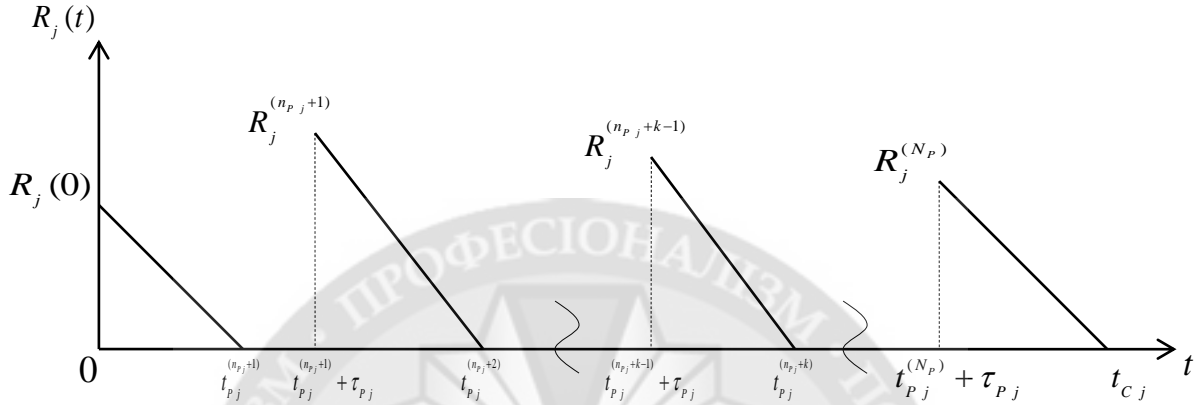


Fig. 3. Useful life function of the j ME under the condition that before the point in time $t = 0$ the object has been maintained n_{Pj} times

This mathematical model of useful life exhaustion and restoration of a single ME item is at the basis of the useful life exhaustion and restoration model for a ME groupage that is stated below.

Useful life exhaustion and restoration model for a ME groupage. It was previously determined, that the ME groupage characteristics significant to this research are its structure $N_i(t)$ and useful life $R_{\Sigma i}(t)$. To keep these characteristics on the required level for a certain period of time $[0, T_3]$ the timely maintenance and disposition of single ME items that are in the groupage are needed. There should be a mathematical model in place to efficiently plan these measures. The one that would establish a correlation between the values $N_i(t)$ and $R_{\Sigma i}(t)$ and the parameters of the corresponding plans.

Let's introduce the following plan symbols: Π_{Pi} and Π_{Ci} – for the maintenance and disposition plans, each of these plans is viewed as a union of the corresponding plans for separate ME objects of a certain type.

Maintenance plan is defined as a union $\Pi_{Pi} = \bigcup_{j \in J_{0i}} \Pi_{Pij}$, where Π_{Pij} – the maintenance plan for the j object that is represented by the following union:

$$\Pi_{Pij} = \{ \langle t_{Pij}^{(k)}, R_{Pij}^{(k)}, T_{Pij}^{(k)}, \tau_{Pij}^{(k)} \rangle; k = \overline{1, N_{Pj}} \}, \quad (17)$$

where $t_{Pij}^{(k)}$ – the point in time, when the ij object is maintained for the k time according to plan; $R_{Pij}^{(k)}$ and $T_{Pij}^{(k)}$ – amounts of the useful life and the operating life, restored after the k maintenance;

$\tau_{Pij}^{(k)}$ – duration of the k maintenance;

N_{Pij} – total number of maintenances statutory for the ij object.

Disposition plan is defined as the unity $\Pi_{Ci} = \bigcup_{j \in J_{0i}} \Pi_{Cij}$, where $\Pi_{Cij} = \{t_{Cij}\}$ – the disposition plan of the ij object is defined by a single value t_{Cij} – the disposition time.

Considering the newly introduced symbols for the functions $N_i(t)$ and $R_{\Sigma_i}(t)$, there is a new formula:

$$\begin{aligned} N_i(t / \Pi_{Pi}, \Pi_{Ci}) &= \sum_{j \in J_{0i}} n_{ij}(t / \Pi_{Pij}, \Pi_{Cij}); \\ R_{\Sigma_i}(t / S_i(0), \bar{\eta}_i, \Pi_{Pi}, \Pi_{Ci}) &= \sum_{j \in J_{0i}} R_{ij}(t / S_{ij}(0), \bar{\eta}_{ij}, \Pi_{Pij}, \Pi_{Cij}), \end{aligned} \quad (18)$$

where $S_i(0) = \{S_{ij}(0); j \in J_{0i}\}$ – vector that describes the state of the i type ME at the beginning of considered exploitation period $[0, T_{\ominus}]$;

$\bar{\eta}_i = \{\bar{\eta}_{ij}; j \in J_{0i}\}$ – vector, that represents the intensity of the i type ME useful life exhaustion;

J_{0i} – multitude of numbers of all of the i type ME items, that are a part of the groupage at the given time $t = 0$.

The correspondences (16) mutually define the useful life exhaustion and restoration model for a ME groupage (for the i type ME items) in a period of time $[0, T_{\ominus}]$.

The functions (18) – are the forecast evaluations of the values that define the state of the groupage of the forthcoming period of time. They depend on the parameters $S_i(0)$, $\bar{\eta}_i$, Π_{Pi} and Π_{Ci} . Parameter $S_i(0)$ describes the initial (technical) state of the ME items, thus defining the initial circumstances for the useful life exhaustion and restoration processes of a ME groupage. Parameter $\bar{\eta}_i$ defines expected (forecasted) external influences on the process, and is considered to be pre-defined. Parameters Π_{Pi} and Π_{Ci} are the manageable parameters, since their value at the end is defined by the user.

Parameters Π_{Pi} and Π_{Ci} should be considered *regulatory* (and written as Π_{Pi}^R and Π_{Ci}^R), if the dates and types of ME maintenances are set in accordance with the enacted regulations ($\Pi_{Pi}^R = \{\Pi_{Pij}^R; j \in J_i\}$ and $\Pi_{Ci}^R = \{\Pi_{Cij}^R; j \in J_i\}$).

Regulatory plans Π_{Pi}^R and Π_{Ci}^R , that by definition are optimal for each ME item separately, can rarely be optimal for a groupage as a whole, and the main aim of this model is to find optimal plans for groupages Π_{Pi} and Π_{Ci} .

Up until this point the research was focused on the useful life exhaustion and restoration processes of a ME groupage, assuming that there was no new equipment procured for the groupage. In reality, the required structure of the ME groupage is maintained by periodically (in accordance with the plan) replacing the disposed items with the new ones. Supplying the groupage with new items to replace the disposed ones is an obvious way of prolonging the useful life of a groupage.

Let's introduce the formula $\Pi_{Hi} = \{t_{Hij}; j \in J_{Hi}\}$ – unity that defines the supply plans for the i type ME groupage, where:

t_{Hij} – time when the j new equipment items of the i type are supplied to the groupage;

J_{Hi} – multitude of the numbers of new objects, that according to plan are supposed to be supplied for the groupage in its exploitation period.

Therefore the values of $N_i(t)$ and $R_{\Sigma_i}(t)$ can be defined as:

$$N_i(t / \Pi_{Pi}, \Pi_{Ci}, \Pi_{Hi}) = \sum_{j \in J_{0i} \cup J_{Hi}} n_{ij}(t / \Pi_{Pij}, \Pi_{Cij}) + \sum_{j \in J_{Hi}} n_{ij}(t / \Pi_{Hij});$$

$$R_{\Sigma i}(t / S_i(0), \bar{\eta}_i, \Pi_{P_i}, \Pi_{C_i}, \Pi_{H_i}) = \sum_{j \in J_{0i} \cup J_{Hi}} R_{ij}(t / S_{ij}(0), \bar{\eta}_{ij}, \Pi_{P_{ij}}, \Pi_{C_{ij}}) + \sum_{j \in J_{Hi}} R_{ij}(t / S_{ij}(t_{H_{ij}}), \bar{\eta}_{ij}, \Pi_{H_{ij}}), \quad (19)$$

where $\Pi_{H_i} = \bigcup_{j \in J_{Hi}} \Pi_{H_{ij}} = \bigcup_{j \in J_{Hi}} \{t_{H_{ij}}\}$;

$S_i(0) = \{S_{ij}(0); j \in J_{0i}\} \cup \{S_{ij}(t_{H_{ij}}); j \in J_{Hi}\}$;

$\bar{\eta}_i = \{\bar{\eta}_{ij}; j \in J_{0i}\} \cup \{\bar{\eta}_{ij}; j \in J_{Hi}\}$.

The formulas (19) are a more detailed version of the previously stated formulas (16) and represent the mathematical model of useful life exhaustion and restoration processes for a ME groupage, with the regard to new items being supplied.

The manageable parameters of the model are the plans Π_{P_i} , Π_{C_i} and Π_{H_i} . Parameter $\bar{\eta}_i$ is partially manageable, since the intensity of the useful life exhaustion can be redistributed among single ME items. The non-manageable parameters are the statutory requirements for the maintenance terms, the amount of useful life restored during maintenance, and the initial useful life of new ME items.

Conclusions. The mathematical model for describing the useful life exhaustion and restoration processes of ME groupages has been designed. The model outputs are the structural, quantitative and useful life characteristics of a groupage, forecasted for a given exploitation period. The structure of a groupage is determined by sorting the ME items by types and the useful life of a groupage is defined as the longest time during which the groupage can maintain required efficiency.

Model parameters are the useful life restoration parameters for the ME groupage (maintenance, disposition and procurement plans). This model allows to determine the optimal useful life restoration plans for the ME groupage.

The structure of the model suggests that it is a deterministic simulation model.

LITERATURE:

1. Lenkov S.V., Lenkov Ye.S. Formalized procedures for optimizing the maintenance parameters based on the useful life of complex items of long exploitation // "Contemporary special equipment" magazine, Kyiv, 2016. – 4(47). – P.3 – 8.

2. Lenkov S.V., Banzak G.V., Tsytseriev V.N., Protsenko Ya.N. Algorithms for predicting reliability and exploitation cost of the EW items// Ivan Kozhedub Kharkiv University of Air Force magazine "Information processing systems". – Kharkiv, – 2016. – №9(146). – P.28 – 30.

3. Lenkov S.V., Pashkov S.A., Osypa V.A., Tsytseriev V.N. On the influence of rational structure of the renewable object on its reliability // Collected volume of scientific papers of Ivan Kozhedub Kharkiv University of Air Force. – Kharkiv, – 2014. – Issue 2(39). – P.127 – 131.

4 Lenkov S.V., Tsytseriev V.N., Hunchenko Yu.A., Boriak K.F., Koltsov R. Yu. Evaluating the reliability of complex technical objects with the regard to their hierarchic structure// Collected volume of Odessa State Academy of Technical Regulation and Quality. – Odessa, 2012. – №1. – P.65 – 70.

5. Forecasting to reliability complex object radio-electronic technology and optimization parameter their technical usage with use the simulation statistical models: [monography] in English / Sergey Lenkov, Konstantin Borjak, Gennady Banzak, Vadim Braun, etc.; under edition S. V. Lenkov. – Odessa: Publishing house "BMB", 2014. – 252 p.

6. Tolok I.V. Defining the vehicle maintenance system at the establishments of the Ukrainian Ministry of Defense and the criteria for its efficiency// Control, navigation and communication system. – K.: Central Research Institute of Navigation and Control, 2008. – Issue 4(18). – P. 95 – 97.

7. Tolok I.V. Building a database of vehicle maintainance // Collected volume of scientific papers of Ivan Kozhedub Kharkiv University of Air Force. – Kharkiv, 2008. – Issue 3(18). – P.146 – 148.

8. Tolok I.V. Improving the process of maintenance of complex renewable vehicles and armored equipment with the statistic simulation model // "Contemporary specialized equipment" magazine, Kyiv, 2016. – 4(47). – P.90 – 95.

9. Tolok I.V. Certain aspects of determining and restoring the useful life of complex renewable technical equipment // "Contemporary specialized equipment" magazine. – Kyiv, 2017. – 1. – P.41-44.

REFERENCES:

1. Ljenkov S.V., Ljenkov Je.S. (2016). Formalizovana metodyka optymizacii' parametriv strategii' tehničnogo obslugovuvannja za resursom skladnyh vyrobiv tryvaloї ekspluatacii'. *Zhurnal «Suchasna special'na tehnika»*. Kyi'v. 4(47). 3 – 8.

2. Ljenkov S.V., Banzak G.V., Cycarjev V.N., Procenko Ja.N. (2016) Algorytm prognozuvannja dlja pokaznykiv nadijnosti i vartosti ekspluatacii' ob'ektiv radioelektronnyh zasobiv ozbrojennja. *Zhurnal Harkivs'kogo universytetu Povitrijanyh Syl im..I.Kozheduba «Systemy obrobky informacii'»*. Harkiv. №9(146). 28 – 30.

3. Lenkov S.V., Pashkov S.A., Osypa V.A., Cycarev V.N. (2014). O vlijanii konstruktivnoj struktury vosstanavlivaemogo ob#ekta na ego pokazateli nadezhnosti. *Zbirnik naukovih prac' Harkivs'kogo universitetu Povitrijanih Sil*. Harkiv. 2(39). 127 – 131 (In Russian).

4. Lenkov S.V., Cycarev V.N., Gunchenko Ju.A., Borjak K.F., Kol'cov R.Ju. (2012). Ocenki nadezhnosti slozhnyh tehničeskij ob#ektov s uchetom ih ierarhičeskoj konstruktivnoj struktury. *Zbirnyk Odes'koi' derzhavnoi' akademii' tehničnogo reguljuvannja ta jakosti*. Odesa. №1. 65 – 70(In Russian).

5. Sergey Lenkov, Konstantin Borjak, Gennady Banzak, Vadim Braun, etc.; under edition S. V. Lenkov. Forecasting to reliability complex object radio-electronic technology and optimization parameter their technical usage with use the simulation statistical models: [monography]. Kyiv. Odessa: *Publishing house «BMB»*. 252 (in English).

6. Tolok I.V. Opredelenie sistemy tehničeskogo obsluzhivanija i remonta avtomobil'noj tehniki na predprijatijah Ministerstva oborony Ukrainy i ee kriterii jeffektivnosti. (2008). *Systema upravlinnja, navigacii' ta zv'jazku*. Kyiv. *Central'nyj naukovo-doslidnyj instytut navigacii' i upravlinnja*. 4(18). 95 – 97 (In Russian).

7. Tolok I.V. Postroenie informacionnoj bazy sistemy tehničeskogo obsluzhivanija i remonta avtomobil'noj tehniki (2008) *Zbirnyk naukovykh prac' Harkivs'kogo universytetu Povitrijanyh Syl im..I.Kozheduba*. Harkiv. 3(18). 146 – 148 (In Russian).

8. Tolok I.V. (2016). Udoskonalennja procesu tehničnogo obslugovuvannja skladnyh vidnovljувanyh ob'ektiv avto – ta bronetehniky za dopomogoj u imitacijnoi' statystyčnoi' modeli. *Zhurnal «Suchasna special'na tehnika»*. Kyi'v. 4(47). 90 – 95.

9. Tolok I.V. (2017). Dejaki aspekty vyznachennja ta popovnennja resursu skladnyh tehničnyh ob'ektiv, shho vidnovljujut'sja. *Zhurnal «Suchasna special'na tehnika»*. Kyi'v. – 1. – 41-44.

Рецензент: д.т.н., проф. Ленков С.В., начальник науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка

к.пед.н. Толлок І.В.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ВИТРАТ І ВІДНОВЛЕННЯ РЕСУРСУ УГРУПОВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

У статті розглядається математична модель процесів витрачання та поповнення ресурсу угруповання об'єктів військової техніки (ОВТ). Угруповання ОВТ розуміється як безліч різнотипних об'єктів, призначених для вирішення спільних для угруповання завдань і цілей. Показниками якості процесів витрачання та поповнення ресурсу прийняті кількісний склад угруповання і сумарний ресурс, що визначаються окремо за типами ОВТ. Параметрами моделі є плани ремонту, списання та поставок ОВТ, а також встановлені нормативні вимоги по їх здійсненню. Введено поняття граничного стану і ресурсу угруповання.

Застосування моделі дозволяє прогнозувати склад і ресурс угруповання на майбутній період часу, оцінювати якість діючих планів поповнення ресурсу і здійснювати їх оптимізацію.

Ключові слова: угруповання об'єктів військової техніки, ресурс угруповання об'єктів військової техніки, план ремонту, списання та поставки об'єктів в угруповання.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСХОДОВ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ РЕСУРСОВ ГРУППИРОВКИ ОБЪЕКТОВ ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

В статье рассматривается математическая модель процессов расходования и восполнения ресурса группировки объектов военной техники (ОВТ). Группировка ОВТ понимается как множество разнотипных объектов, предназначенных для решения общих для группировки задач и целей. Показателями качества процессов расходования и восполнения ресурса приняты количественный состав группировки и суммарный ресурс, определяемые отдельно по типам ОВТ. Параметрами модели являются планы ремонта, списания и поставок ОВТ, а также установленные нормативные требования по их осуществлению. Введены понятия предельного состояния и ресурса группировки.

Применение модели позволяет прогнозировать состав и ресурс группировки на предстоящий период времени, оценивать качество действующих планов восполнения ресурса и осуществлять их оптимизацию.

Ключевые слова: группировка объектов военной техники, ресурс группировки объектов военной техники, план ремонта, списания и поставок объектов в группировку.

