УДК 623.611

Олександр Юрійович Пермяков *(д-р техн. наук, професор)*
Юрій Борисович Прібилєв *(канд. техн. наук, доцент)*
Павло Вікторович Опенько *(канд. техн. наук)*
Ірина Вікторівна Новікова

Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗАМКНУТОЇ СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

У статті розроблена модель системи діагностування та ремонту зенітних ракетних комплексів, як замкнута система масового обслуговування. У якості технічної основи моделі розглянута сучасна розробка центру озброєння і військової техніки державного підприємства "Укроборонсервіс" – універсальний мобільний ремонтно-діагностичний модуль, що призначений для проведення діагностування та відновлення електронних модулів радіотехнічних систем зенітних ракетних комплексів. Наведені аналітичні вирази для розрахунку основних параметрів моделі системи ремонту та обслуговування зенітних ракетних комплексів як замкнутої системи масового обслуговування, для якої інтенсивність вхідного потоку заявок залежить від стану системи, при чому джерело вимог є внутрішнім і генерує обмежений потік заявок. Розраховані приклади організації системи відновлення та ремонту зенітних ракетних комплексів із застосуванням розробленої моделі, зроблені висновки.

Ключові слова: *зенітні ракетні комплекси; замкнута система масового обслуговування; мобільні ремонтно-діагностичні модулі.*

Вступ

Важливим напрямком зміцнення обороноздатності України в сучасних умовах проведення антитерористичної операції на південному сході України є підтримання озброєння і військової техніки (ОВТ) у постійній готовності до застосування за призначенням.

Постановка проблеми. Найбільш складними за побудовою та організацією ремонту та сервісного обслуговування у складі ОВТ є зенітні ракетні комплекси (ЗРК). Більшість складових частин ЗРК являють собою функціонально складні автономні радіоелектронні системи. Інші складові частини ЗРК (наприклад, пускові установки) не будучи радіоелектронними системами, містять у своєму складі істотний обсяг радіоелектронної апаратури, який визначає задані тактико-технічні та експлуатаційні характеристики цих систем ОВТ.

Зростання кількості пошкоджених ОВТ під час бойових дій, технічні відмови складної радіоелектронної апаратури, ресурс експлуатації якої майже закінчився, при обмеженні часу на поповнення втрат за рахунок відновлення пошкоджених ОВТ вимагає удосконалення існуючої ремонту та відновлення ОВТ, підвищення оперативності та продуктивності ремонтно-відновлювальних органів, здатних у найкоротші терміни привести ОВТ в працездатний стан. Тому на сьогодні в Україні вагоме значення має виконання робіт щодо відновлення та ремонту ОВТ, зокрема складових елементів ЗРК. Такі ОВТ налічують чимало вузлів і блоків, що складаються з набору електронних модулів (ЕМ), які забезпечують виконання функцій управління ЗРК.

При цьому варто відзначити, що час на відновлення ОВТ обмежений через те, що підвищується динамічність і швидкоплинність сучасних бойових дій. У зв'язку з цим, актуальним є проведення моделювання діяльності ремонтно-відновлювальних органів для оптимізації структури системи ремонту ОВТ, підвищення її оперативності та продуктивності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Вивченням процесів відновлення та ремонту ОВТ займалось багато авторів [1-4]. Перспективним напрямком моделювання систем експлуатації і ремонту ОВТ є моделювання з використанням теорії систем масового обслуговування (СМО) [5]. Теорія масового обслуговування зобов'язана своїм виникненням практичним завданням, в яких розглядається виконання послідовності однорідних операцій, випадкових по тривалості і часу початку. Перша робота з теорії масового обслуговування написана після дослідження телефонних систем, що характеризується випадковим потоком викликів абонентів, що вимагають випадкового часу заняття телефонної лінії [6].

Потік заявок звичайно приймається пуассонівським, тобто однорідним стаціонарним потоком без післядії. Але досі для моделювання систем обслуговування і ремонту ОВТ були розглянуті тільки такі СМО, для яких інтенсивність вхідного потоку заявок не залежить від стану системи. У цьому випадку джерело заявок є зовнішнім по відношенню до СМО і генерує необмежений потік вимог, що не завжди відповідає реальним системам обслуговування і ремонту ОВТ.

© О.Ю. Пермяков, Ю.Б. Прібилєв, П.В. Опенько, І.В. Новикова

Мета статті полягає в розробці математичної моделі системи діагностування та ремонту ЗРК, як замкнутої СМО.

Виклад основного матеріалу дослідження

У державному підприємстві "Укроборонсервіс" розроблений універсальний мобільний ремонтно-діагностичний модуль (РДМ), який призначений для проведення діагностування та відновлення ЕМ складових частин ЗРК як на місцях їх постійної дислокації, так і у польових умовах [7]. РДМ пройшов державні випробування і прийнятий на постачання Збройних Сил (ЗС) України.

У якості моделі діагностування та відновлення ЗРК розглянемо СМО, для якої інтенсивність вхідного потоку заявок залежить від стану системи, при чому джерело вимог є внутрішнім і генерує обмежений потік заявок. Така СМО має назву замкнутої та більше відповідає реальної системі ремонту та відновлення ЗРК, в якій є фіксоване число джерел заявок. Потік заявок кожного джерела має однакову інтенсивність.

Наприклад, ЗРК складається з N машин, що обслуговуються, та РДМ у кількості R, причому (N>R). Кожна машина ЗРК може обслуговуватися тільки однієї РДМ. Тут машини ЗРК є джерелами вимог (заявок на обслуговування), а РДМ – обслуговуючими каналами. ЗРК після обслуговування (діагностування та ремонту) використовується за своїм прямим призначенням і у разі виходу його з ладу є потенційним джерелом виникнення вимог на обслуговування. Тому інтенсивність λ залежить від того, скільки машин ЗРК в даний момент знаходиться на бойовому чергуванні (N-k) і скільки машин ЗРК обслуговується або стоїть в черзі, чекаючи обслуговування (k). Якщо виникає заявка на обслуговування, це знижує інтенсивність вхідного потоку вимог на інтенсивність потоку вимог від одного джерела.

У розглянутій моделі ємність джерела вимог слід вважати обмеженою. Вхідний потік вимог виходить з обмеженого числа комплексів (N-k), які у випадкові моменти часу виходять з ладу і вимагають обслуговування. При цьому кожна машина ЗРК з (N-k), яка знаходиться в експлуатації, генерує пуассонівський потік вимог з інтенсивністю λ незалежно від інших об'єктів, та загальний (сумарний) вхідний потік має інтенсивність $(N-k)\lambda$. Інтенсивність найпростішого потоку обслуговування кожного каналу μ.

Вимога, що надійшла у систему в момент, коли вільний хоча б один РДМ, негайно йде на обслуговування. Якщо вимога застає всі канали (РДМ) зайнятими обслуговуванням інших вимог, то не залишає систему, а стає в чергу і чекає, поки один з каналів не стане вільним. Дисципліна черги найпростіша: хто раніше прийшов, той раніше й обслуговується, але може бути і іншою. Таким чином, в замкнутій СМО вхідний потік вимог формується з вихідного.

Стан S_k системи характеризується загальним числом вимог, що знаходяться на обслуговуванні і в черзі, рівним k. Для розглянутої замкнутої СМО k=0,1,2,...,N. При цьому, якщо система перебуває в стані S_k, то число об'єктів, що знаходяться на бойовому чергуванні, дорівнює (N-k).

Якщо λ – інтенсивність потоку вимог в розрахунку на одну машину ЗРК, то:

$$\lambda_k = \begin{cases} (N-k)\lambda, & 0 \le k \le N, \\ 0, & k > N. \end{cases}$$

$$\mu_k = \begin{cases} k\mu, & 0 \le k \le R, \\ R\mu, & R \le k \le N, \\ 0, & k > N. \end{cases}$$

Визначимо, що наведена інтенсивність обслуговування потоку дорівнює: $\psi = \frac{\lambda}{\mu}$.

Зробимо припущення про роботу замкнутої СМО в стаціонарному режимі. У цьому випадку система алгебраїчних рівнянь виглядає наступним чином [6]:

$$\begin{cases} -\psi N P_0 + P_0 = 0 \\ (N-k+1)\psi P_{k-1} - [(N-k)\psi + k]P_k + (k+1)P_{k+1} = 0, 0 < k < R \\ (N-k+1)\psi P_{k-1} - [(N-k)\psi + R]P_k + RP_{k+1} = 0, R < k < N \\ \psi P_{N-1} - RP_N = 0 \end{cases}$$

Вирішуючи дану систему, знаходимо ймовірність k-го стану:

$$P_k = \begin{cases} \dfrac{N!\psi^k P_0}{k!(N-k)!}, & 1 \le k \le R, \\ \dfrac{N!\psi^k P_0}{R!R^{k-R}(N-k)!}, & R \le k \le N. \end{cases} \quad (1)$$

Величина P_0 визначається з умови $\sum_{k=0}^{N} P_k = 1$.

Визначимо наступні ймовірнісні характеристики СМО.

Середнє число вимог в черзі на обслуговування:

$$L_q = \sum_{k=R}^{N} (k-R)P_k. \quad (2)$$

Середнє число вимог, що знаходяться у системі (на обслуговуванні та у черзі на обслуговування):

$$L_S = \sum_{R=1}^{N} kP_k. \quad (3)$$

Середнє число РДМ, що не завантажені через відсутність вимог:

$$\overline{R}_k = \sum_{k=0}^{R-1} (R-k)P_k. \quad (4)$$

Коефіцієнт простою машини ЗРК у черзі:

$$\alpha_1 = 1 - \frac{L_q}{N}. \quad (5)$$

Коефіцієнт використання машини ЗРК:

$$\alpha_2 = 1 - \frac{L_S}{N}. \quad (6)$$

Коефіцієнт простою РДМ:

$$\alpha_3 = \frac{\overline{R}_k}{R}. \quad (7)$$

Середній час очікування обслуговування (час очікування обслуговування в черзі):

$$W_q = \frac{1-\alpha_2}{\lambda\alpha_2} - \frac{1}{\mu}. \quad (8)$$

Наведемо приклад, який показує можливості розрахунку ймовірнісних параметрів розглянутої моделі замкнутої СМО. Для обслуговування шести машин ЗРК закріплені два РДМ однакової потужності. Потік відмов (несправностей) одної машини ЗРК – пуассонівський з інтенсивністю λ =0,1. Час обслуговування машини ЗРК підпорядковується показовому закону. Середній час обслуговування однієї машини ЗРК одним РДМ становить: $\bar{t}$ =10 годин.

Для спрощення розрахунків визначимо два варіанта організації обслуговування машин ЗРК, які найбільш відповідають кількості машин, що є на озброєнні дивізіону ЗРК:

- обидва РДМ обслуговують всі шість машин ЗРК так, що при відмові машини ЗРК його обслуговує один з вільних РДМ, в цьому випадку R=2, N=6;
- кожен з двох РДМ обслуговує по три закріплених за ним машини ЗРК. У цьому випадку R=1, N=3.

Для визначення найкращого варіанту обслуговування машин ЗРК зробимо розрахунки відповідно розробленої моделі.

Обчислимо інтенсивність обслуговування потоку: $\mu = \frac{1}{\bar{t}} = 0{,}1$ та наведену інтенсивність обслуговування потоку: $\psi = \frac{\lambda}{\mu} = 1$.

Обчислимо ймовірнісні характеристики СМО для двох варіантів організації обслуговування машин ЗРК.

Варіант 1.

Визначимо ймовірності станів системи за формулою (1):

$$P_1 = \frac{N!\psi^k}{k!(N-k)!}P_0 = \frac{6!1^1}{1!(6-1)!}P_0 = 6P_0;$$

$$P_2 = \frac{N!\psi^k}{R!R^{k-R}(N-k)!}P_0 = \frac{6!1^2}{2!2^{2-2}(6-2)!}P_0 = 15P_0;$$

$$P_3 = \frac{N!\psi^k}{R!R^{k-R}(N-k)!}P_0 = \frac{6!1^3}{2!2^{3-2}(6-3)!}P_0 = 30P_0;$$

$$P_4 = \frac{N!\psi^k}{R!R^{k-R}(N-k)!}P_0 = \frac{6!1^4}{2!2^{4-2}(6-4)!}P_0 = 45P_0;$$

$$P_5 = \frac{N!\psi^k}{R!R^{k-R}(N-k)!}P_0 = \frac{6!1^5}{2!2^{5-2}(6-5)!}P_0 = 45P_0;$$

$$P_6 = \frac{N!\psi^k}{R!R^{k-R}(N-k)!}P_0 = \frac{6!1^6}{2!2^{6-2}(6-6)!}P_0 = 22{,}5P_0.$$

Враховуючі, що $\sum_{k=0}^{N} P_k = 1$, на підставі розрахунку P_k знайдемо P_0:

$$P_0 + 6P_0 + 15P_0 + 30P_0 + 45P_0 + 45P_0 + 22{,}5P_0 = 1,$$

P_0=0,006.

Тоді: P_1=0,036; P_2=0,09; P_3=0,18; P_4=0,27; P_5=0,27; P_6=0,135.

Розрахуємо середню кількість машин ЗРК у черзі на обслуговування за формулою (2):

L_q=(3-2)0,18+(4-2)0,27+(5-2)0,27+(6-2)0,135=2,34.

Розрахуємо середню кількість машин ЗРК, що знаходяться на обслуговуванні та у черзі за формулою (3):

L_s=0,036+0,18+0,54+1,08+1,35+0,81=3,996.

Визначимо середню кількість РДМ, що не завантажені, за формулою (4):

$\overline{R}_k$ =(2-0)0,006+(2-1)0,036=0,048.

Коефіцієнт простою машин ЗРК у черзі визначимо за формулою (5):

α_1 =1-2,34/6=0,61.

Коефіцієнт використання машин ЗРК – за формулою (6):

α_2 =1-3,996/6=0,334.

Коефіцієнт простою РДМ – за формулою (7):

α_3 =0,048/2=0,024.

Середній час очікування обслуговування (час очікування обслуговування машин ЗРК в черзі) – за формулою (8):

W_k =10(1-0,334)/0,334-10=9,94.

Варіант 2.

Визначимо ймовірності станів системи за формулою (1):

$$P_1 = \frac{N!\psi^k}{k!(N-k)!}P_0 = \frac{3!1^1}{1!(3-1)!}P_0 = 3P_0;$$

$$P_2 = \frac{N!\psi^k}{R!R^{k-R}(N-k)!}P_0 = \frac{3!1^2}{1!1^{2-1}(3-2)!}P_0 = 6P_0.$$

$$P_3 = \frac{N!\psi^k}{R!R^{k-R}(N-k)!}P_0 = \frac{3!1^3}{1!1^{3-1}(3-3)!}P_0 = 6P_0.$$

Враховуючі, що $\sum_{k=0}^{N} P_k = 1$, на підставі розрахунку P_k знайдемо P_0: P_0+3P_0+6P_0+6P_0=1; P_0=0,0625; тоді: P_1=0,1875, P_2=0,375, P_3=0,375.

Розрахуємо середню кількість машин ЗРК у черзі на обслуговування за формулою (2):

L_q=(2-1)0,375+(3-1)0,375=1,125.

Розрахуємо середню кількість машин ЗРК, що знаходяться на обслуговуванні та у черзі за формулою (3):

L_s=0,185+0,75+1,125=2,06.

Визначимо середню кількість РДМ, що не завантажені, за формулою (4):

$\overline{R}_k$ =(1-0)0,1875=0,1875.

Коефіцієнт простою машин ЗРК у черзі визначимо за формулою (5):

α_1 =1-1,125/3=0,625.

Коефіцієнт використання машин ЗРК - за формулою (6):

α_2 =1-2,06/3=0,33.

Коефіцієнт простою РДМ- за формулою (7):

α_3 =0,1875/1=0,1875.

Середній час очікування обслуговування (час очікування обслуговування в черзі) – за формулою (8):

W_k =10(1-0,33)/0,33-10=10,3.

У таблиці можна побачити узагальнені результати розрахунків.

Таким чином, у варіанті 1 кожна машина ЗРК в черзі в очікуванні початку його обслуговування приблизно 0,61 частини робочого часу, що менше цього показника при варіанті 2 організації робіт. Також у варіанті 1 ймовірність того, що ЗРК в

будь-який момент часу працюватиме – вище, ніж у варіанті 2. Можна зробити висновки, що варіант 1 організації робіт з обслуговування ЗРК буде ефективніше, ніж варіант 2.

Таблиця 1

Ймовірнісні характеристики	Варіант 1	Варіант 2
α_1	0,61	0,625
α_2	0,334	0,33
α_3	0,024	0,1875
W_k	9,94	10,3

Висновки й перспективи подальших досліджень

Була розроблена модель системи діагностування та відновлення ЗРК, як замкнута СМО. Наведені аналітичні вирази для розрахунку основних параметрів моделі системи ремонту та обслуговування ЗРК, для якої інтенсивність вхідного потоку заявок залежить від стану системи, при чому джерело вимог є внутрішнім і генерує обмежений потік заявок. Обраховані приклади організації системи відновлення та ремонту ЗРК із застосуванням розробленої моделі. Обґрунтований вибір оптимального варіанту структури системи ремонту та відновлення ЗРК.

Література

1. Півнєв Д. А. Математична модель повірки (калібрування) і ремонту засобів вимірювальної техніки в місцях дислокації військових підрозділів [Текст] / Д. А. Півнєв, С. В. Герасимов, А. О. Подорожняк // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – № 4. – С. 151-154. 2**. Борисенко М. В.** Розробка моделі повірки (калібрування) і ремонту засобів вимірювальної техніки у місцях дислокації військових підрозділів [Текст] / М. В. Борисенко, О. Ф. Дяченко, О. І. Лещенко, М. Ю. Яковлєв // Військово-технічний збірник Академії Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного. – 2011. – № 1(4). – С. 174–177. **3. Яковлєв М. Ю.** Система математичних моделей експлуатації засобів вимірювальної техніки військового призначення [Текст] / М. Ю. Яковлєв, О. І. Прітирка, О. Є. Семенова, Я. В. Бабій // Військово-технічний збірник Академії Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного. – 2011. – № 1(4). – С. 149–154. **4. Демідов Б. О.** Математична модель експлуатації перспективного зразка пересувної лабораторії вимірювальної техніки військового призначення [Текст] / Б. О. Демідов, М. В. Борисенко, М. П. Савченко, В. В. Герасимов // Системи обробки інформації. – 2013. – Вип. 6. – С. 66–70. **5. Яковлєв М. Ю.** Використання теорії масового обслуговування для моделювання системи відновлення військових засобів вимірювальної техніки [Текст] / М. Ю. Яковлєв, Ю. Б. Прібилєв, В. П. Гудима // Науково-практичний журнал „Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони“. К.: Національний університет оборони України ім І. Черняховського, вип. №1(22), 2015. – С. 144–149. **6. Erlang A.K.** Solution of some problems in the theory of probabilities of significance in automatic telephone exchanges, / **A**.K. Erlang // The Post Office Electrical Engineers Journal, 1918, 10, pp. 189–197. **7. Вакаренко А. В.** Конструкційні та функціональні аспекти вітчизняної апаратури для діагностування і ремонту електронних модулів зенітних ракетних комплексів [Текст] / А. В. Вакаренко, В. С. Наконечний, В. А. Голуб, Р. В. Матіїшен // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – № 1(21). – С. 44-47.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И РЕМОНТА ЗЕНИТНЫХ РАКЕТНЫХ КОМПЛЕКСОВ С ПОМОЩЬЮ ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Александр Юрьевич Пермяков *(д-р техн. наук, профессор)*
Юрий Борисович Прибылев *(канд. техн. наук, доцент)*
Павел Викторович Опенько *(канд. техн. наук)*
Ирина Викторовна Новикова

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

В статье исследована модель системы диагностирования и ремонта зенитных ракетных комплексов как замкнутая система массового обслуживания. В качестве технической основы модели системы рассмотрена современная разработка государственного предприятия "Укроборонсервис" – универсальный мобильный ремонтно-диагностический модуль, который предназначен для проведения диагностирования и восстановления электронных модулей радиотехнических систем зенитных ракетных комплексов. Приведены аналитические выражения для расчета основных показателей модели системы ремонта и обслуживания зенитных ракетных комплексов как замкнутой системы массового обслуживания, для которой интенсивность входного потока заявок зависит от состояния системы, причем источник требований – внутренний и генерирует ограниченный поток заявок. В разработанной модели составные части зенитного ракетного комплекса являются источниками требований (заявок на обслуживание), а универсальные мобильные ремонтно-диагностические модули – обслуживающими каналами. Машины зенитного ракетного комплекса после обслуживания (диагностирования и ремонта) используются по прямому назначению и в случае выхода из строя становятся потенциальными источниками возникновения требований на обслуживание. Рассчитаны примеры организации системы восстановления и ремонта зенитных ракетных комплексов с применением разработанной модели, сделаны выводы.

Ключевые слова: *зенитные ракетные комплексы; замкнутая система массового обслуживания; мобильные ремонтно-диагностические модули.*

ANTI-AIRCRAFT MISSILE COMPLEXES DIAGNOSIS AND REPAIR SYSTEM MODELING BY USING THE CLOSED QUEUING SYSTEMS

Oleksandr Y. Permiakov ***(Doctor of Technical Sciences, Professor)***
Yurii B. Pribyliev ***(Candidate of Technical Sciences, Associate Professor)***
Pavlo V. Openko ***(Candidate of Technical Sciences)***
Iryna V. Novikova

National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine

The article explored the model system diagnosis and repair of anti-aircraft missile complexes as closed queuing system. As the technical basis of the system model is considered a modern development of State Enterprise "Ukroboronservis" – universal mobile repair and diagnostic module, which is designed to undertake diagnosis and recovery of electronic radio technical systems modules anti-aircraft missile complexes.

Analytic expressions are given for the calculation of key indicators system repair and maintenance model of anti-aircraft missile complexes as a closed queuing systems, for which the intensity of the input stream applications depends on the State of the system, with source-internal requirements and generates a limited flow of applications. The developed model anti-aircraft missile complex composite parts are sources of requirements (service requests) and universal mobile repair and diagnostic modules-serving channels.

Anti-aircraft missile complex machine after servicing (diagnosis and repair) are used for their intended purpose and in case of failure become potential sources of origination requirements. Calculated examples of organizations of the system to regenerate and repair surface-to-air missile system using the developed model, conclusions.

Keywords*: anti-aircraft missile complexes; closed queuing system; mobile repair and diagnostic modules.*

References

1. Pivnev D.A., Gerasimov S.V., Podorozhnyak A.A. (2010), Mathematical model calibration and repair of measuring instruments in the locations of military units [*Matematychna modelj povirky (kalibruvannja) i remontu zasobiv vymirjuvaljnoji tekhniky v miscjakh dyslokaciji vijsjkovykh pidrozdiliv*], Systemy ozbrojennja i vijsjkova tekhnika, № 4, pp. 151-154. **2. Borysenko M.V.,** Dyachenko O.F, Leshchenko A.I., Yakovlev M.Y. (2011), Development of model calibration and repair of measuring instruments in the locations of military units [*Rozrobka modeli povirky (kalibruvannja) i remontu zasobiv vymirjuvaljnoji tekhniky u miscjakh dyslokaciji vijsjkovykh pidrozdiliv*], Vijsjkovo-tekhnichnyj zbirnyk Akademiji Sukhoputnykh vijsjk imeni ghetjmana Petra Saghajdachnogho, № 1(4), pp. 174–177. **3. Yakovlev M.Y.,** Prityrka A.I., Semenov O.E., Babiy Y.V. (2011), System of mathematical models of using of military measuring devices [*Systema matematychnykh modelej ekspluataciji zasobiv vymirjuvaljnoji tekhniky vijsjkovogho pryznachennja*], Vjsjkovo-tekhnichnyj zbirnyk Akademiji Sukhoputnykh vijsjk imeni ghetjmana Petra Saghajdachnogho, No 1(4), pp. 149–154. **4. Demidov B.O.**, Borisenko M.B., Savchenko M.P., Gerasimov S.V. (2013), Mathematical model of using of prospective military mobile laboratory measuring equipment, [*Matematychna modelj ekspluataciji perspektyvnogho zrazka peresuvnoji laboratoriji vymirjuvaljnoji tekhniky vijsjkovogho pryznachennja*], Systemy obrobky informaciji, No 6, pp. 66–70. **5. Jakovljev M.Y.,** Pribyljev Y.B., V.P. Ghudyma (2015), The use of queuing theory to model systems resumption of measuring instruments. [*Vykorystannja teoriji masovogho obslughovuvannja dlja modeljuvannja systemy vidnovlennja vijsjkovykh zasobiv vymirjuvaljnoji tekhniky*], Naukovo-praktychnyj zhurnal „Suchasni informacijni tekhnologhiji u sferi bezpeky ta oborony", Kyiv, Nacionaljnyj universytet oborony Ukrajiny im I. Chernjakhovsjkogho, vyp. No 1(22), pp. 144–149. **6. Erlang A.K.** Solution of some problems in the theory of probabilities of significance in automatic telephone exchanges, A.K. Erlang, The Post Office Electrical Engineers Journal, 1918, pp. 189–197. **7. Vakarenko A.V**., Nakonechnyj V.S., Gholub V.A., Matijishen R.V. (2010), Structural and functional aspects of domestic equipment for diagnosing and repairing electronic modules air defense systems. [*Konstrukcijni ta funkcionaljni aspekty vitchyznjanoji aparatury dlja diaghnostuvannja i remontu elektronnykh moduliv zenitnykh raketnykh kompleksiv*], Systemy ozbrojennja i vijsjkova tekhnika, No 1(21), pp. 44-47.

Отримано: 01.11.2015 р.