

УДК 389.01

О.О. Морозов

Національна академія Національної гвардії України, Харків

## МЕТОДИКА ФОРМУВАННЯ ВИМОГ ДО ГРУП ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

У статті пропонується структура, постановка та ієрархія задач визначення вимог до груп поточно-го ремонту озброєння і військової техніки в місцях їх дислокації, заснована на оптимізації состава і стратегії використання цих груп.

**Ключові слова:** система ремонту, ремонтна група, формування вимог, робоче місце, ремонт озброєння і військової техніки, технологічне устаткування.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Виконання службово-бойових завдань (СБЗ) частинами та підрозділами Національної гвардії України (далі – військові формування (ВФ)) поза межами пунктів постійної дислокації доволі часто вимагає територіального розосередження озброєння і військової техніки (ОВТ) по місцях виконання завдань. За таких умов оперативне відновлення справності (працездатності) техніки вимагає організації їх поточного ремонту в пунктах їх тимчасової дислокації (далі – територіально розосереджені пункти дислокації (ТРПД)).

Вирішення завдань ремонту ОВТ можна здійснювати двома шляхами – або транспортування зразків ОВТ до ремонтного органу (РмОр) військового формування, або їх ремонт у ТРПД силами ремонтних груп (РмГ) того ж РмОр [1].

У разі організації ремонту ОВТ у ТРПД необхідно визначити кількість і склад РмГ та послідовність обслуговування техніки (послідовність об'їзду ТРПД). При цьому склад ремонтної групи повинен визначити кількість робочих місць (РМ) з ремонту ОВТ та відповідне технологічне устаткування (ТхУ), фахівців з ремонту. Вихідними даними при вирішенні такої задачі є обсяги та структура ремонтного фонду (прогнози або поточні), допустимі терміни ремонту ОВТ (або заданий рівень готовності), можливості РмОр щодо формування РмГ, кількість та види ОВТ у ТРПД.

На вихідні дані істотно впливають умови виконання СБЗ через вплив на структуру відмов ОВТ – переважно експлуатаційні відмови або бойові пошкодження. За умов переважно експлуатаційних відмов ОВТ шукана задача полягає у визначенні такої кількості і складу РмГ, які забезпечать заданий рівень готовності ОВТ військового формування. У другому випадку формалізація та розв'язання шуканої задачі більш складні, вимагають урахування більшої кількості чинників та обмежень.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Задачі організації ремонту ОВТ, у тому числі і у

ТРПД, розглянуті в роботах [2 – 5]. Однак пропонувані науково-методичний апарат забезпечує рішення тільки часткових задач з організації ремонту, відсутня комплексність і системність у вирішенні задач, а прийняті умови і допущення при їх вирішенні істотно знижують адекватність подання задач і, як наслідок, вірогідність прийнятих рішень.

При вирішенні задач організації ремонту ОВТ у ТРПД необхідно враховувати її основну відмінність від ремонту техніки у стаціонарних (штатних) РмОр. Для стаціонарних органів теоретично можна усунути невиробничі витрати часу шляхом раціональної організації ремонту ОВТ. У цьому випадку виробничі можливості, необхідні для проведення ремонту заданого парку ОВТ, визначаються методом балансу часу [1, 3, 6]. При організації ремонту ОВТ у ТРПД цей метод визначає тільки необхідні умови, які, у загальному випадку, не є достатніми. При ремонті ОВТ у ТРПД невиробничі витрати часу РмГ усунути неможливо. Основні складові таких витрат визначаються часом їх переміщення між пунктами дислокації ОВТ, підготовкою до роботи (підготовка ТхУ до роботи) і наступному переміщенню (згортанню). Втрати продуктивного часу виникають також при простій окремих РМ ремонтної групи через принципову неможливість досягнення повної відповідності спеціалізації цих місць і зразків ОВТ, що будуть ремонтуватися у кожному ТРПД. Зменшити ці втрати часу можна шляхом раціоналізації виробничих можливостей РмГ.

Аналіз існуючих підходів до рішення такої задачі показує, що деякі з них вже розглядалися раніше [2, 7, 8]. Зокрема, вирішення задачі синтезу оптимального плану використання однотипних РмГ. Однак вони визначали окремі часткові задачі, а задачі раціоналізації виробничих можливостей щодо ремонту ОВТ у пунктах дислокації комплексно не вирішувалися. Тому формування вимог до кількості і складу РмГ для ремонту ОВТ у ТРПД є актуальною задачею.

**Мета статті** – розроблення методики формування вимог до РмГ з відновлення ОВТ в ТРПД.

### Основний матеріал

Состав і послідовність вирішення задач з організації ремонту ОВТ залежить від ряду умов, урахування яких дозволяє підвищити ефективність рішень, що приймаються. Мета ремонту ОВТ, вихідні передумови, умови і припущення, що мають місце при їх вирішенні, дозволяють сформулювати дві комплексні задачі формування вимог до РмГ, а саме:

**задача 1** – оптимізація використання виробничих можливостей РмГ, які може сформувати РмОр,  $N_{РмГ}$ , яке б забезпечувало максимально можливий рівень готовності  $K_r$  парку ОВТ військового формування при мінімальних витратах на їх ремонт  $C_{Рм}$ :

$$\begin{cases} K_r \rightarrow \max, \\ C_{Рм} \rightarrow \min, \\ N_{РмГ} = \text{const}, \end{cases} \quad (1)$$

**задача 2** – синтез оптимального складу РмГ, який би забезпечував підтримання заданого рівня готовності парку ОВТ  $K_r^3$  при мінімальних витратах на створення РмГ  $C_{РмГ}$ :

$$\begin{cases} K_r \geq K_r^3, \\ C_{РмГ} \rightarrow \min, \\ N_{РмГ} = \text{var}. \end{cases} \quad (2)$$

Вирішення цих задач характеризується певною послідовністю етапів прийняття рішень щодо організації технічного обслуговування та ремонту озброєння і військової техніки в територіально розосереджених пунктах дислокації від формування вихідних даних до остаточного рішення (рис. 1).

Кожен етап характеризується своїм набором вихідних даних і операцій над ними. Конкретизація послідовності етапів визначає методику формування вимог до РмГ.

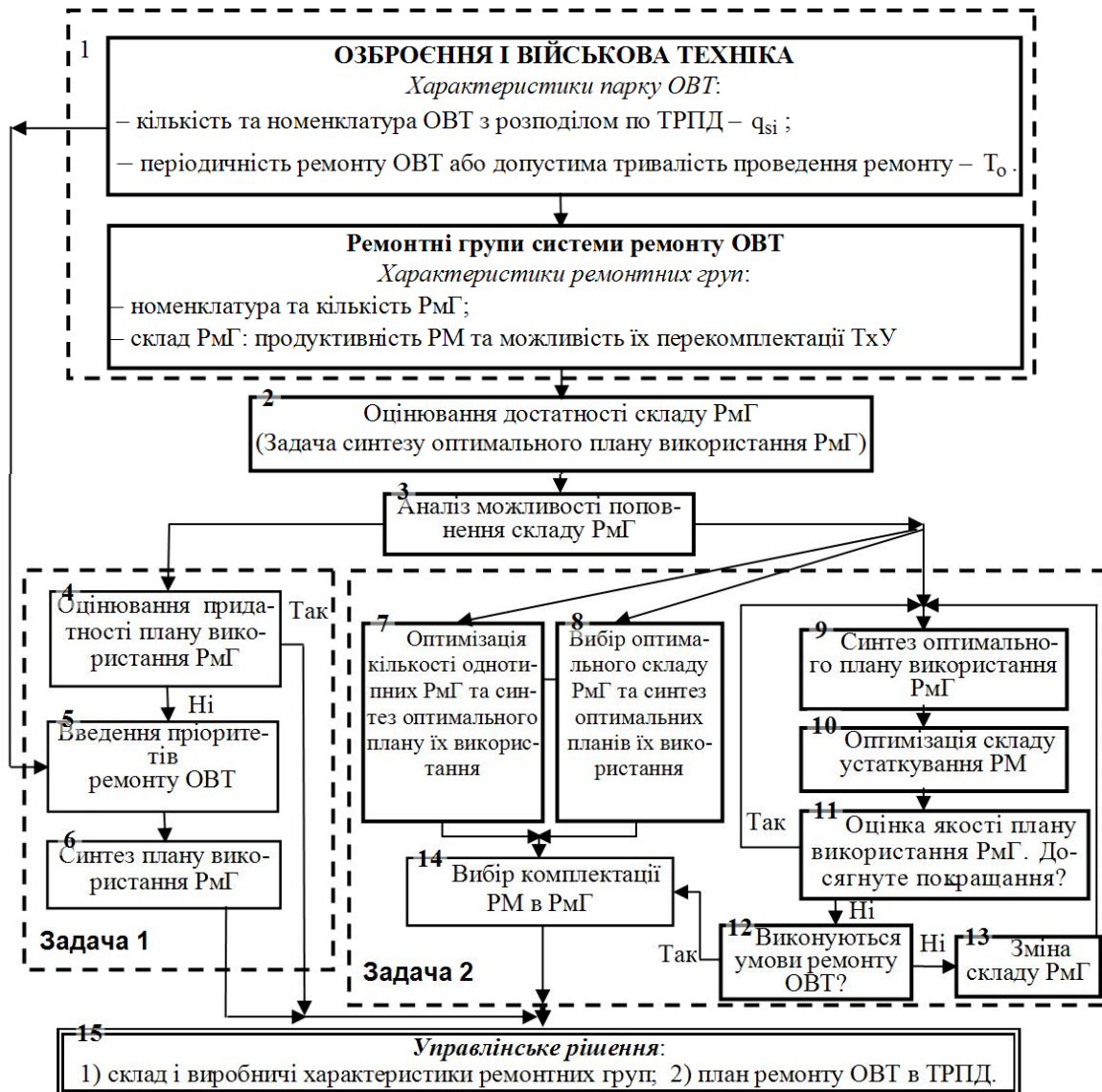


Рис. 1. Ієрархія задач обґрунтування вимог до ремонтних груп з ремонту ОВТ у ТРПД

**Етап 1.** Структуризація вихідних даних про ОВТ та РМГ.

**А. Дані про ОВТ.** Множина ТРПД  $i = \overline{1, M}$ , номенклатура  $\{s\}$  та кількість ОВТ, що буде вимагати поточного ремонту, із розподілом по ТРПД  $q_{si}$ . Існує два варіанти визначення цих даних.

Перший варіант передбачає формування вихідних даних про кількість і номенклатуру ОВТ  $q_{si}$ , що буде вимагати ремонту, на основі аналізу плануючих документів і заявок [1].

Другий варіант передбачає формування вихідних даних на основі розрахунку кількості і номенклатури ОВТ у відповідності зі штатною укомплектованістю технікою ВФ. Далі, виходячи із цієї кількості, припустимої тривалості  $T_0$  та (або) періодичності  $T_{пs}$  ремонту ОВТ для кожного типу ОВТ оцінюється значення  $q_{si}$ .

Перший варіант є кращим, тому що дозволяє одержати більше точні дані.

**Б. Дані по ОЕ.** Найвний склад РМГ. Можливість формування додаткових РМГ. Типи і характеристики наявних і додаткових РМГ. Основні характеристики РМГ: кількість РМ кожного  $g$ -го типу, їх продуктивність. На основі наявних даних про кількість, спеціалізацію робочих місць РМГ і їх продуктивності (або часу ремонту одного зразка ОВТ  $s$ -го типу даною РМГ), а також характеристик парку ОВТ для кожного  $i$ -го ТРПД визначається тривалість роботи РМГ, що визначається із тривалості роботи кожного РМ  $g$ -го типу:

$$t_{pi}^k = \max(t_{gi}^k),$$

де  $t_{gi}^k$  – тривалість роботи групи РМ  $g$ -го типу в  $i$ -му ТРПД  $k$ -ї РМГ.

**Етап 2.** Оцінювання достатності складу РМГ. Достатність може бути підтверджена тільки знаходженням припустимого плану застосування номенклатури РМГ. Критерій достатності – мінімум часу завершення ремонту ОВТ. У формалізованому виді завдання представляється як пошук таких маршрутів  $\bar{\ell}_k$  об'їзду ТРПД ремонтними групами, при яких:

$$T_{\min} = \min(\max_k \sum_{i=0}^{d_k} T_{\ell_k^i \ell_k^{i+1}}^k),$$

де  $T_{\ell_k^i \ell_k^{i+1}}^k$  – елементи трьох індексної таблиці  $\|T\|$  розміром  $N \times (M+1) \times M$ , що визначають час, необхідний  $k$ -й РМГ для проведення ремонту ОВТ в  $j$ -му ТРПД від моменту завершення ремонту ОВТ в  $i$ -му ТРПД;  $d_k$  – кількість ТРПД в маршруті  $k$ -ї РМГ. Елементи цієї таблиці визначаються по форму-

лі:  $T_{ij}^k = t_{ijd}^k + t_{ip}^k + t_{jc}^k$ , при  $i \neq j$ ,  $T_{ij}^k = \infty$ ,  $i = \overline{1, M}$ ,  $j = \overline{1, M}$ ,  $k = \overline{1, N}$ , де  $\{\ell_k\}$  – множина ТРПД, що входять у маршрут руху  $k$ -ї РМГ.

**Етап 3.** Аналіз можливості створення додаткових РМГ.

Можливість створення додаткових РМГ визначається наявністю ресурсів у РМОР-формуваача таких груп і можливостей системи технічного обслуговування і ремонту ОВТ.

**Задача 1.** Оптимальне використання виробничих можливостей РМГ.

**Етап 4.** Оцінювання прийнятності плану використання РМГ. Критерієм прийнятності плану виступає виконання обмеження на час завершення ремонту заданого парку ОВТ у відведений час. Для періодичного обслуговування цей час відповідає періоду, зменшеному на тривалість обслуговування технологічного устаткування РМГ.

**Етап 5.** Введення пріоритетів ремонту ОВТ. Пріоритети ремонту  $s$ -го типу ОВТ  $\sigma_s$  можуть бути абсолютними або відносними. Відносні пріоритети відповідають випадку, коли ремонт декількох зразків ОВТ меншого пріоритету може бути переважніше ремонту меншої кількості зразків ОВТ більшого пріоритету.

**Етап 6.** Синтез плану використання РМГ. Вирішується задача визначення для кожної РМГ множини ТРПД і порядку їх обслуговування  $\bar{\ell}_k$ , а також часу роботи в кожному із ТРПД  $t_{\ell_k^i}$ , при яких кількість відремонтованих зразків ОВТ  $q_{sj}$  з урахуванням пріоритетів  $\sigma_{sj}$  ( $W = q_{sj} \cdot \sigma_{sj}$ ), буде максимальною:

$$W_{\Sigma} = \sum_{k=1}^N W_k = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^{d_k} W_{k \ell_k^i} (t_{\ell_k^i}) \rightarrow \max,$$

при обмеженнях:

$$t_{\ell_k^i} \geq 0, \forall i, k; \quad \sum_{i=1}^{d_k} (T_{\ell_k^{i-1} \ell_k^i}^k + t_{\ell_k^i}) \leq T_0;$$

$$\{\bar{\ell}_k\} \cap \{\bar{\ell}_p\} = \emptyset, \forall k \neq p;$$

де  $W_k = \sum_{i=1}^{d_k} W_{k \ell_k^i} (t_{\ell_k^i})$ ;  $T_{ij}^k = t_c^k + t_{ijd}^k + t_{ip}^k$ ;  $t_{\ell_k^i}$  – час, протягом якого  $k$ -та РМГ проводить ремонт ОВТ в  $i$ -му ТРПД свого маршруту;  $W_{\Sigma}$  – сумарна кількість зразків ОВТ, відремонтованих всіма РМГ;  $W_k$  – сумарна кількість зразків ОВТ, відремонтованих  $k$ -ю РМГ;  $W_{ki}(t)$  – функція часу, що визначає кількість відремонтованих зразків ОВТ  $i$ -го ТРПД  $k$ -ю РМГ – елемент матриці  $\|W(t)\|$  розміром  $(N \times M)$ ;  $t_c^k$  – тривалість згорання  $k$ -ї РМГ – час від моменту за-

кінчення ремонту ОБТ до виїзду із ТРПД;  $t_{ijд}^k$  – тривалість руху  $k$ -ї РмГ з  $i$ -го в  $j$ -й ТРПД;  $t_n^k$  – тривалість підготовки до роботи в ТРПД  $k$ -ї РмГ – час від прибуття в ТРПД до початку ремонту ОБТ.

**Задача 2.** Синтез оптимального складу РмГ.

Якщо можна додатково сформувати РмГ, то виникає задача вибору варіанта поповнення системи ремонту ОБТ новими РмГ:

якщо доступні тільки однотипні РмГ, то вирішується задача етапу 7;

якщо існує можливість доукомплектування системи ремонту ОБТ різнотипними РмГ з постійним складом робочих місць, то вирішується задача і етапу 7, і етапу 8;

якщо існує можливість поповнення системи ремонту ОБТ різнотипними РмГ зі змінюваним складом РМ, то попередньо вирішуються задачі етапів 7 і 8, а потім здійснюється перехід до етапу 9.

**Етап 7.** Оптимізація кількості однотипних РмГ та синтез оптимального плану їх використання. Оптимізація здійснюється за критерієм мінімуму кількості РмГ.

Оптимізаційна задача зводиться до задачі одного комівояжера [9].

При цьому рішення визначає і припустимий план використання РмГ.

**Етап 8.** Визначення оптимального складу і планів використання РмГ. Задача полягає в знаходженні мінімальної кількості ремонтних груп  $N$  при оптимальній спеціалізації ремонтних місць і оптимальному складі технологічного устаткування для їх комплектації. Параметрами, що варіюються у цій задачі, є маршрути руху РмГ  $\bar{\ell}_k$ , тобто, упорядкована множина ТРПД, що визначає склад ТРПД та порядок їх об'їзду для  $k = \overline{1, N}$ . Вимоги до цих маршрутів наступні:

– найбільший час знаходження на маршруті будь-якої РмГ не повинний перевищувати нормативно заданого часу  $T_0$ ;

– у кожен ТРПД озброєння і військової техніки призначається одна РмГ.

У формалізованому виді задача представляється як:

$$N^{opt} \rightarrow \min_{[1...M]}$$

при дотриманні обмежень:

$$T_0 > \max_k \sum_{i=0}^{d_k} T_{\ell_k^i \ell_k^{i+1}}^k, \{ \ell_k \} \subset \{ M \}, \bigcup_{k=1}^N \{ \ell_k \} = \{ M \}, \\ \{ \ell_k \} \cap \{ \ell_p \} = \{ 0 \}, \forall k \neq p,$$

де  $N^{opt}$  – оптимальна кількість РмГ;  $N$  – поточна кількість РмГ, досліджувана на оптимальність.

**Етап 9.** Синтез оптимального плану використання існуючих РмГ, що формуються РмОр ВФ зі свого складу. Задача в такій постановці для різних умов використання РМ розглянута в [10] як мінімаксна задача теорії розкладів. Для її розв'язання застосовуються методи на базі модифікації методу гілок і границь [9].

**Етап 10.** Оптимізація складу технологічного устаткування РМ. Задача вирішується у два підетапи.

**Підетап 10.1.** Визначення номенклатури ТхУ для кожного робочого місця за критерієм мінімуму його сумарної вартості  $C^{TxY}$ :

$$\sum_{u=1}^U x_u \cdot c_u^{TxY} = C^{TxY} \rightarrow \min_{\bar{x}}$$

при виконанні обмеження, представленого у вигляді логічної функції [11]:

$$F(\bar{x}) = \bigwedge_{s=1}^S f_s(\bar{x}) = 1,$$

де  $x_u$  – кількість одиниць ТхУ  $u$ -го типу;  $U$  – кількість елементів множини всіх типів ТхУ, які можуть бути використані у складі РМ;  $c_u^{TxY}$  – вартість ТхУ  $u$ -го типу;  $F(\bar{x})$  – логічна функція, що визначає можливість ремонту необхідних типів ОБТ;  $f_s(\bar{x})$  – логічна функція, що визначає можливість ремонту  $s$ -го типу ( $s = \overline{1, \dots, S}$ ) ОБТ визначеним комплектом ТхУ  $\bar{x}$ .

Задача вирішується методом блокового 0-1-програмування.

**Підетап 10.2.** Визначення спеціалізації РМ шляхом знаходження такої кількості робочих місць кожного типу  $r_g$ , при якій:

$$T_0 = \min \sum_{\{M\}} t_{pi},$$

при дотриманні обмеження на загальну кількість РМ в РмГ  $\sum_{g=1}^G r_g = R$ .

Рішення цієї задачі здійснюється методом повного перебору, тому що кількість розглянутих варіантів мала. Критерій оптимальності – мінімум часу завершення ремонту парку ОБТ.

**Етап 11.** Оцінка якості плану використання РмГ. Досягнуто поліпшення? Поліпшення плану розглядається стосовно рішення задачі 12-го етапу.

**Етап 12.** Перевірка умов виконання обслуговування ремонту ОБТ. Виконання умов ремонту ОБТ припускає його завершення за певний час  $T_0$  (період ремонту ОБТ або нормативний час).

**Етап 13.** Зміна складу (множини) РмГ. Включення до складу системи ремонту ОБТ однієї нової РмГ.

**Етап 14.** Вибір варіанта комплектації системи ремонту ОВТ ремонтними групами. Порівнюються результати рішення для різних варіантів комплектації системи ремонту ОВТ ремонтними групами (якщо існує можливість вибору різних варіантів комплектації) і вибирається кращий варіант.

**Етап 15.** Подання остаточного рішення шуканої задачі. Кінцеве рішення відповідає раціональній організації ремонту озброєння і військової техніки у територіально розподілених пунктах дислокації (місцях виконання СБД).

## Висновок

1. Розроблена ієрархія структури задач формування вимог до ремонтних груп для поточного ремонту ОВТ і логічну послідовність їх вирішення, що забезпечує комплексність і системність у прийнятті рішень щодо організації ремонту техніки у територіально рознесених пунктах дислокації.

2. Запропоновані постановки часткових задач організації ремонту ОВТ і шляхи їх вирішення забезпечують одержання кінцевих рішень щодо кількості та складу ремонтних груп, порядку їх використання при ремонті техніки у місцях її дислокації з урахуванням забезпечення заданих рівнів готовності і мінімуму витрат на ремонт.

3. Розроблена структура задач може бути використана для вирішенні задач автоматизації виконання функцій управління ремонтом розосередженими парками ОВТ ВФ НГУ.

## Список літератури

1. Шуєнкін В.О. Теоретичні основи матеріально-технічного забезпечення військ (сил) [Текст]. Ч. 1: навч. посіб. / В.О. Шуєнкін. – К.: ЦНДІ ЗС України, 2006. – 326 с.
2. Методика обоснования состава и количества бригад текущего ремонта радиоэлектронных средств парка зенитных ракетных комплексов группировки зенитных ракетных войск / Б.Н. Ланецкий, В.В. Лукьянчук, В.С. Жуков, И.Н. Тербуха // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС, 2014. – Вип. 3(40). – С. 23-28.

3. Шуєнкін В.О. Методика визначення раціонального складу ремонтних органів з урахуванням ресурсних обмежень на їх створення [Текст] / В.О. Шуєнкін, І.С. Ішутін // Наука і оборона. – 2009. – № 3. – С. 57-62.

4. Андрієвський А.П. Методика обґрунтування вимог до сил і засобів системи відновлення автомобільної техніки [Текст] / А.П. Андрієвський // Збірник наукових праць. – № 2 (40). – К.: ЦНДІ ЗС України, 2007. – С. 115-125.

5. Буравлев А.И. Марковская модель восстановления вооружения и военной техники в новой системе технического обслуживания и ремонта [Текст] / А.И. Буравлев // Вооружение и экономика. – 2014. – № 1(26). – С. 39-52.

6. Темніков В.О. Визначення потреб угруповання внутрішніх військ МВС України у заходах технічного забезпечення на підставі оцінки технічної обстановки у районі спеціальної операції / В.О. Темніков, Г.М. Маренко // Честь і закон. – 2012. – Вип. 2(41). – С. 63-71.

7. Чорний М.В. Стратегії технічного обслуговування і ремонту озброєння і військової техніки "за станом" / М.В. Чорний, Р.В. Долгов, Р.Г. Будяну // Військово-технічний збірник Академії сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного. – 2009. – № 1. – С. 67-69.

8. Долгов Р.В. Модель процесу розміщення сил і засобів технічного забезпечення окремої механізованої бригади на місцевості при організації управління відновленням озброєння військової техніки в операції армійського корпусу об'єднаних сил швидкого реагування [Текст] / Р.В. Долгов // Військово-технічний збірник. – Львів: АСВ. – 2012. – Вип. 7. – С. 117-120.

9. Алексеев О.Г. Комплексное применение методов дискретной оптимизации. – М.: Наука, 1987. – 248 с.

10. Науково-методичні основи створення систем технічного обслуговування та ремонту озброєння і військової техніки угруповань Національної гвардії України [Текст]: моногр. / О.О. Морозов, Л.В. Морозова. – Х.: Нац. академія НГУ, 2015. – 174 с.

11. Морозов, О.О. Визначення складу обладнання для знеособленого ремонту автобронетанкової техніки [Текст] / О.О. Морозов // Збірник наукових праць НАНГУ. – 2015. – Вип. 1. – С. 73-75.

Надійшла до редколегії 14.01.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. О.М. Крюков, Національна академія Національної гвардії України, Харків.

## МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К ГРУППАМ ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

А.А. Морозов

*В статье предлагается структура, постановка и иерархия задач определения требований к группам текущего ремонта вооружения и военной техники в местах их дислокации, основанная на оптимизации состава и стратегии использования этих групп.*

**Ключевые слова:** система ремонта, ремонтная группа, формирование требований, рабочее место, ремонт вооружения и военной техники, технологическое оборудование.

## THE METHODS OF FORMATION OF REQUIREMENTS FOR THE REGULAR MAINTENANCE OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT

O.O. Morozov

*In the article the structure, arrangement and hierarchy of tasks definition of the requirements for the regular maintenance of weapons and military equipment in places of their dislocation, based on the optimization of composition and strategies of these groups.*

**Keywords:** system repair, repair group, formation requirements, the workplace, the repair of weapons and military equipment, technological equipment.