УДК 335.41

Олег Володимирович Павловський *(канд. військ. наук, с.н.с.)*

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРІБНОЇ КІЛЬКОСТІ ЕВАКУАЦІЙНИХ ТА РЕМОНТНИХ ВІДДІЛЕНЬ, А ТАКОЖ ВЕЛИЧИНИ РЕЗЕРВУ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

У статті викладено метод, який дозволяє визначати таку кількість евакуаційних та ремонтних відділень, а також величину резерву озброєння та військової техніки (ОВТ), які у комплексі забезпечуватимуть підтримання заданого рівня боєздатності військ з урахуванням фінансових обмежень. Відмінність запропонованого методу від відомих полягає у такому: комплексно визначається потрібна кількість евакуаційних та ремонтних відділень, а також величини резерву ОВТ з позицій підтримання заданого рівня забезпеченості військ ОВТ; вирішення оптимізаційної задачі дозволяє знайти такий склад РВО, за якого витрати на компенсування втрат ОВТ були б мінімальними або не перевищували встановленого рівня; застосовується математична модель спільного функціонування евакуаційних та ремонтних органів (на основі СМО з очікуванням), яка досить адекватно відображає розглядуваний процес.

Ключові слова: *озброєння та військова техніка; евакуація; ремонт; резерв.*

Вступ

Постановка проблеми. Як відомо, рівень боєздатності військ значною мірою залежить від їх укомплектованості (ОВТ). При цьому, основними джерелами покриття (компенсування) втрат ОВТ безпосередньо під час операцій (бойових дій) є відновлення та резерв ОВТ.

Однак, досвід військ, зокрема й задіяних у антитерористичній операції на сході держави, засвідчує наявність проблем щодо своєчасного компенсування втрат ОВТ. Такий стан значною мірою викликаний певною невідповідністю потребам військ складу ремонтно-відновлювальних органів (РВО) (зокрема кількості евакуаційних та ремонтних відділень у них), а також величини наявного резерву ОВТ. У багатьох випадках це зумовлювалося не лише обмеженими ресурсами, а й недосконалістю методичного апарату, який використовується для обґрунтування потрібного складу цих сил і засобів.

Отже, вдосконалення існуючих та розроблення нових методів обґрунтування потрібної кількості евакуаційних та ремонтних відділень, а також величини резерву ОВТ, становить досить складну й актуальну наукову задачу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Протягом останніх десятиліть науковцями розроблялися певні теоретичні положення щодо визначення раціонального складу сил і засобів системи ТхЗ військ, серед яких варто відмітити [1, 2]. При цьому, у більшості випадків, питання обґрунтування складу РВО та величини резерву ОВТ розглядалися відірвано одне від одного та з використанням різних критеріїв оцінювання ефективності.

Так, сутність відомих методів визначення потрібного складу РВО, головним чином, зводилася до знаходження такої кількості евакуаційних та ремонтних відділень, яка б дозволяла із заданою ймовірністю виконувати покладені на них завдання, тоді як метод визначення потрібної величини резерву ОВТ полягає у знаходженні такої кількості резервних зразків ОВТ, яка б дозволяла підтримувати заданий рівень укомплектованості військ працездатними зразками ОВТ.

Проведений аналіз вказаних підходів засвідчує їхні суттєві недоліки: відновлення та резерв ОВТ є основними елементами (підсистемами) системи забезпечення військ ОВТ під час операції (бойових дій), тому відокремлене обґрунтування складу РВО та величини резерву ОВТ зумовлює порушення основних принципів системного підходу; вибір критеріїв, за якими оцінюється ефективність РВО (зокрема потрібна ймовірність евакуації, ремонту тощо), значною мірою залежить від суб'єктивних факторів; не враховується фінансово-економічний аспект у виборі стратегії компенсування втрат ОВТ, тобто існуючі методи не дозволяють дати відповіді на запитання, що вигідніше створювати та утримувати: РВО чи резерв ОВТ; математичні моделі, які використовуються для опису процесу відновлення ОВТ під час операції (бойових дій), недостатньо адекватно відображають його найбільш суттєві характеристики.

Отже, такий стан вказує на необхідність застосування удосконалених підходів до обґрунтування складу зазначених сил і засобів ТхЗ.

Враховуючи це **метою статті** є викладення методу, який дозволяє визначати таку кількість евакуаційних та ремонтних відділень, а також величину резерву ОВТ, які у комплексі забезпечуватимуть підтримання заданого рівня боєздатності військ з урахуванням фінансових обмежень.

© О.В. Павловський

Виклад основного матеріалу дослідження

Запропонований метод застосовується для визначення потрібної кількості евакуаційних та ремонтних відділень, а також величини резерву ОВТ окремо для кожної групи (типу) ОВТ і передбачає проведення розрахунків у три етапи.

Етап 1. Визначення кількості $\delta N^{(П)}$ зразків ОВТ, втрати яких під час операції тривалістю Т діб треба компенсувати (за рахунок відновлення та (чи) резерву) для підтримання потрібного рівня $K_{ОВТ}^{(П)}$ забезпеченості військ працездатними зразками ОВТ.

Спочатку визначається кількість $N^{(П)}$ працездатних зразків ОВТ, яку потрібно мати в строю для підтримання $K_{ОВТ}^{(П)}$:

$$N^{(П)} = N_0 \cdot K_{ОВТ}^{(П)}, \quad (1)$$

де N_0 – кількість зразків ОВТ, яку необхідно мати у військах відповідно до штатної потреби.

Отримане таким чином значення величини $N^{(П)}$ порівнюється із прогнозованою кількістю N працездатних зразків ОВТ, яку на кінець операції матимуть війська у випадку, якщо під час її проведення не відбуватиметься компенсування втрат ОВТ. При цьому:

$$N = N_0 - \Delta N = N_0 - \sum_{i=1}^{T} \Delta N_i = N_0 \cdot \left(1 - \sum_{i=1}^{T} \beta_i\right), \quad (2)$$

де ΔN, ΔN_i – загальна за операцію та за і-ту добу операції відповідно кількість втрачених зразків ОВТ;

β_i – відносна (стосовно N_0) кількість втрачених протягом і-ї доби операції зразків ОВТ.

У випадку, якщо $N \geq N^{(П)}$, можна вважати, що протягом операції укомплектованість військ працездатними зразками ОВТ забезпечуватиме підтримування заданого рівня боєздатності військ. Отже, потреба у компенсуванні втрат ОВТ протягом операції буде відсутня. Невиконання ж цієї умови свідчитиме про необхідність проведення певних заходів ТхЗ щодо компенсування зазначених втрат. При цьому, різниця $N^{(П)}$ та N і складатиме кількість $\delta N^{(П)}$ зразків ОВТ, втрати яких під час операції потрібно компенсувати для підтримання $K_{ОВТ}^{(П)}$:

$$\delta N^{(П)} = N^{(П)} - N. \quad (3)$$

Як уже зазначалося, компенсування втрат ОВТ безпосередньо під час операції, зазвичай, здійснюватиметься за рахунок певної кількості відновлених N' та (чи) резервних $N_{РЕЗ}$ зразків ОВТ. Отже, основна умова підтримання $K_{ОВТ}^{(П)}$ протягом операції може бути сформульована так:

$$\delta N^{(П)} \leq N' + N_{РЕЗ}. \quad (4)$$

Етап 2. Визначення оптимальної кількості евакуаційних засобів n_E та ремонтних відділень n_P ОВТ, яку потрібно мати у РВО (з урахуванням фінансових обмежень на забезпечення військ ОВТ).

У залежності від наявності фінансових обмежень зазначене завдання може вирішуватися двома способами.

Спосіб 1 (пряма задача): якщо кошти С, що виділяються на компенсування втрат ОВТ під час операції, не мають жорстких обмежень, визначення величини n_E та n_P здійснюється шляхом вирішення оптимізаційної задачі цілочисельного нелінійного програмування з мінімізації С:

$$\textbf{min}\ C = n_E \cdot c_E + n_P \cdot c_P + \frac{N'}{N_{P1}} \cdot c_{РК} + \left(\Delta M_P - N'\right) \cdot c_{ОВТ}, \quad (5)$$

$$\text{при} \quad \frac{n_E \cdot c_E + n_P \cdot c_P}{N'} + \frac{c_{РК}}{N_{P1}} \leq c_{ОВТ}, \quad (6)$$

$$\text{змінні} \quad n_E = 0,\ 1,\ 2,\ \ldots\ ;\ n_P = 0,\ 1,\ 2,\ \ldots\ . \quad (7)$$

де c_E , c_P – вартість створення та забезпечення функціонування одного евакуаційного та ремонтного відділення ОВТ відповідно, грн/від.;

$c_{ОВТ}$ – вартість зразка ОВТ, грн/од.;

$c_{РК}$ – вартість одного ремонтного комплекту (РК) ОВТ, грн/к-т;

N_{P1} – кількість зразків ОВТ, яка може бути відремонтована за допомогою одного РК, од./к-т;

ΔM_P – прогнозована кількість зразків ОВТ, ремонт яких має здійснюватися розглядуваним РВО, од.

При цьому $N' = f(n_E, n_P)$. Величина N' визначається так:

$$N' = \Delta M_P \cdot A_B; \quad (8)$$

$$A_B = \left[1 - K_E \cdot (1 - A_E)\right] \cdot A_P \cdot \varphi; \quad (9)$$

$$\varphi = 1 - K_{РзРК} \cdot \left(1 - \frac{Q_{РК}}{Q_{0РК}}\right) \leq 1, \quad (10)$$

де A_B (A_E, A_P) – імовірність своєчасного відновлення (евакуації, ремонту) пошкоджених зразків ОВТ під час операції; K_E – коефіцієнт, що враховує частку пошкоджених зразків ОВТ, у процесі відновлення яких вимагатиметься їх евакуація; φ – коефіцієнт, що враховує вплив наявності РК на результати ремонту ОВТ; $K_{РзРК}$ – коефіцієнт, який враховує частку пошкоджених зразків ОВТ, ремонт яких може бути здійснений лише з використанням РК. У [1] зазначається, що за рахунок перекомплектації може бути відремонтовано до 30% пошкоджених зразків ОВТ, тому величина цього коефіцієнта, зазвичай, знаходитиметься у межах 0,7 ÷ 1; $Q_{РК}$, $Q_{0РК}$ – наявні та потрібні (згідно вимог нормативних документів) обсяги запасу РК відповідно.

Для обчислення величини A_E та A_P пропонується використовувати наведений нижче вираз, що базується на основі марковської багатоканальної СМО з обмеженим часом перебування заявки у черзі, де у якості каналу обслуговування розглядається одне евакуаційне відділення:

$$\left\{A_E,\ A_P\right\}=1-\frac{h}{\rho}\cdot\frac{\dfrac{\rho^n}{n!}\cdot\sum\limits_{g=1}^{\infty}\dfrac{g\cdot\rho^g}{\prod\limits_{m=1}^{s}(n+m\cdot h)}}{\sum\limits_{k=1}^{n}\dfrac{\rho^k}{k!}+\dfrac{\rho^n}{n!}\cdot\sum\limits_{g=1}^{\infty}\dfrac{\rho^g}{\prod\limits_{m=1}^{g}(n+m\cdot h)}}. \quad (11)$$

При цьому, під час визначення величини A_E вважається, що:

$$n=n_E;\quad \rho=\frac{\Delta M_E}{T\cdot\Pi_E};\quad h=\frac{1}{t_{оч\ E}\cdot\Pi_E};$$
$$\Pi_E=\frac{t_E\cdot(1-K_{BTP})}{L_E\cdot\left(\dfrac{1}{V_{E1}}+\dfrac{1}{V_{E2}}\right)}, \quad (12)$$

де Π_E – середньодобова продуктивність одного евакуаційного відділення з евакуації ОВТ, од./діб;

$t_{оч\ E}$ – середній час очікування пошкодженими зразками ОВТ у черзі на евакуацію, після завершення якого вони залишають чергу, діб;

K_{BTP} – коефіцієнт втрат робочого часу в процесі евакуації (0,3–0,5);

t_E – середньодобовий час продуктивної роботи одного евакуаційного відділення, год/діб;

L_E – середнє плече евакуації зразків ОВТ, км/од.;

V_{E1} – швидкість руху евакуаційного засобу до місця знаходження пошкодженого зразка ОВТ, км/год;

V_{E2} – швидкість руху евакуаційного засобу під час буксирування пошкодженого зразка ОВТ, км/год.

Під час визначення за допомогою (11) величини A_P вважається, що:

$$n=n_P;\quad \rho=\frac{\Delta M_P}{T\cdot\Pi_P};\quad h=\frac{1}{t_{оч\ P}\cdot\Pi_P};$$
$$\Pi_P=\frac{n_{0P}\cdot t_P}{H_P}, \quad (13)$$

де Π_P – середньодобова продуктивність одного ремонтного відділення з ремонту ОВТ, од./діб;

$t_{оч\ P}$ – середній час очікування пошкодженими зразками ОВТ у черзі на ремонт, після завершення якого вони залишають чергу, діб;

n_{0P} – середня кількість спеціалістів-ремонтників у складі одного ремонтного відділення, чол.;

t_P – середньодобовий час продуктивної роботи одного ремонтного відділення, год/діб;

H_P – середня трудомісткість ремонту зразка ОВТ, чол.·год/од.;

Сукупність виразів (8–13) утворює *математичну модель функціонування системи відновлення ОВТ*.

Спосіб 2 (зворотна задача): якщо кошти С, що виділяються на компенсування втрат ОВТ під час операції, мають жорсткі обмеження, тобто, їхні витрати не повинні перевищувати певну встановлену величину $C^{(П)}$ ($C \le C^{(П)}$), визначення потрібної кількості n_E та n_P здійснюється шляхом вирішення оптимізаційної задачі цілочисельного нелінійного програмування з максимізації кількості N' відновлених зразків ОВТ під час операції:

$$\mathbf{max}\ N' = \Delta M_P \cdot A_B, \quad (14)$$

$$\text{при}\quad n_E\cdot c_E + n_P\cdot c_P + \frac{N'}{N_{P1}}\cdot c_{PK} + \left(\Delta M_P - N'\right)\cdot c_{OBT} \le C^{(П)}; \quad (15)$$

$$\frac{n_E\cdot c_E + n_P\cdot c_P}{N'} + \frac{c_{PK}}{N_{P1}} \le c_{OBT}, \quad (16)$$

змінні $n_E = 0,\ 1,\ 2,\ \ldots\ ;\ n_P = 0,\ 1,\ 2,\ \ldots$. (17)

У цьому випадку величина A_B також визначається з використанням наведеної вище математичної моделі функціонування системи відновлення ОВТ з використанням (8–13).

Етап 3. Визначення потрібної кількості N_{PE3} резервних зразків ОВТ.

Якщо кількість N' відновлених зразків ОВТ визначеною (на етапі 2) оптимальною кількістю n_E та n_P не буде меншою за визначену (на етапі 1) величину $\delta N^{(П)}$ (тобто, якщо $N' \ge \delta N^{(П)}$), це свідчитиме про відсутність потреби створювати резерв ОВТ ($N_{PE3} = 0$). В іншому разі (якщо $N' < \delta N^{(П)}$) кількість зразків, яку потрібно мати в резерві, повинна складати:

$$N_{PE3} = \delta N^{(П)} - N'. \quad (18)$$

Таким чином, визначена за допомогою запропонованого методу кількість n_E, n_P та N_{PE3} забезпечуватиме досягнення такої укомплектованості військ працездатними зразками ОВТ, яка дозволятиме підтримувати боєздатність військ на заданому рівні.

Висновки й перспективи подальших досліджень

У статті висвітлений метод визначення потрібної кількості евакуаційних та ремонтних відділень, величини резерву ОВТ для підтримання заданого рівня боєздатності військ. Новизна запропонованого методу полягає у такому: комплексно визначається потрібна кількість евакуаційних та ремонтних відділень, а також величини резерву ОВТ з позицій підтримання заданого рівня забезпеченості військ ОВТ; вирішення оптимізаційної задачі дозволяє знайти такий склад РВО, за якого витрати на компенсування втрат ОВТ були б мінімальними або не перевищували встановленого рівня; застосовується математична модель спільного функціонування евакуаційних та ремонтних органів (на основі СМО з очікуванням), яка досить адекватно відображає розглядуваний процес.

Перспективою подальших досліджень є розроблення методу прогнозування обсягів завдань з відновлення ОВТ, які виконуватимуть РВО під час операції.

Література

1. Шуєнкін В. О. Теоретичні основи матеріально-технічного забезпечення військ (сил) : навч. посіб. / В. О. Шуєнкін, І. С. Ішутін та ін. – К.: ЦНДІ ЗС України, 2010. – 923 с. **2. Романченко І. С.** Теоретичні основи аналізу, моделювання та синтезу системи матеріально-технічного забезпечення як просторово-розподіленої системи : монографія / І. С. Романченко, В. О. Шуєнкін, О. І. Хазанович, І. Ю. Марко. – К.: ЦНДІ ЗС України, 2013. – 221 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА ЭВАКУАЦИОННЫХ И РЕМОНТНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ, А ТАКЖЕ ВЕЛИЧИНЫ РЕЗЕРВА ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

Олег Владимирович Павловский *(канд. воен. наук, с.н.с.)*

Центральный научно-исследовательский институт Вооруженных Сил Украины, Киев, Украина

В статье изложен метод, который позволяет определять такое количество эвакуационных и ремонтных отделений, а также резервного вооружения и военной техники (ВВТ), которые в комплексе будут обеспечивать поддержание заданного уровня боеспособности войск с учетом финансовых ограничений. Отличие предложенного метода от известных состоит в следующем: комплексно определяется необходимое количество эвакуационных и ремонтных отделений, а также резервного ВВТ с позиций поддержания заданного уровня боеспособности войск ВВТ; решение оптимизационной задачи позволяет найти такой состав ремонтно-восстановительных органов (РВО), при котором расходы на компенсирование потерь ВВТ были бы минимальными или не превышали бы установленный уровень; применяется математическая модель совместного функционирования эвакуационных и ремонтных органов (на основе СМО з ожиданием), которая достаточно адекватно отражает рассматриваемый процесс.

Ключевые слова: *вооружения и военная техника; эвакуация; ремонт; резерв.*

DETERMINATION OF EVACUATION AND MAINTENANCE UNITS' NECESSARY AMOUNT AND THE WEAPON AND MILITARY EQUIPMENT RESERVE AMOUNT

Oleh V. Pavlovskyi *(Candidate of Military Sciences, Senior Research Fellow)*

Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The article describes the method that allows to define an amount of evacuation and maintenance units, and the amount of weapon and military equipment reserve, which in combination will ensure the maintenance of a certain level of troops' combat capability considering financial constraints. The difference between the proposed and known methods is: the necessity numbers of evacuation and maintenance units, the number of weapon and military equipment reserve have been considered from point of view of required combat readiness level support; the solving optimization issue allows to determine maintenance units structure, which minimize cost of losses compensations and let not exceed of specified limit; the method is based on the mathematical model of joint cooperation of maintenance and evacuation units (based on pending system of mass handling) that adequately reflects the process.

Keywords: *armament and military equipment; evacuation; maintenance; reserve.*

References

1. Shuenkin V.A., Ishutin I.S. (2010) Teoretical base of of logistic support of forces: training aid. [*Teoretychni osnovy materialno-tehnichnogo zabezpechenniy viysk (syl): navchalniy posibnyk*], CNDI ZSU, Kiev, 923 p. **2. Romanchenko I.S.,** Shuyenkin V.O., Khazanovich O.I., Marko I.U. (2013) Theoretical base of analyze, simulate and synthesis of logistic system as a distributed in range system: monography [*Teoretychni osnovy analizu, modeluvanniy ta syntezu materialno-tehnichnogo zabezpechenniy yak prostorovo-rozpodilenoi systemy*], CNDI ZSU, Kiev, 221 p.

Отримано: 09.10.2015 року