

УДК 355.6

І.Г. Давидов

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОБҐРУНТУВАННЯ ОБСЯГІВ ЗАПАСІВ МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ У ВІЙСЬКАХ

У статті приведений опис математичної моделі обґрунтування обсягів запасів матеріально-технічних засобів, що можуть бути створені для задоволення потреб військ.

**Ключові слова:** запаси матеріально-технічних засобів, втрати і витрати матеріально-технічних засобів.

### Вступ

#### Постановка проблеми в загальному вигляді.

Аналіз досвіду воєн та збройних конфліктів останніх десятиріч [1–6], проведення антитерористичної операції на сході держави переконливо свідчать про зростання впливу матеріально-технічного забезпечення (МТЗ) на здатність успішного ведення бойових дій військами.

Якісні зміни в технічному оснащенні військ за останні роки спричинили значне збільшення потреби в матеріально-технічних засобах (МТЗ).

Тенденція до збільшення обсягу МТЗ отримала сталий характер. Зі збільшенням енергооснащеності військ і зростанням їх технічної оснащеності зростає і їх потреба в МТЗ. Так, якщо щоденні витрати МТЗ на одного військовослужбовця в Першу світову війну становили 6 кг, у Другу світову війну – 20 кг, у 60-і роки – 90 кг, то на сьогодні – 150–200 кг. Тільки за останні 25 років витрати МТЗ у частинах і підрозділах виросли в 2–3 рази.

Розширився асортимент і номенклатура МТЗ. Тільки номенклатура боєприпасів у військовій ланці становить тисячі найменувань.

Крім значного зростання потреби військ у МТЗ, помічено, що витрати та втрати МТЗ протягом ведення бойових дій можуть суттєво відрізнитися від середньодобових (за окремими видами МТЗ в 3–4 рази).

Це підвищує вимоги до визначення необхідних обсягів запасів МТЗ.

Великі витрати МТЗ під час бойових дій, нерівномірність величини їх витрат і втрат вимагають вирішення важливого практичного завдання, а саме, створення відповідних запасів МТЗ. Звідси випливає важлива проблема, яка полягає у необхідності мати математичні моделі, які б надавали можливість проводити розрахунки обсягів створюваних запасів МТЗ з урахуванням сучасних вимог ведення бойових дій.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Публікації в науковій літературі щодо порушеного питання практично не зустрічаються, або ця тематика розкривається в загальних рисах, що не дозволяє

провести їх детальний аналіз.

Аналіз методик, що використовуються в штабах та органах забезпечення, які займаються визначенням необхідних обсягів запасів МТЗ, дозволяє констатувати відсутність прийнятних аналітичних методів вирішення завдання визначення запасів МТЗ із використанням математичних виразів, залежностей та логічних правил для опису досліджуваного процесу з необхідною адекватністю. Розрахунки, які за ними здійснюються, не відповідають сучасним вимогам (за оцінками спеціалістів, результати розрахунків щодо обсягів запасів зазвичай не збігаються з реальною потребою військ).

Застосовувані методики базуються на елементарних математичних залежностях і забезпечують проведення лише приблизних розрахунків невідомих показників. Методики не передбачають застосування не лише стохастичних, а й навіть детермінованих математичних моделей для опису функціонування системи МТЗ, що є необхідною умовою коректного вирішення завдання визначення обсягів запасів МТЗ. Крім того в математичних моделях, на яких ґрунтуються зазначені методики, не враховується нерівномірність втрат озброєння і військової техніки (ОВТ) та витрат інших МТЗ протягом певного періоду ведення бойових дій, які оцінюються в середньому.

Тому, **метою статті** є опис математичної моделі обґрунтування обсягів запасів МТЗ, що створюються для задоволення потреб військ протягом певного періоду ведення бойових дій.

### Виклад основного матеріалу

Запаси МТЗ накопичуються з метою забезпечення військ МТЗ замість витрачених і втрачених протягом певного періоду бойових дій. На сьогодні, визначення втрат ОВТ і витрат інших МТЗ проводяться з використанням їх середньодобових показників, визначеними діючими керівними документами. Водночас, відомо, що витрати МТЗ та втрати озброєння і військової техніки під час бойових дій є нерівномірними. Через світову тенденцію

до збільшення витрат МтЗ та втрат ОВТ під час бойових дій [1–6], їх обсяги є значними і розрахунки, які ґрунтуються на середньодобових показниках, можуть привести до значних похибок, що можуть мати вирішальний вплив на здатність військ у цілому виконувати визначені завдання. Відповідно до особливостей побудови угруповань військ, під час визначення обсягу запасів МтЗ необхідним є врахування нерівномірності величини втрат ОВТ і витрат інших МтЗ протягом певного періоду ведення бойових дій. Звідси виникає задача отримання певної залежності, яка б адекватно відображала перебіг подій щодо цього.

Відомо, що втрати ОВТ і витрати інших МтЗ мають статистичний характер: їх запаси витрачаються не всі одночасно, а протягом визначеного періоду. При цьому встановлено, що обсяги запасів ОВТ та інших МтЗ, витрачених і втрачених за одиницю часу, складають певну частину поточних запасів ОВТ та інших МтЗ, визначену для кожного типу МтЗ. Позначимо інтенсивність зміни обсягу запасів ОВТ та інших МтЗ як  $\varepsilon_N$  та  $\varepsilon_q$  відповідно.

Отже, обсяг запасів ОВТ  $dN$  та інших МтЗ  $dQ$ , витрачених і втрачених за час  $dt$ , дорівнює  $\varepsilon_N N dt$  та  $\varepsilon_q Q dt$  відповідно, де  $N, Q$  – поточний обсяг запасів ОВТ та інших МтЗ певного виду на час  $t$  [7], і ми отримуємо диференціальні рівняння:

$$\begin{aligned} dN &= -\varepsilon_N N dt; \\ dQ &= -\varepsilon_q Q dt, \end{aligned}$$

де  $N, Q$  – поточний обсяг запасів ОВТ та інших МтЗ певного виду на час  $t$ ;  $\varepsilon_N, \varepsilon_q$  – інтенсивність зміни обсягу запасів ОВТ та інших МтЗ.

Тут приріст функції замінюється диференціалом, відкидаючи тим самим безкінечно малі величини вищого порядку малості, ніж  $dt$ .

Знак мінус показує, що поточні обсяги запасів ОВТ та іншими МтЗ з часом зменшуються.

Після розподілу змінних отримуємо систему диференціальних рівнянь, які являють собою однорідну систему диференціальних рівнянь першого порядку і надають змогу описати процес зміни забезпеченості військ ОВТ та іншими МтЗ.

Об'єднання диференціальних рівнянь у систему обумовлено залежністю обсягів запасів певного виду МтЗ  $Q$  від обсягів запасів ОВТ певного типу  $N$ , для забезпечення яких вони призначені, а саме:

$$Q = kN,$$

де  $k$  – певний коефіцієнт пропорційності.

Система диференціальних рівнянь матиме вигляд:

$$\begin{cases} \frac{dN}{dt} = -\varepsilon_N N; \\ \frac{dQ}{dt} = -\varepsilon_q Q \end{cases}$$

або

$$\begin{cases} \frac{dN}{N} = -\varepsilon_N dt; \\ \frac{dQ}{Q} = -\varepsilon_q dt. \end{cases}$$

Звідси після інтегрування знаходимо:

$$\begin{cases} \ln N = -\varepsilon_N t + \ln C_N; \\ \ln Q = -\varepsilon_q t + \ln C_q \end{cases}$$

або

$$\begin{cases} N = C_N e^{-\varepsilon_N t}; \\ Q = C_q e^{-\varepsilon_q t}, \end{cases}$$

де  $C_N, C_q$  – довільні постійні.

Якщо відомо початковий обсяг запасів ОВТ та інших МтЗ ( $N_0, Q_0$ ) при  $t = 0$ , то можна визначити довільні постійні  $C_N, C_q$ :

$$\begin{aligned} C_N &= N_0; \\ C_q &= Q_0, \end{aligned}$$

де  $N_0, Q_0$  – обсяг запасів ОВТ та інших МтЗ певного виду на час  $t = 0$ .

Таким чином, рішенням цієї системи диференціальних рівнянь є дві подібні функції, що являють собою експоненти:

$$\begin{cases} N = N_0 e^{-\varepsilon_N t}; \\ Q = Q_0 e^{-\varepsilon_q t}. \end{cases}$$

Використання експоненти пояснюється тим, що вона є результатом вирішення задачі, а саме, системи диференціальних рівнянь, що відображає так званий «процес чистої загибелі» [8].

Пів час визначення параметрів процесів втрат ОВТ, витрат МтЗ суттєвим є введення коефіцієнта  $\gamma$ , який надає можливість урахувати нерівномірність величини втрат ОВТ, витрат інших МтЗ за добами операції.

Коефіцієнти приведення  $\gamma$ , які визначають швидкість зміни забезпеченості військ МтЗ, обчислюються з урахуванням середньодобових норм втрат ОВТ та витрат інших МтЗ під час певного періоду бойових дій, а також величини залишкового запасу МтЗ.

Визначення параметрів процесу втрат ОВТ:

$$\varepsilon_N = \gamma_N \beta_s;$$

$$\gamma_N = \frac{\ln \left[ (1 - \beta_s T_{\text{бд}})^{-1} \right]}{\beta_s T_{\text{бд}}},$$

де  $\beta_s$  – середньодобові відносні втрати зразків ОБТ s-го типу під час бойових дій;

$T_{\text{бд}}$  – тривалість періоду ведення бойових дій.

Визначення параметрів процесу витрат інших МтЗ:

$$\varepsilon_q = \frac{\gamma_q}{T_{\text{бд}}};$$

$$\gamma_q = - \left\{ \ln \left[ \frac{Q_{\text{зз}}}{\Delta Q T_{\text{бд}}} \right] \right\},$$

де  $Q_{\text{зз}}$  – величина залишкового запасу МтЗ;

$\Delta Q$  – середньодобові норми витрат МтЗ.

### Висновки

Отже, в статті наведено опис математичної моделі обґрунтування обсягів запасів МтЗ, що створюються для задоволення потреб військ, у якій уперше для врахування нерівномірності величини втрат ОБТ і витрат інших МтЗ протягом певного періоду ведення бойових дій було використано однорідну систему диференціальних рівнянь першого порядку.

Математична модель може бути використана для визначення обсягу запасів МтЗ у службах забезпечення.

Перспективи подальших досліджень у цьому напрямку пов'язані з визначенням необхідних обсягів запасів МтЗ з урахуванням їх подачі у війська.

### Список літератури

1. Рукишин А.С. Военное искусство в локальных войнах и вооруженных конфликтах. Министерство обороны Российской Федерации [Текст] / А.С. Рукишин. – М., 2009. – 387 с.
2. Никитенко Е.Г. Афганистан: От войны 80-х до прогноза новых войн [Текст] / Е.Г. Никитенко. – М.: Астрель, 2004. – 147 с.
3. Квашинин А.В. Вооруженный конфликт на Северном Кавказе: уроки и выводы [Текст] / А.В. Квашинин. – М.: ГШ ВС РФ, 2003. – С. 191-196.
4. Куликов А.С. Чеченский узел: Хроника вооруженного конфликта [Текст] / А.С. Куликов, С.А. Лембик. – М., 2000. – С. 10-15.
5. Доценко В.Д. Флоты в локальных конфликтах второй половины XX века [Текст] / В.Д. Доценко. – М.: Издательство АСТ, 2001. – 512 с.
6. Сисоев О.О. Проблемы, тенденции и перспективы развития системы технического обеспечения войск (сил) у войнах і збройних конфліктах кінця 20 і початку 21 століття [Текст]: навч. посіб. / О.О. Сисоев, І.С. Ішутін, В.В. Івченко. – К.: НАОУ, 2004. – 98 с.
7. Гутер Р.С. Дифференциальные уравнения: учеб. пособ. для вузов [Текст] / Р.С. Гутер, А.Р. Янпольский. – М.: Высшая школа, 1976. – С. 32-33.
8. Шуенкин В.А. Прикладные модели теории массового обслуживания [Текст] / В.А. Шуенкин, В.С. Донченко. – К.: НМК ВО, 1992. – 398 с.

Надійшла до редколегії 11.01.2017

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. О.І. Хазанович, Центральный научно-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ.

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБОСНОВАНИЯ ОБЪЕМОВ ЗАПАСОВ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В ВОЙСКАХ

И.Г. Давыдов

В статье приведено описание математической модели обоснования объемов запасов материально-технических средств, которые могут быть созданы для удовлетворения потребностей войск.

**Ключевые слова:** запасы материально-технических средств, потери и расход материально - технических средств.

### THE MATHEMATICAL MODEL OF A SUBSTANTIATION OF VOLUMES OF RESERVES OF TECHNICAL AND MATERIAL MEANS

I. Davydov

In the article the exposition of mathematical model of a substantiation of volumes of reserves of technical and material means, which could be founded to satisfy needs of forces.

**Keywords:** reserves of technical and material means, losses and expenses of technical and material means.