

УДК (075.8)311



В. П. Городнов



Д. В. Лісовенко



В. С. Дружинін

МОДЕЛЬ ДИНАМІКИ ОБСЯГУ ПАЛИВА У СИСТЕМІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАЛИВОМ ВІЙСЬК ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧНОГО УГРУПОВАННЯ

Уперше отримано формули моделі динаміки обсягу палива у системі забезпечення паливом військ оперативно-тактичного угруповання та моделі для розрахунку часу до моменту зниження обсягу палива до порогового рівня, що дасть можливість надалі прогнозувати і попереджати можливі проблеми з наявністю необхідного обсягу палива у системі забезпечення паливом військ та вживати заходи щодо своєчасного забезпечення підрозділів пально-мастильними матеріалами у ході бойових дій.

Ключові слова: органи управління, паливо, система забезпечення паливом, динаміка обсягу палива, потік заявок, модель.

Постановка проблеми. Під час ведення активних бойових дій витрати матеріально-технічних засобів, як правило, мають тенденцію до зростання, що призводить до потреби їх своєчасного поповнення.

Система забезпечення паливом військ оперативно-тактичного угруповання (СЗПВ_{оту}) – це система військового призначення, до складу якої входять органи управління (ОУ) служби пального з підпорядкованими силами, засобами, матеріальними запасами та транспортними комунікаціями у смузі дій військ. Функціонування такої системи спрямоване на досягнення головного завдання – забезпечення паливом і мастильними матеріалами військ з метою виконання ними завдань у мирний та військовий час в усіх ланках управління. Розподіл та переміщення пально-мастильних матеріалів у СЗПВ_{оту} здійснюється за напрямками забезпечення.

Система забезпечення паливом військ оперативно-тактичного угруповання є ієрархічною системою, до складу якої входять системи забезпечення паливом підлеглих органів (з'єднань СЗВП_{з'єдн.} і частин СЗВП_{част.}) у кількості, яка визначена завданнями та складом угруповання військ.

В оперативно-тактичному угрупованні військ система забезпечення паливом реалізується силами та засобами батальйону матеріального забезпечення (бМЗ) у взаємодії з підрозділами логістики підлеглих частин та з'єднань [взводами

та групами матеріального забезпечення (вМЗ, грМЗ)]. Кожен з таких підрозділів фактично виконує функції з вирішення завдань системою забезпечення паливом військ у своїй ланці. Управління такою системою здійснюється через органи управління служби пального (ОУ_{сп}) штабів логістики на всіх рівнях ієрархії (у частинах, з'єднаннях, угрупованні військ), у розпорядженні яких є сили та відповідні засоби.

Військові формування оперативно-тактичного угруповання військ за ієрархією підпорядкованості (рис. 1) подають заявки про поточні або про виниклі потреби у паливі органу управління служби пального вищого штабу логістики, який може мати у своєму розпорядженні засоби часткового або повного забезпечення цих потреб.

Заявка на паливо містить донесення і повідомлення про потреби у паливі та техніці служби пального (витрати і втрати), що передаються до вищого штабу логістики, як у встановлені терміни, так і у заздалегідь невідомі моменти часу. Кількість заявок, які подаються до штабів логістики у системах забезпечення паливом військ на всіх рівнях ієрархії, визначається кількістю підрозділів, що знаходяться на забезпеченні по службі пально-мастильних матеріалів відповідних органів, та поточною бойовою обстановкою. Обслуговування заявок із постачання палива до кожного органу в ієрархії системи забезпечення паливом військ ОТУ здійснюється за визначеними напрямками і залежить від наявності достатнього обсягу палива та можливостей транспорту підвезення у підрозділах тилового забезпечення (вМЗ, грМЗ, бМЗ).

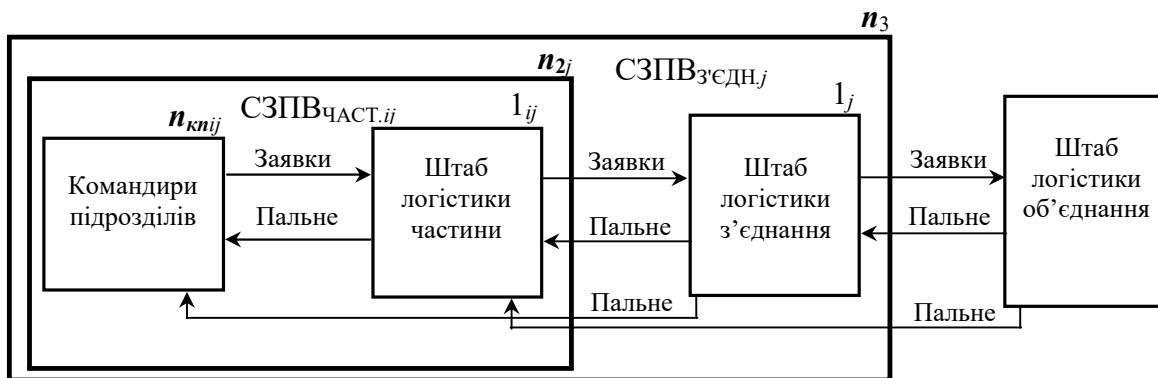


Рисунок 1 – Функціональна схема системи забезпечення паливом військ оперативно-тактичного угруповання (варіант)

Варіант обраної структури системи забезпечення паливом у кожній ланці управління залежить від прийнятого рішення на бойове застосування відповідних підрозділів, частин та з'єднань військ ОТУ в ході операції (бою).

Такий варіант (див. рис. 1) може містити до n_3 з'єднань ($j=1, \dots, n_3$) та до n_{2j} ($i=1, \dots, n_{2j}$) військових частин у кожному j -му з'єднанні.

Для поповнення своїх запасів палива орган управління служби пального відповідного штабу логістики подає заявку (донесення) за підпорядкованістю до вищого штабу логістики, від якого у встановлені терміни одержує недостатній обсяг палива.

Обидва процеси – отримання заявок і доставка палива до підрозділів та відправка заявок до вищого штабу логістики й отримання звітів недостатнього обсягу палива – пов'язані із заздалегідь невідомими (випадковими) моментами часу та із запасами наявних і необхідних обсягів палива.

Таким чином, кожен орган управління служби пального в ієрархії оперативно-тактичного угруповання військ виявляється під впливом вхідного потоку заявок на поповнення запасів палива від нижчих підрозділів й одночасно є джерелом заявок (планових і позапланових) та споживачем поповнення запасів палива від вищого за ієрархією штабу логістики (рис. 1).

Можливість виконати свої функції кожним органом управління служби пального на всіх рівнях ієрархії виникає за наявності достатнього поточного обсягу палива у розпорядженні цього органу та за умови наявності у нього необхідної кількості засобів доставки палива у свої підрозділи чи у підлеглі органи управління системи забезпечення паливом відповідного рівня.

У зв'язку з цим завдання оцінювання і прогнозування ефективності роботи системи забезпечення паливом військ оперативно-тактичного угруповання та кожної її підсистеми [систем забезпечення паливом нижчих ланок управління, (див. рис. 1)] поділяється на завдання оцінювання і прогнозування достатності обсягу палива у розпорядженні кожного органу управління служби пального такої системи та на завдання оцінювання та прогнозування для кожної системи достатності транспортних засобів доставки палива.

Кожне з цих завдань пов'язане із заздалегідь невідомими (випадковими) моментами часу та обсягами наявного і необхідного палива.

Вирішити зазначені завдання можна шляхом побудови моделі динаміки обсягу палива та моделі оцінювання достатності складу транспортних засобів, що є у розпорядженні кожного органу управління служби пального ієрархічної системи штабів логістики, для доставки палива у свої підрозділи та/або до нижчих органів управління системи забезпечення паливом військ оперативно-тактичного угруповання.

Завдання оцінювання достатності складу транспортних засобів у розпорядженні кожного органу управління служби пального може бути актуальним лише у разі попереднього оцінювання достатності палива у цьому органі управління служби пального, що робить актуальною проблему розроблення моделі динаміки обсягу палива для кожної ланки управління (для кожного рівня ієрархії) у системі забезпечення паливом військ оперативно-тактичного угруповання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні є керівні документи [1, 2, 3],

монографії [4–7], підручники [8, 9, 10], розроблені методи і методики [11–16], наукові праці та публікації [17–20], у яких тією чи іншою мірою розглядаються важливі питання щодо забезпечення військ паливом, а саме: порядку обґрунтування вимог до величини запасів витратних матеріально-технічних засобів в операції (у бою) [9, 12, 20]; порядку створення необхідних на операцію запасів за їх видами [3, 6, 9, 17, 19]; розроблення методів визначення раціонального порядку ешелонування запасів матеріально-технічних засобів з урахуванням прогнозованих їх витрат [4, 6, 17, 18]; розроблення методик оцінювання ефективності системи матеріального забезпечення та її елементів [5, 15, 16]; можливостей транспорту підрозділів матеріального забезпечення [5, 9, 19, 20] та ін.

Однак за підсумками проведених штабних навчань [21] було встановлено особливість, яка полягає у тому, що існуючий науково-методичний апарат забезпечує вирішення лише окремих питань оцінювання ефективності функціонування системи забезпечення паливом у різних ланках управління. На жаль, наразі в органах управління служби пального бракує «інструменту», використання якого може запобігти зниженню обсягів палива у системі забезпечення паливом до рівня, нижчого за пороговий (критичний).

Метою статті є розроблення моделі динаміки обсягу палива у системі забезпечення паливом військ оперативно-тактичного угруповання.

Виклад основного матеріалу. У ході бойових дій паливо витрачається озброєнням та військовою технікою підрозділів з різною швидкістю, тому потреба у поповненні його запасів у підрозділах оперативно-тактичного угруповання військ настає у різні часи та у різних обсягах.

Об'єктом дослідження є процес динаміки обсягу палива у системі забезпечення паливом військ оперативно-тактичного угруповання.

Предметом дослідження є моделювання процесу динаміки обсягу палива в органах та загалом у системі забезпечення паливом військ оперативно-тактичного угруповання.

Динаміка обсягу палива, яке є у розпорядженні органу управління служби пального у кожній ланці управління (у техніці, на складах), у процесі функціонування системи забезпечення паливом пов'язана із заздалегідь невідомими моментами надходження заявок (донесень) та обсягами палива на забезпечення підрозділів відповідно до цих заявок, а також з відправкою заявок (донесень) вищому штабу й отриманням від нього необхідного обсягу палива.

Для формалізації цього процесу введемо такі позначення:

I_c – спостережувана витрата (інтенсивність витрати) обсягу палива на добу;

I_s – обсяг палива, що поставляється (інтенсивність поставок) на добу, керована змінна;

S_0 – початковий обсяг палива у системі;

S_b – поточний обсяг палива у системі на момент t (добу);

S_{il} – пороговий рівень обсягу палива у системі, нижче за який виникає недопостачання палива підрозділам;

t_{il} – час, що залишився до моменту зниження обсягу палива у системі до порогового рівня;

$\eta = (-I_c + I_s)$ – сумарна інтенсивність зміни обсягу палива у системі на добу.

Наявність безлічі джерел і заявок про потребу в паливі, що надходять до кожного органу управління системи забезпечення паливом (на кожному i -му рівні ієрархії (див. рис. 1), дає змогу використовувати відому теорему О. Я. Хінчина про формування потоку заявок з показовою щільністю розподілу заявок [22] та використовувати математичний апарат марківських процесів із застосуванням диференціальних рівнянь Колмогорова.

У цьому випадку процес зміни обсягу палива у будь-якому органі управління служби пального системи забезпечення паливом можна подати графічно (рис. 2) та описати аналітично [23] диференціальним рівнянням Колмогорова:

$$\frac{dS_b}{dt} = S_b \cdot \eta = S_b \cdot (-I_c + I_s). \quad (1)$$

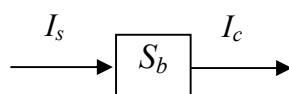


Рисунок 2 – Модель динаміки обсягу палива у розпорядженні органу управління служби пального системи забезпечення паливом військ оперативно-тактичного угруповання

Вираз (1) є лінійним диференціальним рівнянням зі змінними, які розділяються, що дає можливість уявити його у вигляді, більш зручному для інтегрування:

$$\frac{dS_b}{S_b} = \eta \cdot dt. \quad (2)$$

Застосуємо операцію невизначеного інтеграла [23] до лівої та правої частин рівності (2). Рівність при цьому не порушиться, отримаємо такий вираз:

$$\ln|S_b| = \eta \cdot t + C_1. \quad (3)$$

Для зручності використання основної логарифмічної тотожності довільну константу у рівності (3) подаємо у формі

$$C_1 = \ln C. \quad (4)$$

Тоді вираз (3) набере вигляду

$$\ln|S_b| = \eta \cdot t + \ln C. \quad (5)$$

Після потенціювання та використання основної логарифмічної тотожності отримаємо таку формулу:

$$S_b = e^{\eta \cdot t + \ln C} = e^{\eta \cdot t} e^{\ln C} = e^{\eta \cdot t} C. \quad (6)$$

Для визначення значення довільної константи у розв'язанні задачі Коші врахуємо початкові умови роботи системи, яка у початковий момент часу мала паливо обсягом S_0 , і отримаємо

$$S_b(t=0) = e^{\eta \cdot 0} C = e^{\eta \cdot 0} C = C = S_0. \quad (7)$$

Таким чином, довільна константа дорівнюватиме початковому обсягу палива, наявному у розпорядженні органу управління служби пального системи забезпечення паливом:

$$C = S_0. \quad (8)$$

Розрахунковий вираз моделі динаміки обсягу палива знайдемо шляхом послідовних міркувань:

$$S_b = e^{\eta \cdot t} C = e^{\eta \cdot t} S_0 = S_0 e^{\eta \cdot t}. \quad (9)$$

Отже, поточний обсяг палива у розпорядженні органу управління служби пального у системі забезпечення паливом на момент часу t (діб) можна зобразити у такому вигляді:

$$S_b = S_0 e^{\eta \cdot t}. \quad (10)$$

Вираз моделі (10) динаміки обсягу палива в органі системи забезпечення паливом військ ОТУ можна подати з урахуванням значень змінної величини η і з явним уявленням керованої змінної I_s :

$$S_b = S_0 e^{(-I_c + I_s) \cdot t}. \quad (11)$$

Отримані вирази (10) та (11) моделі динаміки обсягу палива в органі системи забезпечення паливом військ ОТУ дають змогу оцінити час t_{il} , що залишився до моменту зниження обсягу палива у цьому органі системи до порогового рівня S_{il} . Покроково знаходимо:

$$S_b = S_0 e^{\eta \cdot t} = S_{il}, \quad e^{\eta \cdot t_{il}} = \frac{S_{il}}{S_0},$$

$$\eta \cdot t_{il} = \ln\left(\frac{S_{il}}{S_0}\right) = \ln(S_{il}) - \ln(S_0). \quad (12)$$

Вираз для часу, що залишився до моменту зниження обсягу палива у розпорядженні органу управління служби пального системи забезпечення паливом військ ОТУ до порогового рівня, набере такого вигляду:

$$t_{il} = \frac{1}{\eta} \ln\left(\frac{S_{il}}{S_0}\right). \quad (13)$$

В інтересах практичних розрахунків згаданого часу та з явним уявленням керованої змінної I_s урахуємо значення змінної величини η .

Тоді остаточний вираз для розрахунку часу, що залишився до моменту зниження обсягу палива у розпорядженні органу управління служби пального системи забезпечення паливом військ ОТУ до порогового рівня, матиме такий вигляд:

$$t_{il} = \frac{1}{(-I_c + I_s)} [\ln(S_{il}) - \ln(S_0)]. \quad (14)$$

Вирази (10) і (11) моделі динаміки обсягу палива в органі системи забезпечення паливом військ ОТУ та вираз (14) моделі для розрахунку часу до моменту зниження обсягу палива до порогового рівня отримані вперше.

Послідовне застосування розробленої моделі (10), (11), (14) до кожного органу в ієрархії системи забезпечення паливом військ ОТУ дає можливість оцінювати динаміку і прогнозувати допустимість запасів палива у кожному такому органі та у всій системі забезпечення паливом військ ОТУ в цілому.

Висновки

У статті розроблено модель динаміки обсягу палива у системі забезпечення паливом військ оперативного-тактичного угруповання.

Використання розробленого математичного «інструменту» дає змогу органам управління служби пального передбачити можливі проблеми з наявністю необхідного обсягу палива у кожному органі системи забезпечення паливом на всіх рівнях ієрархії та у динаміці роботи штабів вчасно вживати заходи для безперервного забезпечення паливом підрозділів оперативного-тактичного угруповання військ в умовах ведення операції (бойових дій).

Використання розробленої моделі також може сприяти запобіганню зриву виконання бойових завдань військами оперативного-тактичного угруповання з причин непередбачуваного зниження запасів пального до рівня, нижчого за критичний (допустимий).

Подальші дослідження пов'язані із побудовою моделі оцінювання та прогнозування достатності транспортних засобів доставки палива, які є у розпорядженні органів управління служби пального на всіх рівнях ієрархії системи забезпечення паливом військ оперативного-тактичного угруповання.

Перелік джерел посилання

1. Тимчасовий бойовий статут «Механізованих військ Сухопутних військ Збройних сил України. Частина I (бригада)»: затв. наказом командувача Сухопутних військ ЗСУ від 09.03.2021 р. № 152.

2. Бойовий статут механізованих і танкових військ Сухопутних військ Збройних Сил України. Частина II (батальйон, рота): затв. наказом командувача Сухопутних військ ЗСУ від 30.12.2016 р. № 238.

3. Про затвердження Норм безповоротних втрат, виходу в ремонт озброєння та військової техніки, витрат інших матеріально-технічних засобів в операціях Збройних Сил України: наказ Генерального штабу ЗСУ від 26.01.2016 р. № 002.

4. Розвиток теорії матеріально-технічного забезпечення військ: монографія / І. С. Романченко та ін. Львів: НА СВ, 2019. 650 с.

5. Теоретичні основи аналізу, моделювання та синтезу системи матеріально-технічного забезпечення як просторово-розподіленої системи: монографія / І. С. Романченко та ін. Київ: ЦНДІ ЗСУ, 2013. 221 с.

6. Шуєнкін В. А., Донченко В. С., Константинов С. Н., Шапировский В. Ю.

Математические модели управления запасами: учеб. пособие. Киев: Междунар. фин. Агентство, 1997. 302 с.

7. Куш И. И. Тыловое обеспечение подразделений в бою. М.: Воениздат, 1973. 165 с.

8. Військовий тил. Частина I. Основи тилового забезпечення військових частин (підрозділів), тактичних груп: навч. посіб. / В. В. Ткаченко та ін. Київ: НУОУ, 2020. 290 с.

9. Власов І. О., Воробйов О. М., Угринович О. І. Забезпечення пально-мастильними матеріалами військ (сил): підручник. Київ: НУОУ, 2020. 128 с.

10. Ткаченко В. В., Власов І. О., Воробйов О. М. Військовий тил. Частина II. Тилове забезпечення окремої механізованої (танкової) бригади: навч. посіб. Київ: НУОУ, 2020. 440 с.

11. Навчально-методичні документи для проведення розрахунків з визначення потреби у матеріальних засобах служб тилу на проведення операцій (бойових дій) (за напрямом служб тилу). Київ: КСЛ ЗСУ, 2020. 14 с.

12. Кубаль Р. В. Методика обґрунтування вимог до системи забезпечення військ (сил) паливом. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. 2018. № 1 (31). С. 132–136.

13. Методика роботи посадових осіб та органів управління по управлінню тилом з'єднання (частини): навч. посіб. Київ: НАОУ, 1997. 118 с.

14. Кубаль Р. В. Методика визначення потреби Збройних Сил України у пально-мастильних матеріалах на проведення операцій (бойових дій). Київ: ЦУЗ ПММ ЗСУ, 2018. 8 с.

15. Шуєнкін В. О. Метод визначення ефективності системи управління матеріально-технічним забезпеченням військ (сил). *Наука і оборона*. 2003. № 4. С. 18–20.

16. Наконечний О. В. Методика оцінювання ефективності функціонування системи логістичного забезпечення сил оборони держави. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2020. № 1(38). С. 54–60.

17. Почтар В. П., Гриневич В. В. Методичний підхід до визначення обсягів недоторканих запасів матеріально-технічних засобів. *Збірник наукових праць Центрального науково-дослідного інституту Збройних Сил України*. Київ: ЦНДІ ЗСУ, 2012. № 2 (60). С. 255–261.

18. Трегубенко С. С. Обґрунтування порядку ешелонування запасів матеріально-технічних засобів для проведення оборонної операції армійського корпусу: дис. ... канд. військ. наук: 20.01.05. Київ. 2009. 207 с.

19. Тарасов О. В. Удосконалення обсягів та порядку утримання запасів пально-мастильних матеріалів. *Системи озброєння і військова техніка*. 2015. № 4. С. 44–47.

20. Кривогуз Г. І. Пропозиції щодо удосконалення методики визначення обсягів підвезення матеріальних засобів служб тилу підрозділам механізованого батальйону під час підготовки та ведення бойових дій. *Збірник наукових праць Військової академії* (м. Одеса). Одеса : ВА, 2018. № 2 (10). С. 98–111.

21. Підсумки проведення стратегічного КШН з органами військового управління «Весняний грім-2016». Київ : Штаб тилу ЗСУ, 2016.

22. Хинчин А. Я. Работы по математической теории массового обслуживания / под ред. Б. В. Гнеденко. М. : Физматгиз, 1963. 236 с.

23. Городнов В. П. Вища математика (популярно, із прикладами) : підручник для студ. екон. спец. вищ. навч. закл. 3-є вид. Харків : Акад. ВВ МВС України, 2013. 372 с.

Стаття надійшла до редакції 08.07.2023 р.

UDC (075.8)311

Gorodnov V., Lisovenko D., Druzhynin V.

FUEL VOLUME DYNAMICS MODEL IN FUEL SUPPLY SYSTEM OF THE UNITS OF OPERATIONAL TACTICAL TASK FORCE

Based on the lessons learned from the anti-terrorist operation (ATO) and the Joint Forces operation (JFO) in the war with the Russian Federation, it can be concluded that today one of the conditions for maintaining the units of the Armed Forces of Ukraine in a combat-ready state during conducting the combat actions is the timely supply of the troops with petrol, oil and lubricants (POL).

The variety of ways of conducting modern warfare is contingent on the rapid change in the situation, the conduct of hostilities at an extended frontage, to a greater depth and at a higher pace than before which can cause an unexpected increase in fuel consumption and a decrease in its reserves below acceptable standards. As a result of the increased motor operating time of military equipment, reasons may arise that will not allow to solve the following combat tasks (transition to maneuverable defense, counterattack of troops or pursuing of the enemy) successfully. One of these reasons may be a lack of fuel.

The article provides for the first time the expressions of the fuel volume dynamics model in the fuel supply system of the operational tactical Task Force (OTTF) and the model for calculating the time before reducing the fuel volume to the threshold level.

The consistent application of the developed model to each body in the hierarchy of the fuel supply system of the OTTF troops allows to evaluate the dynamics and predict the admissibility of fuel reserves in each such body and in the entire fuel supply system of the OTTF troops as a whole and in the dynamics of the headquarters functioning in order to take timely measures to obtain fuel in time by the troops of the operational tactical Task Force in the conditions of conducting operations (combat actions).

Keywords: HQ elements, fuel, fuel supply system, fuel volume dynamics, requests application, and model.

Городнов Вячеслав Петрович – доктор військових наук, професор, професор кафедри тактико-спеціальної підготовки Національної академії Національної гвардії України

<https://orcid.org/0000-0001-8593-8871>

Лісовенко Денис Валентинович – кандидат технічних наук, доцент, заступник начальника академії з наукової роботи – начальник науково-організаційного відділу, Військова академія (м. Одеса)

<https://orcid.org/0000-0002-0006-8035>

Дружинін Віталій Світозарович – ад'юнкт Військової академії (м. Одеса)

<https://orcid.org/0000-0001-8254-1836>