

В.П. Городнов<sup>1</sup>, В.А. Кириленко<sup>2</sup>, А.В. Шевченко<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Національна академія Національної гвардії України, Харків

<sup>2</sup> Національна академія Державної прикордонної служби України ім. Б. Хмельницького, Хмельницький

<sup>3</sup> Головний центр підготовки особового складу Державної прикордонної служби України ім. генерал-майора І. Момота, Черкаси

## КОМПЛЕКСНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ МАТЕРІАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОКРЕМОЇ ПРИКОРДОННОЇ БОЙОВОЇ КОМЕНДАТУРИ В ОСОБЛИВИЙ ПЕРІОД

*Представлена комплексна модель оцінки і прогнозу ефективності системи матеріального забезпечення з урахуванням її впливу на оперативно-службові можливості (ОСМ) прикордонного підрозділу, для якого введені показники ОСМ. Встановлено залежність цих показників від ступеня повноти і своєчасності поставок матеріальних засобів. Модель дозволяє забезпечити своєчасну доставку матеріальних засобів в умовах наявності їх випадкової витрати, а також розрахувати необхідний боєкомплект для прикордонних нарядів, що дозволяє витримати бій з диверсійно-розвідувальною групою противника до моменту підходу підкріплення.*

**Ключові слова:** модель, матеріальне забезпечення, державний кордон, бій, математична статистика, марківські процеси, показник і критерій ефективності.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Відповідно до Закону [1] основний обсяг завдань з охорони державного кордону (ДК) безпосередньо виконує особовий склад підрозділів Державної прикордонної служби України (ДПСУ), в тому числі вздовж лінії розмежування в зоні операції об'єднаних сил (ООС). Одним з таких підрозділів є окрема бойова прикордонна комендатура (ОБПК) – далі «підрозділ». Ведення операції, відповідно до Закону [2, ст. 1], відповідає умовам особливого періоду, в рамках якого можуть застосовуватися всі форми і способи військових дій. Виконання завдань охорони ДК в умовах особливого періоду залежить від укомплектованості і рівня підготовки особового складу підрозділів, а також від повноти і своєчасності заходів всіх видів всебічного, в тому числі матеріального, забезпечення.

Завдання матеріального забезпечення включають визначення потреб і своєчасну доставку в підрозділи – паливно-мастильних матеріалів, продовольства, речового майна, інших елементів матеріального забезпечення, а також підвезення матеріальних засобів і боєприпасів.

Витрата матеріальних засобів в ході оперативно-службової діяльності (ОСД) підрозділів має дві компоненти – планову нормативну, наприклад, витрата продуктів харчування, і випадкову, наприклад, витрата боєприпасів. Випадковість і неповторність подій, що викликають додаткові витрати засобів, породжує самостійну проблему передбачення часу,

до якого засоби можуть бути вичерпані зовсім або до заданого рівня. Нестача матеріальних засобів може знижувати можливості підрозділів по виконанню оперативно-службових завдань і приводити до непоправних наслідків. Так, нестача боєприпасів в ході бою з диверсійно-розвідувальною групою (ДРГ) може призвести до ураження прикордонників і прориву ДРГ вглиб території країни.

Система матеріального забезпечення (СМЗ) виконує допоміжні функції, необхідні для реалізації завдань ОСД. Тому ізольованої, самостійної ефективності така система не має. У той же час, збої в роботі СМЗ – неповна, несвоєчасна доставка засобів, можуть знижувати можливості прикордонних підрозділів.

У підсумку, оцінка ефективності СМЗ прикордонного підрозділу породжує дві проблеми. Перша – проблема формування показників для оцінки оперативно-службових можливостей (ОСМ) щодо виконання завдань ОСД особовим складом підрозділу. Друга – проблема визначення зв'язку цих показників з рівнем повноти і своєчасності поставок засобів МОЗ та формування відповідних показників ефективності СМЗ, як системи, що впливає на показники ОСМ підрозділу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В [3–4] і в інших відомих публікаціях основна увага приділялася до конкретних елементів побудови прикордонних операцій і боротьби з ДРГ. Так, в [1] розроблена методика планування прикордонних операцій з розподілом особового складу між елеме-

нтами її оперативної побудови. В [2] виконано аналіз протидії диверсійно-розвідувальним групам з боку підрозділів ДПСУ в нових умовах.

Питання матеріального забезпечення в сучасних умовах розглядалися в [5–6] і в інших відомих публікаціях, проте, в основному, для Сухопутних військ. Зокрема, в [5] запропонований показник для оцінки своєчасності підвезення матеріальних засобів у групуванням Сухопутних військ.

В [6] запропонований підхід для оцінки впливу рівнів забезпечення матеріальними засобами на кількість боєздатного особового складу міжвидової тактичної групи.

Однак питання оцінки ефективності системи матеріального забезпечення окремої прикордонної бойової комендатури в особливий період в зазначених та інших публікаціях не розглядалися.

**Мета статті** – це побудова комплексної моделі для оцінки ефективності системи матеріального забезпечення окремої прикордонної бойової комендатури в особливий період.

### Виклад основного матеріалу

Структурна схема комплексної моделі відображає зазначені вище особливості, представлені в п'яти блоках (рис. 1).

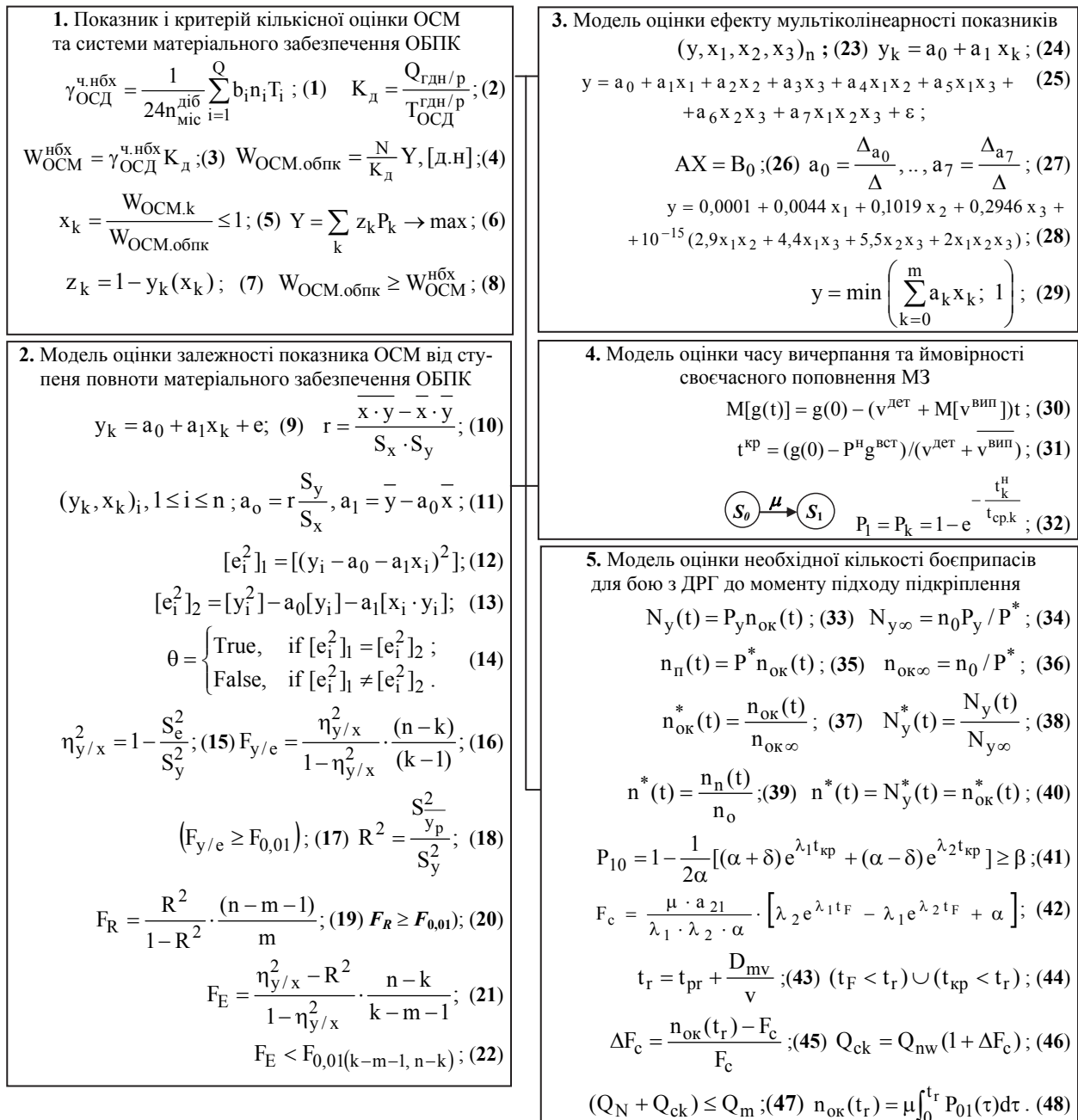


Рис. 1. Комплексна модель оцінки ефективності системи матеріального забезпечення окремої прикордонної бойової комендатури в особливий період

Процес виконання завдань ОСД реалізується цілодобово в формі виділення підрозділом різних (Q) типів нарядів в кількості  $b_i$  нарядів на місяць в складі  $n_i$  прикордонників в кожному наряді  $i$ -го типу, який призначається для несення служби протягом  $T_i$  годин (рис. 1 формула (1) для вимірювання обсягу служби  $y$ ). Одиницею виміру обсягу служби обраний «добовий наряд» – це такий обсяг ОСД, для виконання якого необхідний один прикордонник, який безперервно виконує завдання протягом доби. Тому обсяг служби в людино-годинах ділиться на кількість годин на місяць, що дозволяє оцінювати необхідний обсяг служби в добових нарядах [д. н], співпадаючих за змістом і по розмірності з кількістю прикордонників, необхідних для виконання всього обсягу завдань ОСД в режимі цілодобової роботи цих прикордонників (формула (1)).

Однак на практиці прикордонники повинні мати час для відпочинку, професійної підготовки та інших потреб, що вимагає збільшення кількості залучених до ОСД прикордонників в  $K_D$  раз (формула (2)). Значення  $K_D$  можна знайти як відношення кількості годин на рік ( $Q_{ГДН/Р}$ ) до кількості часу ( $T_{ОСД\ ГДН/Р}$ ), який залишився для виконання завдань ОСД після вирахування витрат часу на відпочинок, хворобу, професійну підготовку і на інші заходи, які не є виконанням оперативно-службових завдань. У підсумку, виникає можливість оцінити необхідний ( $W_{ОСМ\ нбх}$ ) і наявний ( $W_{ОСМ\ обпк}$ ) обсяг служби підрозділу (формули (3–4)) в складі (N) військовослужбовців. Обидві величини є показниками оперативно-службових можливостей підрозділу, мають сенс обсягу служби, вимірюваного в добових нарядах. При цьому наявний обсяг служби підрозділу може знижуватися в  $x_k$  раз (формула (5)) при нестачі кожного  $k$ -го матеріального засобу за рахунок статистично оцінюваного зниження показника ( $W_{ОСМ\ k}$ ). Протилежна величина ( $z_k$ ) характеризує ступінь збереження ОСМ за рахунок існування обсягів  $k$ -го матеріального засобу (формула (7)), де показник  $y_k(x_k)$  характеризує статистичний зв'язок підсумкового зниження в залежності від значення величини ( $x_k$ ).

Підсумковий показник ефективності системи матеріального забезпечення (Y) враховує ймовірність своєчасного постачання кожного  $k$ -го матеріального засобу (формула (6)) і дозволяє сформулювати критерій ефективності СМЗ – як вимогу максимізації показника ефективності СМЗ (Y) за умови забезпечення необхідного обсягу служби ( $W_{ОСМ\ нбх}$ )

існуючої кількістю особового складу ( $W_{ОСМ\ обпк}$ ) в ОБПК (формули (6; 8)).

Вид зв'язку кожного показника  $y_k(x_k)$  в (7) визначається з використанням відомих моделей теорії ймовірностей і математичної статистики (формули (9–22)).

На першому кроці для обраного варіанту залежності (9) регулярної складової вибірки пар значень  $(y_k, x_k)_n$  знаходиться коефіцієнт кореляції (10) і коефіцієнти апроксимації (11), коректність значень яких перевіряється за збігом (14) другого початкового моменту шумовий складової, обчисленому двома способами (12–13). Потім, після розрахунку коефіцієнта ( $\eta_{y/x}^2$ ) детермінації (15) з використанням дисперсій шуму ( $S_e^2$ ) і загальної дисперсії ( $S_y^2$ ) вибірки  $(y_k, x_k)_n$ , знаходиться показник Фішера-Снедекора (16). Коефіцієнт детермінації характеризує ступінь приналежності вибірки випадкових величин  $(y_i, e)$  – функції ( $y_i$ ) і шуму ( $e$ ) однієї і тієї ж генеральної сукупності. При виконанні умови (17) вибірка значень функції ( $y$ ) не є настільки ж суто випадковою, як і шумова компонента ( $e$ ). В такому випадку, знайдений кореляційний зв'язок вважається існуючим і регресійна модель (9) має значення.

Для перевірки значущості регресійного зв'язку змінних  $y$  і  $x$  з урахуванням точності розрахунків коефіцієнтів регресії (11) знаходиться коефіцієнт детермінації (19) вибірки регулярної складової ( $S_y^2$ ) щодо точок середніх значень функції ( $S_{y_p}^2$ ).

Потім знаходиться дисперсійний показник Фішера (19). В цьому випадку враховується число ступенів свободи ( $n - m - 1$ ), де  $n$  – число точок сукупності,  $m$  – число шуканих параметрів моделі без вільного члена. При виконанні нерівності (20) знайдений регресійний зв'язок змінних  $y$  і  $x$  вважається значущим за критерієм Фішера (19–20), і набір початкових даних – достатнім для статистичних оцінок. Для оцінки коректності обраного виду (9) функції початковому набору даних  $(y_k, x_k)_n$  знаходиться дисперсійне відношення Фішера (21), в якому коефіцієнт детермінації ( $R^2$ ) розраховується не відносно середніх значень у вибірці, а щодо значень, отриманих за допомогою моделі (9), з урахуванням кількості інтервалів  $k$ , на які поділено весь діапазон значень аргументу ( $x$ ). Виконання критерію Фішера (22) свідчить про те, що систематична помилка апроксимації (9) і випадкова складова належать одній сукупності. Тому розраховані параметри (11) і вид функції моделі (9) з ймовірністю  $\beta = 0,99$  можна

визнати адекватними початковому набору даних  $(y_k, x_k)_n$ .

Для підвищення точності розрахунків необхідна оцінка можливих нелінійних ефектів, що виражаються в мультиколінеарності аргументів  $(x_k)$  і таких, які призводять до додаткового зниження показника ОСМ (4) підрозділи ДПСУ при спільній нестачі декількох видів матеріальних засобів (блок 3).

З метою виявлення наявності або відсутності зазначеного ефекту до доступній вибірці відносних значень  $(y, x_1, x_2, x_3)_n$  кожної (23) трійки аргументів і функції  $(y)$  використовується метод найменших квадратів, формується система рівнянь (26) і для поліноміальної апроксимації (25) знаходяться коефіцієнти (27) з використанням визначників Крамера). Для відомого варіанту вибірки значення коефіцієнтів  $(a_i, i > 3)$  при комбінаціях аргументів  $(x_i)$ , виявляються зникаюче малими  $(a_4, a_5, a_6, a_7)$  і порівнянними з величиною шумовий складової в (9). В такому випадку обґрунтованим стає твердження про відсутність мультиколінеарності аргументів  $(x_i)$ . У підсумку, багатофакторна модель (25) розпадається на суму  $m$  одно факторних (24) моделей (29), що помітно полегшує оцінку ефективності системи матеріального забезпечення.

Оцінка ефективності системи матеріального забезпечення має на меті підвищення якості її роботи за рахунок своєчасної та повної поставки матеріальних засобів, необхідних для виконання завдань ОСД. Найбільш гостро такі питання виникають в період пошукових операцій з відривом від місця постійної дислокації підрозділу. В цьому випадку витрата матеріальних засобів має планову компоненту – наприклад, нормативні витрати продуктів харчування, палива для агрегатів, і випадкову – витрата палива при різких змінах обстановки, витрата боєприпасів, псування продовольства в польових умовах і / або його знищення противником. В результаті, момент часу вичерпання запасів стає важко передбачуваним, випадковим. Крім того, і процес поповнення запасів в таких умовах пов'язаний з випадковою тривалістю їх доставки до місць базування. Для оцінки очікуваного часу  $(t_{кр})$  вичерпання запасів матеріального засобу або зниження до заданого рівня, знаходиться математичне сподівання (30) поточного обсягу  $g(t)$  запасу щодо його початкової величини  $g(0)$  і з урахуванням середньої детермінованої  $(v^{дет})$  і випадкової  $(v^{вип})$  швидкості його витрати. Потім, це ж математичне сподівання знаходиться на основі нерівності Чебишева [7]. Прирівнюючи два варіанти розрахунку однієї і тієї ж величини, вдається знайти розрахунковий вираз (31)

для оцінки часу  $(t^{кр})$ , що залишився до моменту вичерпання матеріального засобу до встановленого не знижуемого обсягу  $(g^{вст})$  за заданим рівнем імовірності  $(P^H)$ . Цей ж час  $(t^{кр})$  фактично є наявним для доставки матеріального засобу.

Прогноз часу вичерпання матеріальних засобів дозволяє в умовах прикордонної пошукової операції обґрунтовано планувати і забезпечити їх надійну і своєчасну поставку в підрозділ.

Однак в умовах пошукової операції процес доставки визначається безліччю подій з заздалегідь не передбачуваними моментами початку і закінчення, починаючи від заходів підготовки транспорту, водія, навантаження матеріального засобу, проходження по різних ділянках маршруту зі змінною, заздалегідь не відомою швидкістю, з вимушеними зупинками і іншими подіями. Тому подія своєчасної доставки матеріального засобу  $k$ -го типу гарантованою не є. Час його доставки, відповідно до відомої [8] теоремі А. Я. Хинчина, має показовий розподіл із середнім значенням  $(t_{ср,k})$ . Процес доставки описується системою диференціальних рівнянь Чепмена-Колмогорова [8] і після їх інтегрування дозволяє знайти розрахунковий вираз (32) для ймовірності своєчасної доставки матеріального засобу  $k$ -го типу.

Однак в ряді ситуацій наряди ДПСУ можуть бути змушені раптово вступити в бій з диверсійно-розвідувальною групою противника. У такому випадку успіх бою залежить не від своєчасності і повноти поставок матеріальних засобів в підрозділ ДПСУ в цілому, а від наявного запасу боєприпасів у військовослужбовців прикордонного наряду та від того часу, через який прикордонники можуть отримати підкріплення. Нестача боєприпасів і їх вичерпання до моменту прибуття підкріплення може привести до санітарних і до безповоротних втрат прикордонників з одночасним невиконанням ними бойового завдання. Надлишок боєприпасів збільшує їх вагу, знижує маневреність і збільшує шанси бойових втрат прикордонників в разі бою з терористами ДРГ.

Одним із завдань матеріального забезпечення є оцінка кількості боєприпасів, необхідних нарядам прикордонників в ході охорони ділянок відповідальності на державному кордоні.

Спроба оцінки оптимальної кількості боєприпасів стикається з високим рівнем невизначеності умов їх застосування. Так, час початку і тривалість бою, відстань від місця бою до пункту постійної дислокації підрозділу, склад ДРГ, інтенсивність витрати боєприпасів, втрати сторін в ході і в результаті бою заздалегідь невідомі – випадкові.

Тому для пошуку рішення виникає необхідність побудови моделі бою, перевірки її адекватнос-

ті і з її допомогою – оцінка раціонального запасу боєприпасів у військовослужбовців прикордонного наряду.

Основним змістом бою є вогневі контакти прикордонників з терористами. Результатами кожного з ( $n_{ок}$ ) вогневого контакту можуть бути: знищення терориста (з ймовірністю  $P_y$ ); не знищення терориста (з ймовірністю  $1 - P_y$ ); ураження прикордонника (з ймовірністю  $P^*$ ); не ураження прикордонника (з ймовірністю  $1 - P^*$ ); комбінації результатів 1–4. При цьому найбільш суттєвими є наступні гіпотези про властивості процесу бою.

1. Кожен вогневий контакт може привести не тільки до знищення терориста, але і до поразки прикордонника, результат випадковий.

2. Терористи в ході вогневих контактів прагнуть вийти з зон вогню прикордонників, як з причин безпеки, так і в зв'язку з обмеженим запасом боєкомплекту.

3. Бій розвивається в часі як випадковий процес.

Використовуючи позначення кількості ( $n_0$ ) прикордонників у складі наряду, а також оцінки математичних сподівань кількості вогневих контактів –  $n_{ок}$ , знищених терористів –  $N_y$  (33), уражених прикордонників  $n_n$  (35) і їх граничних значень –  $n_{ок\infty}$  (36),  $N_{y\infty}$  (34), введені відносні значення зазначених величин – (37–39). При цьому вдалося строго показати [9], що наслідком зазначених гіпотез є рівність відносних значень математичних сподівань (40) числа вогневих контактів і втрат сторін на будь-який момент бою, що є внутрішнім законом бою. При цьому абсолютні значення цих параметрів (33; 35) можуть мати різну величину залежно від умов бою.

Для крайніх значень часу ( $t$ ) рівність (40) легко перевірити. Дійсно, на початку бою все величини (37–39) в рівності (40) строго дорівнюють нулю. У момент ураження всіх прикордонників значення всіх цих величин стає рівними одиниці. Наряд включає  $n_0$  прикордонників. Модель бою одного прикордонника, для якого потрібно оцінити раціональний обсяг боєприпасів, включає три стани:  $S_{00}$ ,  $S_{01}$ ,  $S_{10}$ , де індекси вказують кількість уражених прикордонників і атакваних терористів відповідно. Марковська модель бою включає систему диференціальних рівнянь для ймовірностей  $P_{ij}$  цих станів і має аналітичне рішення [9].

Бій закінчується в момент часу ( $t_{кр}$ ), коли чисельний склад прикордонного наряду зменшується до рівня ( $\beta$ ), при якому втрачається його боєздатність. У цей момент ймовірність ураження прикор-

донника (41) може стати рівною зазначеному порогу ( $\beta$ ), що дозволяє знайти оцінку критичного часу, до закінчення якого до наряду прикордонників має прийти підкріплення. В (41) параметри  $\lambda_1$  і  $\lambda_2$  є корінням характеристичного рівняння системи диференціальних рівнянь для ймовірностей  $P_{ij}$  станів  $S_{ij}$  моделі;  $\alpha$ ,  $\delta$ ,  $\mu$ ,  $\alpha_{21}$  – узагальнені параметри, аналітично пов'язані з параметрами умов бою. Показано [9], що в аналітичному описі моделі бою (41–42) виконується умова (40). Таким чином, модель бою виявляється адекватною реальному бою з точністю прийнятих гіпотез 1–3 про найбільш суттєві особливості бою.

Кількість вогневих контактів, в кожному з яких витрачаються боєприпаси, пропорційна часу перебування процесу бою в стані  $S_{01}$ , (48; 42), що дозволяє знайти оцінку часу ( $t_F$ ) витрачення боєкомплекту ( $S_{01}$ ) прикордонника (42). Найбільш складним є варіант ведення бою на максимальному видаленні ( $D_{my}$ ) від місця постійної дислокації підрозділу. У такому випадку час ( $t_r$ ) прибуття підкріплення до місця бою буде визначатися (43) часом підготовки ( $t_{pr}$ ) чергових сил до виїзду і тривалістю ( $D_{my}/v$ ) руху по маршруту до місця бою на видаленні ( $D_{my}$ ) із середньою швидкістю ( $v$ ). У разі, якщо критичний час ( $t_{кр}$ ) втрати боєздатності прикордонного наряду або час ( $t_F$ ) вичерпання боєкомплекту виявляться менше часу ( $t_r$ ) прибуття підкріплення (44), виникає необхідність збільшення боєкомплекту прикордонника (45) на відносну величину ( $\Delta F_c$ ) з одночасною оцінкою (46) нової ваги ( $Q_{ck}$ ) боєкомплекту відносно початкової ваги ( $Q_{nw}$ ) і з перевіркою допустимості сумарної ваги штатного спорядження ( $Q_N$ ) і ваги ( $Q_{ck}$ ) боєкомплекту, які разом не повинні перевищувати (47) фізіологічно допустимої величини  $Q_m$ . В іншому випадку слід призначити до складу наряду прикордонників з більш високим рівнем підготовки – з меншим значенням ймовірності поразки ( $P^*$ ) і з більшим значенням ймовірності знищення ( $P_y$ ) терориста. У цьому випадку збільшується граничне число вогневих контактів (36) і критичний час (41) ведення бою. Параметри рівня кваліфікації прикордонників оцінюються в ході професійної підготовки. За допомогою моделі (блок 5) може бути введена градація можливостей прикордонників по дальності патрулювання державного кордону в особливий період, а також вироблені індивідуальні рекомендації щодо напрямків підвищення кваліфікації.

## Висновки

Складність розробки теми статті полягала в тому, що автономної ефективності система матеріального забезпечення не має, але нестача матеріальних засобів може істотно знизити можливості прикордонних підрозділів. Тому в статті вперше для прикордонних підрозділів введено поняття і розрахунковий вираз показника ОСМ, встановлена залежність нестачі матеріальних засобів і величини зниження показника ОСМ. Показана властивість відсутності мультиколінеарності впливу нестачі різних матеріальних засобів на показник ОСМ, що істотно полегшує виконання оцінок. З використанням основних властивостей математичного сподівання і відомої нерівності Чебишева знайдено розрахунковий вираз для часу, що залишився до моменту вичерпання запасів матеріального засобу в умовах його

витрачання в випадкових обсягах. Знайдена оцінка ймовірності своєчасної доставки матеріальних засобів, а також показник і критерій ефективності виконання завдань системою матеріального забезпечення.

Блок моделі бою прикордонного наряду з диверсійно-розвідувальною групою (ДРГ), в складі комплексної моделі, вперше дозволяє оцінювати кількість боєприпасів, необхідних прикордонникам для ведення бою з терористами ДРГ противника до моменту підходу підкріплення.

Подальшим напрямком досліджень може бути розробка методики і комп'ютерної програми для вирішення перерахованих завдань оцінки ефективності, планування і виконання завдань системою матеріального забезпечення прикордонного підрозділу.

## Список літератури

1. Закон України «Про Державну прикордонну службу України» від 03.04.2003 № 661-IV. – К.: Парлам. вид-во. – 208 с.
2. Закон України «Про оборону України» від 06.12.1991 р. № 1932-XII // База даних «Законодавство України» [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/syow/1932-12> (дата звернення 01.06.2017).
3. Мисик А.Б. Методика планування прикордонних операцій під час участі формувань Державної прикордонної служби України у територіальній обороні / А.Б. Мисик // Зб. наук. праць НА ДПСУ. Сер.: Військові та технічні науки. – 2017. – № 3. – С. 106-115.
4. Андрушко О.В. Проблеми протидії диверсійно-розвідувальним групам підрозділами Державної прикордонної служби України на кордоні та в зоні проведення антитерористичної операції / О.В. Андрушко // Зб. наук. праць НА ДПСУ. Сер.: Військові та технічні науки. – 2017. – № 3. – С. 19-28.
5. Городнов В.П. Комплексна модель оцінювання ефективності та управління елементами матеріального забезпечення під час підготовки та в ході виконання службово-бойових завдань частинами (підрозділами) національної гвардії України в особливий період / В.П. Городнов, В.В. Власюк, В.В. Овчаренко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – № 1(26). – С. 123-132. <https://doi.org/10.30748/nitps.2017.26.25>.
6. Городнов В.П. Оцінка впливу рівнів повноти матеріального забезпечення на значення показника біоенергетичного потенціалу міжвидової тактичної групи / В.П. Городнов, С.П. Ярош // Зб. наук. праць НА ДПСУ. Сер.: Військові та технічні науки. – 2017. – № 2. – С. 55-69.
7. Дубров А.М. Многомерные статистические методы: учебник / А.М. Дубров, В.С. Мхитарян, Л.И. Трошин. – М.: Финансы и статистика, 2011. – 352 с.
8. Емельянов А.А. Имитационное моделирование экономических процессов / А.А. Емельянов, Е.А. Власова, Р.В. Дума. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 386 с.
9. Sterman J.D. Modeling managerial behavior: Misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment / J.D. Sterman // Management science. – 1989. – Vol. 35. – No. 3. – P. 321-339.

## References

1. Law of Ukraine (2003), "Pro Derzhavnu prykordonnu sluzhbu Ukrainy" [On the State Border Guard Service of Ukraine] No. 661-IV, April 3, Parliament, Publishing House, Kyiv, 208 p.
2. Law of Ukraine (1991), "Pro oboronu Ukrainy" [On the Defense of Ukraine] No. 1932-XII, December 6, Database "Legislation of Ukraine", [www.zakon3.rada.gov.ua/laws/syow/1932-12](http://www.zakon3.rada.gov.ua/laws/syow/1932-12) (reference date June 1, 2017).
3. Mysyk, A.B. (2017), "Metodyka planuvannia prykordonnykh operatsii pid chas uchasti formuvan Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy u terytorialnii oboronii" [Methodology of border operations planning during participation of the formations of the State Border Guard Service of Ukraine in territorial defense], *Collection of scientific articles of NASBGSU: Military and Technical Sciences*, No. 3, pp. 106-115.
4. Andrushko, O.V. (2017), "Problemy protydii dyversii-rozvidualnym hrupam pidrozdilamy Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy na kordoni ta v zoni provedennia antyterorystychnoi operatsii" [Problems of countering sabotage and reconnaissance groups by the units of the State Border Guard Service of Ukraine at the border and in the anti-terrorist operation area], *Collection of scientific articles of NASBGSU: Military and Technical Sciences*, No. 3, pp. 19-28.
5. Horodnov, V.P., Vlasiuk, V.V. and Ovcharenko, V.V. (2017), "Kompleksna model otsiniuvannia efektyvnosti ta upravlinnia elementamy materialnoho zabezpechennia pid chas pidhotovky ta v khodi vykonannia sluzhbovo-boiovykh zavdan

chastynamy (pidrozdilamy) natsionalnoi hvardii Ukrainy v osoblyvyi period” [Complex assessment model of efficiency and control of the material support elements during the preparation and performance of service and combat missions by units (subunits) of Ukrainian national guard in a special period], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 1(26), pp. 123-132. <https://doi.org/10.30748/nitps.2017.26.25>.

6. Gorodnov, V.P. and Yarosh, S.P. (2017), “Ocinka vplyvu rivniv povnoty materialnogo zabezpechennya na znachennya pokaznyka bioenergetychnogo potencialu mizhvydovoyi taktichnoyi grupy” [Estimation of material support completeness levels influence on the bioenergetic potential index value of combined arms tactical group], *Collection of scientific articles of NASBGSU: Military and Technical Sciences*, No. 2, pp. 55-69.

7. Dubrov, A.M., Mkhitarian, V.S. and Troshin, L.I. (2011), “*Mnogomernye statisticheskie metody: uchebnik*” [Multidimensional Statistical Methods: A Textbook], Finance and Statistics, Moscow, 352 p.

8. Emelianov, A., Vlasova, E. and Duma R. (2002), “*Imitatsionnoye modelirovaniye ekonomicheskikh protsessov*” [Simulation of Economic Processes], Finansy i Statistika, Moscow, 386 p.

9. Sterman, John D. (1989), Modeling managerial behavior: Misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment, *Management science*, Vol. 35, No. 3, pp. 321-339.

Надійшла до редколегії 19.07.2018

Схвалена до друку 21.08.2018

#### Відомості про авторів:

##### Городнов В'ячеслав Петрович

доктор військових наук професор  
професор Національної академії  
Національної гвардії України,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-8593-8871>

##### Кириленко Володимир Анатолійович

доктор військових наук професор  
заступник ректора з наукової роботи Національної  
академії Державної прикордонної служби України  
ім. Б. Хмельницького,  
Хмельницький, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-2206-1651>

##### Шевченко Артем Васильович

заступник начальника Головного центру підготовки  
особового складу Державної прикордонної служби  
України ім. генерал-майора І. Момота,  
Черкаси, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-2676-7851>

#### Information about the authors:

##### Viacheslav Gorodnov

Doctor of Military Sciences Professor  
Professor of the National Academy  
of National Guard of Ukraine,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-8593-8871>

##### Volodymyr Kyrylenko

Doctor of Military Sciences Professor  
the Deputy Rector of Academy for Scientific Work  
of National Academy of State Border Guard Service  
of Ukraine named after Bohdan Khmelnytskyi,  
Khmelnyskyi, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-2206-1651>

##### Artem Shevchenko

Deputy Chief of the Main Training Center  
of the State Border Guard Service of Ukraine  
named after general-major I. Momot,  
Cherkasy, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-2676-7851>

### КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МАТЕРИАЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОТДЕЛЬНОЙ ПОГРАНИЧНОЙ БОЕВОЙ КОМЕНДАТУРЫ В ОСОБЫЙ ПЕРИОД

В.П. Городнов, В.А. Кириленко, А.В. Шевченко

Представлена комплексная модель оценки и прогноза эффективности системы материального обеспечения с учетом ее влияния на оперативно-служебные возможности (ОСМ) пограничного подразделения, для которого введены показатели ОСМ. Установлена зависимость этих показателей от степени полноты и своевременности поставок материальных средств. Модель позволяет обеспечить своевременную доставку материальных средств в условиях наличия их случайного расхода, а также рассчитать необходимый боекомплект для пограничных нарядов, который позволяет выдержать бой с диверсионно-разведывательной группой противника до момента подхода подкрепления.

**Ключевые слова:** модель, материальное обеспечение, государственная граница, бой, математическая статистика, марковские процессы, показатель и критерий эффективности.

### INTEGRATED MODEL OF EVALUATING THE MATERIAL SUPPLY SYSTEM EFFICIENCY OF A SEPARATE BORDER GUARD SUBUNIT IN A SPECIAL PERIOD

V. Gorodnov, V. Kyrylenko, A. Shevchenko

A comprehensive model for estimating and forecasting the effectiveness of the material support system is presented, taking into account its impact on the operational capabilities (OC) of the border guard unit, for which OC indicators have been introduced. The dependence of these indicators on the degree of completeness and timeliness of supplies of material resources is established. The model allows to ensure the timely delivery of material means in the presence of their random expenditure, and to calculate the necessary ammunition for border patrols, which allows them to withstand the battle with the enemy diversion reconnaissance group until the reinforcement approach. The further line of research can be the development of a methodology and computer program for solving the listed tasks of assessing the effectiveness, planning and implementation of tasks by the material support system of the border guard force.

**Keywords:** model, material supply, state border, battle, mathematical statistics, Markov processes, indicator and efficiency criterion.