

УДК 355.242

В.П. Городнов, В.В. Власюк, В.В. Овчаренко

Національна академія Національної гвардії України, Харків

## МОДЕЛЬ І МЕТОДИКА ОЦІНКИ ВПЛИВУ ЕЛЕМЕНТІВ МАТЕРІАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ПОКАЗНИК ВТРАТИ СПРОМОЖНОСТІ ВИКОНАННЯ СЛУЖБОВО-БОЙОВИХ ЗАВДАНЬ ПІДРОЗДІЛАМИ НАЦІОНАЛЬНОЇ ГВАРДІЇ УКРАЇНИ В ОСОБЛИВИЙ ПЕРІОД

З метою прогнозування впливу наявного рівня забезпечення матеріальними засобами (МЗ) на показник втрати спроможності виконання службово-бойових завдань (СБЗ) підрозділами Національної гвардії (НГ) в особливий період, розроблена методика формування математичних моделей з одночасною оцінкою коректності розрахунків та тісноти кореляційних зв'язків параметрів моделі, значимості кореляційного зв'язку та значимості самої регресійної моделі, а також адекватності виду моделі до набору початкових даних.

**Ключові слова:** модель, методика, показник втрати спроможності виконання службово-бойових завдань, особливий період.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Суспільно-політична ситуація у державі набула кризового стану [1]. Для врегулювання подій на сході України влада була вимушена перейти до крайніх заходів – запровадження антитерористичної операції (АТО) [2]. Перехід до силової фази вирішення конфлікту та початок часткової мобілізації [3] вказують на настання особливого періоду [4]. З метою проведення стабілізаційних заходів, до проведення АТО були залучені підрозділи та частини НГ відповідно до [5, 6] та інші силові структури за призначенням. Реалізацію угрупованням НГ заходів, щодо припинення терористичної діяльності в умовах особливого періоду, ускладнювали обставини [7, 8] та недоліки стосовно матеріального забезпечення [9, 10].

На успішне виконання СБЗ комплексно впливають складові та заходи всебічного забезпечення [11]. Зриви або затримки постачання продовольства, води, речового майна, паливно-мастильних матеріалів (ПММ), твердого палива та інших МЗ негативно впливає на діяльність підрозділу. Тривале неповноцінне харчування призводить до знесилання бійців та часткової втрати працездатності. Закінчення запасів води сприяє розвитку умов для появи шкіряних та інфекційних захворювань серед особового складу. В холодну пору року, не повне забезпечення теплими речами, гумовими чоботами, плащ-наметами та (або) відсутність твердого палива для обігріву потенційно призводить до масових простудних захворювань серед військовослужбовців. Нестача ПММ перешкоджає своєчасному підвозу боєприпасів та можливості вивезення важко хворих та (або) поранених до медичних закладів та інші. Наслідок недостатнього матеріального забезпечення протягом тривалого часу створює передумови до підвищення захворюваності бійців. Кожен

дійсний випадок хвороби військовослужбовця веде до скорочення наявного особового складу для виконання СБЗ. Командир може втратити можливість залучити до виконання СБЗ необхідну кількість особового складу. Такі обставини можуть спричинити зниження спроможності підрозділу виконати необхідний обсяг служби. У разі виникнення події, коли фактична чисельність підрозділу зменшиться до критичного значення (5) – наявний особовий склад буде не в змозі забезпечити необхідний обсяг служби. В результаті настання такої ситуації – виконання СБЗ може бути зірвано. Отже, спроможність виконання СБЗ підрозділом НГ та досягнення цілей АТО [12] без достатнього матеріального забезпечення може зменшуватися. Таким чином, однією із базових умов ефективного виконання СБЗ – є спроможність підрозділу забезпечити необхідний обсяг служби. Для прогнозування впливу елементів матеріального забезпечення на можливі втрати виконання необхідного обсягу служби підрозділами НГ виникає потреба у розробленні відповідного інструменту. У разі розроблення такого інструменту, командир отримає можливість оцінити значення показника спроможності забезпечити необхідний обсяг служби ( $Z_{сл}$ ):

$$Z_{сл} = [N_{пдрозд} - N_{хвор}(Q_{МЗ})] / N_{пдрозд} = 1 - N_{хвор}(Q_{МЗ}) / N_{пдрозд} \quad (1)$$

де  $N_{пдрозд}$  – списочна чисельність підрозділу (чол.);  $N_{хвор}(Q_{МЗ})$  – кількість військовослужбовців, що захворіли через нестачу усіх видів МЗ (чол.).

Кількість військовослужбовців, що захворіли [ $N_{хвор}(Q_{МЗ})$ ] залежить від усієї сукупності матеріальних засобів:

$$N_{хвор}(Q_{МЗ}) = \sum_{q=1}^{K_{МЗ}} N_{хвор,q}(Q_{МЗ,q}), \quad (2)$$

де  $K_{M3}$  – кількість видів матеріальних засобів, нестача яких, може призвести до захворювання серед військовослужбовців,  $Q_{M3,q}$  – показник рівня забезпечення q-го матеріального засобу.

У виразі (1) доданок  $[N_{хвор}(Q_{M3})/N_{підрозд}]$  відображає величину відносного зниження спроможності підрозділу виконати СБЗ через скорочення чисельності боєздатного особового складу, що дозволяє обрати дане відношення в якості показника втрати спроможності виконання СБЗ ( $Z_{втр.сл}$ ). Оцінити відносну величину втрати чисельності боєздатного особового складу ( $\hat{Z}_{втр.сл}$ ) можливо за виразом:

$$\hat{Z}_{втр.сл} = \sum_{q=1}^{K_{M3}} Z_{втр.сл,q} = \sum_{q=1}^{K_{M3}} N_{хвор,q}(Q_{M3,q})/N_{підрозд} \quad (3)$$

Значення показника ( $Z_{втр.сл}$ ) відносного зниження спроможності підрозділу виконати СБЗ через скорочення чисельності боєздатного особового складу із урахуванням можливих похибок апроксимації моделі, що розроблюється, можливо оцінити наступним чином:

$$Z_{втр.сл} = \min(\hat{Z}_{втр.сл}; 1) \quad (4)$$

Значення  $Z_{втр.сл}$  має критичні межі (0,2–0,7), які характеризують рівень боєздатності підрозділу [13]:

$$Z_{втр.сл} = \begin{cases} Z_{втр.сл} \leq 0,2 - A; \\ 0,2 \leq Z_{втр.сл} \leq 0,5 - B; \\ 0,5 \leq Z_{втр.сл} \leq 0,7 - B; \\ Z_{втр.сл} \geq 0,7 - \Gamma, \end{cases} \quad (5)$$

де А – підрозділ боєздатний; Б – підрозділ обмежено боєздатний; В – підрозділ частково боєздатний; Г – підрозділ небоєздатний.

Своєчасність передбачення можливого зниження показника (5) через звільнення військовослужбовців від виконання службових обов'язків у зв'язку із хворобою, може допомогти командирі уникнути втрати боєздатності. Використовуючи прогностичну інформацію про можливе зниження боєздатності підрозділу (військової частини) командир може вживати заходи, через відповідних посадових осіб, для задоволення першочергових потреб підлеглих у МЗ.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У постановках [14, 15], наказах [16, 17], підручниках [18 – 21] ефективність виконання СБЗ не оцінюється. Негласно використовується гіпотеза про достатність військовослужбовців для виконання необхідного обсягу служби та про повне і своєчасне забезпечення підрозділу МЗ. У [22, 23] є підхід щодо оцінювання господарчої діяльності підрозділів, але

наведені оцінювання – якісні, не пов'язані із успішністю виконання СБЗ. У [24] розглядаються показники і критерії ефективності системи тилового забезпечення угруповання, але матеріал представлений у вигляді узагальнених функціональних залежностей, не містить розрахункових формул, тому для практичного застосування стає непридатним.

На даний час, необхідного інструменту для виконання прогностичних оцінок в науковій літературі не опубліковано. Відповідно виникає проблема розробки моделі і методики оцінки впливу елементів матеріального забезпечення на показник втрати спроможності виконання СБЗ підрозділами НГ в особливий період.

**Мета статті** – розробити модель та методику оцінки впливу елементів матеріального забезпечення на показник (3) втрати спроможності виконання СБЗ підрозділами НГ в особливий період. Модель та методика повинні задовольняти вимогам адекватності, значимості, коректності практичних розрахунків та бути придатними для надання командирі підрозділу можливості прогнозувати ймовірні негативні наслідки від не повної забезпеченості МЗ і своєчасно вживати заходи для їх компенсації.

### Виклад основного матеріалу

Складові матеріального забезпечення, як виду всебічного забезпечення зображено на рис. 1 [11].

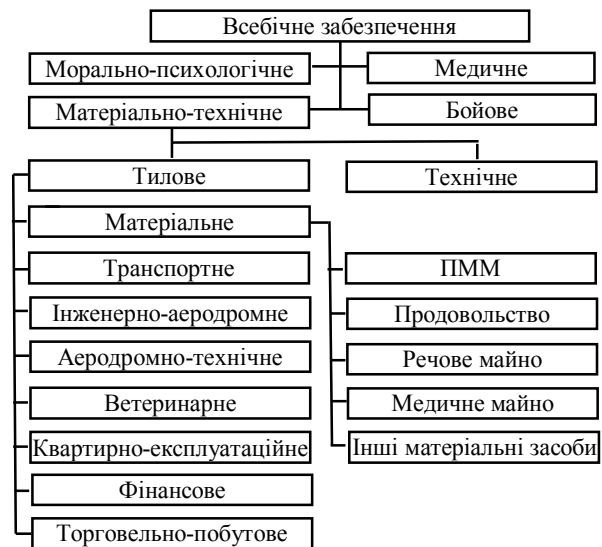


Рис. 1. Складові матеріального забезпечення, як вид всебічного забезпечення

Матеріальне забезпечення організовується і здійснюється для своєчасного і повного забезпечення підрозділів необхідною кількістю паливно-мастильних матеріалів, продовольства, речового, медичного майна та інших матеріальних засобів і включає накопичення їх до встановлених норм, збереження, своєчасну підготовку до використання за призначенням і підвезення цих матеріальних за-

собів у підрозділи для поповнення замість витрачених і втрачених.

Для безперервного забезпечення підрозділів матеріальними засобами створюються в установлених розмірах військові запаси, які утримуються у бойових та інших машинах, при озброєнні й особовому складі, а також у транспортних засобах підрозділів матеріального забезпечення.

Залежно від обстановки, за розпорядженням старшого командира (начальника) можуть створюватися додаткові запаси матеріальних засобів.

Військові запаси поділяються на витратну частину та непорушні (по пальному та боєприпасах – незнижувані) запаси.

Обчислення потреби забезпеченості угруповання матеріальними засобами здійснюється у розрахунково-постачальних одиницях (РПО), а також у інших одиницях виміру (масі, об'ємі, штуках та інших). Під РПО розуміють умовно прийняту величину, яка застосовується для визначення забезпеченості військ матеріальними засобами, обчислення потреби у них, а також при установленні норм витрати і запасів.

Основною задачею матеріального забезпечення – є всебічне, повне, завчасне задоволення потреб у МЗ підрозділів під час службово-бойової діяльності (СБД). Тобто створення найбільш сприятливих умов для успішного виконання СБЗ.

Виконання СБЗ в особливий період – є багатомірним процесом, який в зоні проведення АТО складається із наступних завдань: несення служби на блокпостах (БП), забезпечення громадського порядку, охорона важливих об'єктів та інших. Частини, підрозділи НГ виконують завдання за призначенням у складі об'єднаного угруповання НГ.

Блокпост – це обладнане в інженерному відношенні місце або ділянка місцевості, на якій виконує службово-бойові завдання підрозділ, призначений для безперервного контролю за рухом транспорту і людей на дорогах, станціях, поблизу в'їздів (виїздів) до населених пунктів, у портах, та здатний самостійно тримати кругову оборону.

Основними завданнями особового складу (о/с), який виконує завдання на БП є: перевірка транспорту, що рухається через БП, на наявність заборонених предметів та речовин (зброя, боєприпаси, вибухівка, наркотичні засоби тощо); перевірка людей, що рухаються через БП на наявність документів, які засвідчують особу, заборонених предметів та речовин; тимчасове обмеження (заборона) руху через БП транспорту та людей; у разі потреби, о/с на БП повинен бути здатним тримати кругову оборону та інші.

Таким чином, сукупність основних завдань, відповідно до цілей і задач СБД на БП, визначає необхідний обсяг служби, який підрозділ зобов'язаний виконати протягом встановленого періоду. Визначений період вимірюється часом (для зручності обчис-

лення доцільно обрати години), а чисельність підрозділу, який виконує СБЗ на БП – людьми. Обсяг служби на БП буде визначатися показником необхідної кількості людино-годин, яку підрозділ зобов'язаний виконати. Коли наявна кількість людино-годин буде менше необхідної, ефективність виконання СБЗ – зменшується. При зменшенні наявної кількості людино-годин до критичного порогу – виконання СБЗ буде зірвано. На показник наявної кількості людино-годин безпосередньо впливає чисельність хворих військовослужбовців, які на певний час втратили працездатність. На прикладах продовольства, води, ПММ твердого палива та речового майна було доведено, що на стан здоров'я та працездатність о/с впливає фактичний рівень матеріального забезпечення. Отже, в якості показника ефективності виконання СБЗ на БП можливо обрати – показник впливу елементів матеріального забезпечення на кількість хворих військовослужбовців. Даний показник відобразить пряму залежність між втратою наявної кількості людино-годин та спроможністю підрозділом виконати необхідний обсяг служби.

Чисельність особового складу, що залучається до несення служби на блокпосту, визначається старшим начальником, з урахуванням обстановки, що склалась у районі виконання завдань, обсягу службово-бойових завдань та інших.

Правовою основою обладнання блокпоста та несення служби на ньому є Закони України «Про правовий режим надзвичайного стану», «Про боротьбу з тероризмом», «Про Національну гвардію України» та інші.

Для несення служби на блокпосту призначається підрозділ від взводу (групи) і більше, який може бути посилений озброєнням, бойовою технікою, підрозділами Збройних Сил України тощо [25].

Безпосередня близькість до неконтрольованої території [26 – 27] та відрив підрозділу, що виконує завдання на БП, від опорних складів та базових таборів ускладнює своєчасний підвіз необхідних МЗ через постійні обстріли з боку сепаратистів. Під час виконання СБЗ та ведення бойових дій постійно виникають раптові витрати МЗ, таких як боєприпаси – у разі вогневого контакту, медичного майна – у разі поранення та (або) захворювання військовослужбовців, інших засобів – у разі знищення противником. Систематичні обстріли з боку противника із різного типу озброєння породжують необхідність ремонту та обладнання нових фортифікаційних споруд для забезпечення надійних захисних властивостей об'єктів на БП. У бойових умовах обмундирування бійців та інші засоби не витримують визначені нормами та керівними документами строки експлуатації. Раптова або вимушена, у разі не своєчасного відновлення, нестача елементів матеріального забезпечення в умовах поточного часу впливає на показники ефективності

виконання СБЗ. Протягом тривалого часу така нестача призведе до зриву виконання СБЗ через втрату необхідної кількості о/с для його виконання. Військові втрати серед о/с поділяються на: безповоротні – о/с, який загинув під час СБЗ; бойові санітарні – о/с, який отримав поранення під час ведення бойових дій; небойові санітарні – о/с, що захворів, та на певний час звільнений від виконання СБЗ [28].

Таким чином, під впливом наведених чинників, коли кількість втрат серед о/с перевищить необхідну для виконання СБЗ наявну чисельність військовослужбовців, спроможність успішного виконання завдання зменшується. Отже, ефективність виконання СБЗ залежить від необхідної кількості о/с, що необхідно залучити до несення служби.

**Об'єктом** дослідження є процес виконання СБЗ та вплив матеріального забезпечення на його результати.

**Предметом** дослідження є моделювання процесу оцінки впливу елементів матеріального забезпечення на показник втрати спроможності виконання СБЗ підрозділами НГ в особливий період з метою надання командиріві можливості вжити заходи, щодо недопущення зриву виконання СБЗ через брак МЗ.

**Допущення:** при розробці моделі щоразу розглядається вплив тільки одного конкретного виду МЗ. Всі інші види МЗ і інших складових всебічного забезпечення приймаються існуючими на достатньому рівні. Зміни впливу елементів матеріального забезпечення на показник втрати спроможності виконати СБЗ підрозділами НГ в залежності від пори року не розглядаються. Під час дослідження процес та результати ведення бойових дій не враховуються. Для розроблення моделі і методики використані статистичні дані [29] СБД підрозділів НГ в особливий період. Нестача МЗ може існувати протягом 60-90 діб, тобто визначений керівництвом військ період ротації відрядженого до зони АТО підрозділу.

Виконання СБЗ на блокпосту є багатомірним процесом. На дії та результати виконання завдань підрозділу впливають як нестача елементів матеріального забезпечення так і інші фактори. Відповідно до мети статті, для кількісної оцінки впливу елементів матеріального забезпечення на показники ефективності СБЗ можливо розробити одно факторну лінійну регресійну модель, та перевірити її на адекватність, значимість, коректність практичних розрахунків. За умови виконання вказаних вимог, модель надає можливість з'ясувати, встановити та прогнозувати залежності між середніми значеннями не повного матеріального забезпечення та середніми значеннями наслідків (результатів), до яких призвела нестача певного виду МЗ. Завдяки застосуванню математичної моделі командир та його заступник з тилу зможе отримати кількісні оцінки негативних наслідків нестачі МЗ на показники ефективності виконання СБЗ. Така оцінка

може допомогти своєчасно вжити необхідні заходи для недопущення зриву виконання СБЗ через нестачу МЗ. Для розроблення моделі оцінки впливу елементів матеріального забезпечення на ефективність виконання СБЗ звернемося до відомої методики [30].

Початковими даними для розроблення алгоритму і методики (рис. 2), що дозволяють формувати моделі, є сукупність  $L$  двомірних точок  $\{(Q_{мз,q})_i, [N_{хвор,q}(Q_{мз,q})]_i\}$ ,  $(i=1, \dots, L)$  – далі для зручності та скорочення запису  $(Q_i, N_i)$  (блок 1 рис. 2), де кожна координата точки має свій фізичний зміст. Відповідно до мети дослідження, кількість о/с, що захворів  $[N_{хвор,q}(Q_{мз,q})]$  – є функцією, далі  $(N)$ , а рівень забезпечення певного виду МЗ  $(Q_{мз,q})$  – аргументом, далі  $(Q)$ . Лінійне рівняння регресії (модель) для залежної змінної  $N$  має наступний вигляд [30]:

$$N = a_0 + a_1 Q + e, \quad (6)$$

де  $a_0, a_1$  – коефіцієнти апроксимації постійної складової ("сигнал");  $e$  – помилка апроксимації ("шум").

Із (5) рівняння для помилки апроксимації матиме вид центрованої випадкової величини, оскільки віднімається постійна складова:

$$e = N - a_0 - a_1 \cdot Q. \quad (7)$$

Для забезпечення надійності прийняття рішення командиром, регресійна модель, що розробляється, повинна задовольняти визначеним вимогам [31]: мати значимий кореляційний зв'язок, бути перевіреною на коректність практичних розрахунків, бути значимою, адекватною до початкового набору даних. Лише за умови виконання приведених вимог, модель доцільно рекомендувати до практичного застосування.

Для оцінки значимості кореляційного зв'язку (блок 2 рис. 2) – спростування "нуль-гіпотези" про відсутність кореляційного зв'язку, необхідно початковий набір даних  $(Q_i, N_i)$ ,  $(i=1, \dots, L)$  переформулювати, таким чином, щоб забезпечити умову  $(Q_{i+1}) \geq (Q_i)$ ,  $(i=1, \dots, L-1)$ . Весь діапазон значень аргументу  $(Q)$  розподіляємо на  $k$  інтервалів. Формуємо  $k$  наборів пар значень, де  $n_j$  – число пар значень у інтервалі  $j$ :  $(Q, N)_{j,u}$ ,  $(j=1, \dots, k)$ ,  $(u=1, \dots, n_j)$ . Обчислюємо середні значення:

– для набору з номером  $j$  у кожному діапазоні точок:

$$M_j[N] = 1/n_j \sum_{u=1}^{n_j} N_{j,u}; \quad (8)$$

$$M_j[Q] = 1/n_j \sum_{u=1}^{n_j} Q_{j,u}; \quad (9)$$

– для усієї сукупності точок:

$$M[N] = 1/L \sum_{i=1}^L N_i. \quad (10)$$

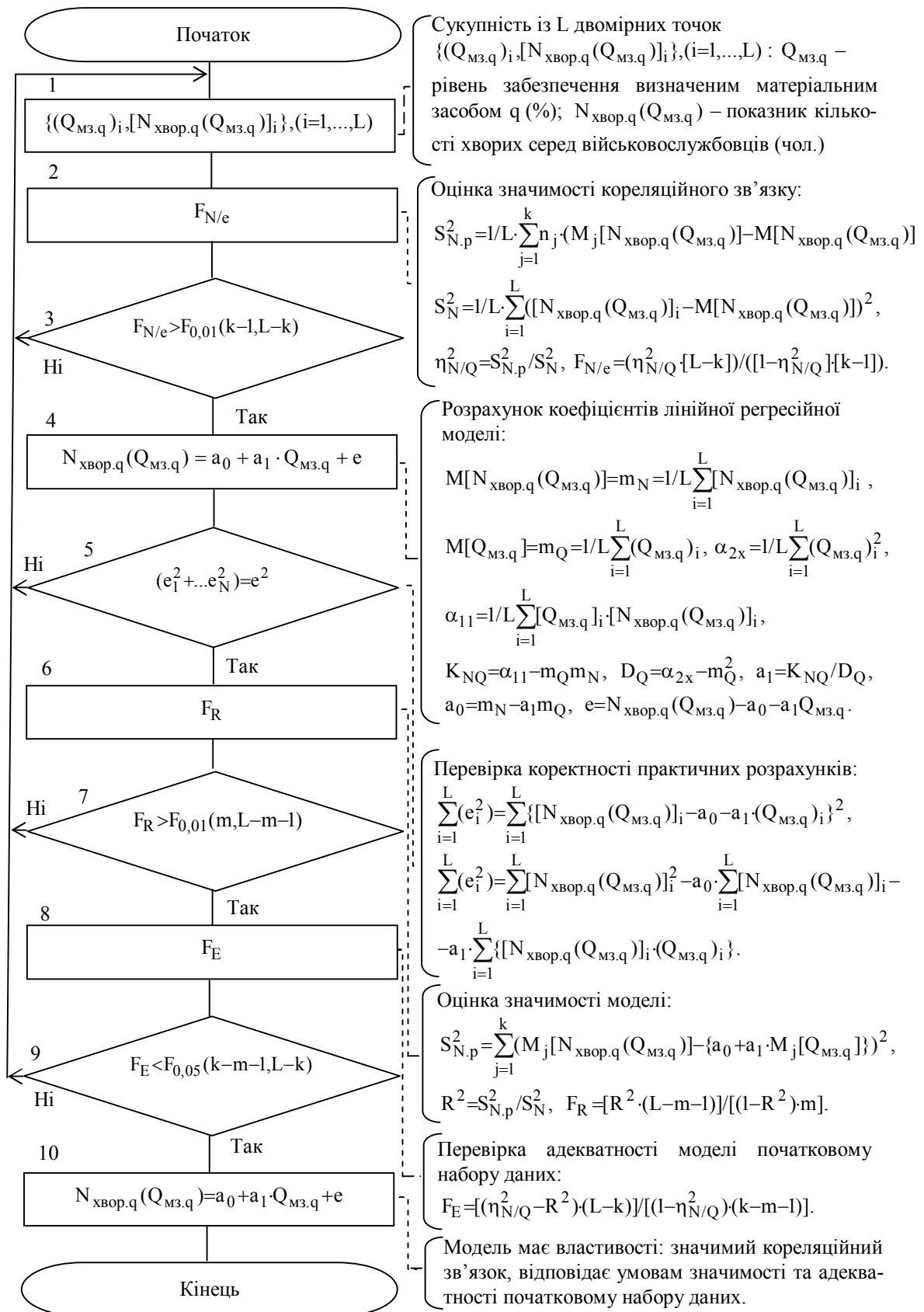


Рис. 2. Алгоритм і методика розробки моделі оцінки впливу елементів матеріального забезпечення на показник втрати спроможності виконання службово-бойового завдання підрозділами НГ в особливий період

Тоді знайдемо дисперсію регулярної складової:

$$S_{N,p}^2 = 1/L \sum_{j=1}^k n_j \cdot (M_j[N] - M[N])^2, \quad (11)$$

де  $S_{N,p}^2$  – дисперсія регулярної складової  $M_j[N]$  ("сигнала"), характеризує відхилення експериментальних середніх значень кожного із усіх  $k$  інтервалів щодо єдиного середнього значення  $M[N]$  для всієї сукупності  $[Q, N]$ .

Обчислюємо сумарну дисперсію ( $S_N^2$ ) початкового, невпорядкованого по зростанню параметра ( $Q_i$ ), набору ( $N_i$ ), ( $i = 1, \dots, L$ ):

$$S_N^2 = 1/L \sum_{i=1}^L (N_i - M[N])^2. \quad (12)$$

Для визначення частки вкладу дисперсії регулярної складової відносно дисперсії усієї сукупності точок, застосуємо їх відношення – коефіцієнт детермінації ( $\eta_{N/Q}$ ):

$$\eta_{N/Q}^2 = S_{N,p}^2 / S_N^2. \quad (13)$$

Коефіцієнт детермінації змінюється в межах  $0 \leq \eta_{N/Q}^2 \leq 1$ . Якщо  $\eta_{N/Q}^2 \approx 0$ , це вказує на цілковито випадкову залежність функції  $N$  від аргументу  $Q$  та на відсутність кореляційного зв'язку. При  $\eta_{N/Q}^2 \approx 1$  залежність функції  $N$  від аргументна  $Q$  вважається функціональною.

Для перевірки істинності "нуль-гіпотези", проте, що середні інтервальні значення  $M_j[N]$  є такими ж випадковими числами як і величина помилки ("шума"), тобто вони належать до однієї сукупності суто випадкових чисел, знаходимо значення показника Фішера ( $F_{N/e}$ ):

$$F_{N/e} = (\eta_{N/Q}^2 \cdot [N - k]) / ([1 - \eta_{N/Q}^2] \cdot [k - 1]), \quad (14)$$

де  $k$  – кількість інтервалів (наборів пар), на які розбито весь діапазон значень  $Q$ ;  $L$  – кількість точок сукупності ( $Q_i, N_i$ ), ( $i = 1, \dots, L$ ).

З фізичної точки зору, значення показника Фішера визначає у скільки разів дисперсія корисного "сигнала" перевищує дисперсію "шума". Якщо, отримане значення (14) перевищує порогове табличне значення показника Фішера по визначеному рівню  $\alpha = 0,01$ , тоді вибірки регулярної складової та "шума" належать до різних сукупностей. "Нуль-гіпотеза", про те що дисперсія "сигнала" та "шума" належать до однієї сукупності суто випадкових чисел відкидається. Тобто (блок 3 рис. 2):

$$F_{N/e} > F_{0,01}(k-1, L-k), \quad (15)$$

де  $(k-1)$ ,  $(L-k)$  – число ступенів вільності. Шукає значення знаходиться на перехресті отриманих чисел у статистичних таблицях Фішера. Наприклад,

якщо  $L = 90$ ,  $k = 10$ , тоді  $F_{0,01}(k-1, L-k)$  дорівнює  $F_{0,01}(9, 80) = 2,5586$  [31].

Таким чином, виявлений у регресійній моделі кореляційний зв'язок аргументу та функції вважається значимим по критерію Фішера. У разі не виконання умови (15) подальші розрахунки припиняються. Виникає необхідність збільшити вибірку початкових даних та провести повторні розрахунки.

Коефіцієнти лінійної регресійної моделі визначаються за умовами  $(Q, N)$  (блок 4 рис. 2), для яких, відповідно до методу найменших квадратів, у рівнянні (7) необхідно підібрати коефіцієнти апроксимації  $a_0, a_1$  таким чином, щоб забезпечити мінімальне значення квадрату помилки апроксимації по всій множині  $L$  двомірних точок  $(Q_i, N_i)$ , ( $i = 1, \dots, L$ ):

$$\sum_{i=1}^L (e_i^2) = \sum_{i=1}^L (N_i - a_0 - a_1 \cdot Q_i)^2 \Rightarrow \min. \quad (16)$$

Для досягнення цієї мети знайдемо похідні від (16) по шуканим коефіцієнтам та прирівняємо їх до нуля:

$$\left. \begin{aligned} d \sum_{i=1}^L (e_i^2) / da_0 &= \sum_{i=1}^L (N_i - a_0 - a_1 \cdot Q_i) = 0 \\ d \sum_{i=1}^L (e_i^2) / da_1 &= \sum_{i=1}^L (N_i - a_0 - a_1 \cdot Q_i) \cdot (Q_i) = 0 \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

Із (17) отримуємо:

$$1/L \sum_{i=1}^L N_i - a_0 - a_1 \cdot 1/L \sum_{i=1}^L Q_i = 0; \quad (18)$$

$$1/L \sum_{i=1}^L Q_i \cdot N_i - a_0 \cdot 1/L \sum_{i=1}^L Q_i - a_1 \cdot 1/L \sum_{i=1}^L Q_i^2 = 0. \quad (19)$$

Із (18), (19) знаходимо:

$$\begin{aligned} a_1 &= \{1/L \sum_{i=1}^L Q_i \cdot N_i - 1/L \cdot (\sum_{i=1}^L N_i) \times \\ &\times 1/L \cdot (\sum_{i=1}^L Q_i)\} / \{1/L \sum_{i=1}^L Q_i^2 - (1/L \sum_{i=1}^L Q_i)^2\}; \end{aligned} \quad (20)$$

$$a_0 = 1/L \sum_{i=1}^L N_i - a_1 \cdot 1/L \sum_{i=1}^L Q_i. \quad (21)$$

З метою перевірки коректності практичних розрахунків (блок 5 рис. 2) під час розроблення моделі визначимо суму квадратів помилки  $e$  двома різними способами:

1) перший спосіб:

$$\sum_{i=1}^L (e_i^2) = \sum_{i=1}^L (N_i - a_0 - a_1 \cdot Q_i)^2, \quad (22)$$

2) другий спосіб:

$$\sum_{i=1}^L (e_i^2) = \sum_{i=1}^L N_i^2 - a_0 \cdot \sum_{i=1}^L N_i - a_1 \cdot \sum_{i=1}^L (N_i \cdot Q_i). \quad (23)$$

Якщо отримане значення (22) дорівнює (23), то виконані розрахунки вважаються коректними. Роз-

біжність результатів розрахунків (22) та (23) свідчить про наявність помилки, для виправлення якої необхідно повернутися до обчислення коефіцієнтів лінійної регресії.

Для моделі (24), проводимо оцінку значимості лінійної регресійної залежності із урахуванням точності розрахунків коефіцієнтів регресії (блок 6 рис. 2):

$$N = a_0 + a_1 \cdot Q. \quad (24)$$

Використовуємо дисперсію  $S_{N,p}^2$  регулярної складової не по відношенню до єдиного середнього значення  $M[N]$  для всієї сукупності точок  $(Q_i, N_i)$ ,  $(i = 1, \dots, L)$ , а до прогнозованого регресійного середнього значення для кожного конкретного значення в точці  $Q_i$ . Отримуємо:

$$S_{N,p}^2 = \sum_{j=1}^k \{M_j[N] - (a_0 + a_1 \cdot M_j[Q])\}^2, \quad (25)$$

де  $M_j[N]$ ,  $M_j[Q]$ ,  $a_1$ ,  $a_0$  – були попередньо розраховані у (8), (9), (20), (21) під час оцінки значимості кореляційного зв'язку та коефіцієнтів лінійної регресії.

Визначаємо коефіцієнт детермінації, але для уникнення у подальших розрахунках повтору запису із (13), використовуємо наступне позначення –  $R^2$ :

$$R^2 = S_{N,p}^2 / S_N^2, \quad (26)$$

де  $S_N^2$  – сумарна дисперсія, розрахована у (12).

Для перевірки справедливості "нуль-гіпотези", про відсутність регресійної залежності, застосовуємо показник Фішера, який дозволяє оцінити значимість (24):

$$F_R = [R^2 \cdot (L - m - 1)] / [(1 - R^2) \cdot m], \quad (27)$$

де  $L$  – кількість точок сукупності  $(Q_i, N_i)$ ,  $(i = 1, \dots, L)$ ;  $m$  – кількість параметрів без вільного члену  $a_0$ .

Якщо, отримане значення (27) перевищує порогове табличне значення показника Фішера по визначеному рівню  $\alpha = 0,01$ , тоді, відповідно до змісту критерію Фішера, вибірка реальної регулярної складової "сигнала" відносно до досліджуваної (24) та вибірка "шума" належать до різних сукупностей. Тобто (блок 7 рис. 2):

$$F_R > F_{0,01}(m, L - m - 1), \quad (28)$$

де  $(m)$ ,  $(L - m - 1)$  – число ступенів вільності.

"Нуль-гіпотеза", про те, що отримана модель (24) – "білий шум" відкидається. Таким чином, у (24) зв'язки  $Q$  та  $N$  вважаються значимими по критерію Фішера.

У разі не виконання (28), необхідно збільшити обсяг вибірки ( $L$ ) та (або) підбирати залежність, яка більш точно описує зв'язки між  $Q$  та  $N$  (наприклад

квадратичну або інші). Після чого провести нові розрахунки.

Для перевірки правильності обраної залежності між  $Q$  та  $N$  (наприклад, замість лінійної, необхідно застосовувати квадратичну або іншу), проводимо оцінку адекватності моделі початковому набору даних (блок 8 рис. 2). З цією метою, використаємо фізичний зміст (13) та (26). Значення (13) пояснює: яка частина загальної дисперсії випадкової величини  $N$  припадає на всю регулярну (систематичну) складову цієї величини. Значення (26) – яка частина загальної дисперсії випадкової величини  $N$  пояснюється розробленою моделлю (24).

Застосовуємо дисперсійне відношення Фішера, що вказує у скільки разів дисперсія систематичної помилки перевищує дисперсію випадкової помилки:

$$F_E = [(\eta_{N/Q}^2 - R^2) \cdot (L - k)] / [(1 - \eta_{N/Q}^2) \cdot (k - m - 1)], \quad (29)$$

де  $m$  – кількість параметрів без вільного члену  $a_0$ ,  $L$  – кількість точок сукупності  $(Q_i, N_i)$ ,  $(i = 1, \dots, L)$ ,  $k$  – кількість інтервалів, на яких розбито сукупність  $(Q_i, N_i)$ ,  $(i = 1, \dots, L)$ .

Якщо, отримане значення (29) не перевищує порогове табличне значення показника Фішера по визначеному рівню  $\alpha = 0,05$ , тоді, відповідно до змісту критерію Фішера, систематична помилка та випадкова складова належать до однієї сукупності. Внесок систематичної помилки виявиться незначущим. Використаний вид моделі (24), з усіма значеннями її параметрів, можливо визнати адекватним описуваному набору даних. Тобто (блок 9 рис. 2):

$$F_E < F_{0,05}(k - m - 1, L - k), \quad (30)$$

де  $(k - m - 1)$ ,  $(L - k)$  – число ступенів вільності.

Отже, при виконанні (30) виявляється, що дві вибірки належать до однієї генеральної сукупності, що доводить – неточність регулярної частини (24) визнається на стільки ж випадковою, як і "шумова" складова. Якщо (30) не виконується, то розроблена (24) модель вважається не відповідною початковому набору даних. Тобто необхідно підбирати більш точну залежність між  $Q$  та  $N$ , наприклад квадратичну або іншу, та проводити нові розрахунки.

З метою перевірки можливості застосування розроблених алгоритму і методики (рис. 2), для оцінки впливу нестачі елементів матеріального забезпечення на ефективність виконання СБЗ через втрати серед о/с, були використані дані, щодо кількості хворих військовослужбовців на трьох блокпостах. Спостереження проводились одночасно, в зимовий період. На першому БП переважно існувала нестача твердого палива для опалення, на другому – гумових чобіт, на третьому – продовольства.

Були отримані регресійні моделі залежності кількості особового складу, що захворіли  $N_{\text{хвор.}q}(Q_{\text{мз.}q})$  (чол.), на відповідному БП від визначених аргументів:  $Q_{\text{мз.}1}$  – показник рівня забезпечення твердим паливом для опалення відносно норм належності (%),  $Q_{\text{мз.}2}$  – показник рівня забезпечення гумовими чоботами відносно норм належності (%),  $Q_{\text{мз.}3}$  – показник рівня забезпечення продовольством відносно норм належності (%).

Проведені розрахунки дають змогу отримувати моделі (6), які дозволяють оцінити можливу кількість військовослужбовців, що можуть захворіти, при фактичному рівні не повного забезпечення по кожному досліджуваному матеріальному засобу. Результати коротко представлені у табл. 1, 2 та на рис. 3. Згідно з методикою (рис. 2), прогностичні дані моделей (табл. 2, рядок 3) були перевірені на відповідність вимогам значимості, адекватності, коректності практичних розрахунків.

Таблиця 1

Початкові дані для розроблення моделі

№ з/п	$N_{\text{хвор.}q}(Q_{\text{мз.}q})$ , (чол.)	$Q_{\text{мз.}1}$ , (%)	$Q_{\text{мз.}2}$ , (%)	$Q_{\text{мз.}3}$ , (%)
1	17	68	72	87
2	18	57	81	91
...	...	...	...	...
90	21	62	89	94

Таблиця 2

Результати розрахунків середньої кількості особового складу, що захворіли  $[N_{\text{хвор.}q}(Q_{\text{мз.}q})]$ , в залежності від показників рівня забезпечення відносно норм належності: твердого палива для опалення ( $Q_{\text{мз.}1}$ ), гумових чобіт ( $Q_{\text{мз.}2}$ ), продовольства ( $Q_{\text{мз.}3}$ )

№ з/п	Порядок розрахунків	$N_{\text{хвор.}1}(Q_{\text{мз.}1}) = f(Q_{\text{мз.}1})$	$N_{\text{хвор.}2}(Q_{\text{мз.}2}) = f(Q_{\text{мз.}2})$	$N_{\text{хвор.}3}(Q_{\text{мз.}3}) = f(Q_{\text{мз.}3})$
1	Оцінка значимості кореляційного зв'язку: $F_{N/e} > F_{0,01}(k-1, L-k)$	3,021 > 2,0164	3,145 > 2,0164	3,237 > 2,0164
2	Коефіцієнти регресії: $(a_0)$ , $[a_1]$	(5,93), [0,27]	(1,72), [0,32]	(4,21), [0,31]
3	Рівняння регресії: $N_{\text{хвор.}q}(Q_{\text{мз.}q}) = a_0 + a_1 \cdot Q_{\text{мз.}q}$	$N_{\text{хвор.}1}(Q_{\text{мз.}1}) = 5,93 + 0,27 \cdot Q_{\text{мз.}1}$	$N_{\text{хвор.}2}(Q_{\text{мз.}2}) = 1,72 + 0,32 \cdot Q_{\text{мз.}2}$	$N_{\text{хвор.}3}(Q_{\text{мз.}3}) = 4,21 + 0,31 \cdot Q_{\text{мз.}3}$
4	Перевірка коректності практичних розрахунків: $(e_1^2 + \dots + e_N^2) = (e_1^2 + \dots + e_N^2)$	22,29 = 22,29	32,64 = 32,64	38,97 = 38,97
5	Оцінка значимості моделі $F_R > F_{0,01}(m, L-m-1)$	4,256 > 3,9201	5,113 > 3,9201	4,519 > 3,9201
6	Перевірка адекватності моделі початковому набору даних $F_E < F_{0,05}(k-m-1, L-k)$	1,912 < 2,0867	1,847 < 2,0867	1,932 < 2,0867

Отримані результати доводять наявність зв'язків між нестачею певних видів МЗ та кількістю о/с, які захворіли. Нестача МЗ потенційно призводить до зниження показника спроможності виконання СБЗ через неможливість залучення необхідної кількості військовослужбовців до несення служби. Низький рівень матеріального забезпечення може привести до обмеженої боєздатності підрозділу НГ. Так при 70% незабезпеченості твердим паливом для опалення в зимовий період (рис. 3), підрозділ починає втрачати спроможність виконувати СБЗ.

Розроблені моделі (рис. 3) можуть бути використані командиром для оцінки впливу елементів матеріального забезпечення на ефективність виконання СБЗ з метою своєчасного відновлення МЗ та

недопущення зриву виконання СБЗ. Своєчасна оцінка показника (3) втрати спроможності виконання СБЗ може допомогти у прийнятті обґрунтованого рішення для вживання заходів, щодо зниження ризику не виконання СБЗ через відсутність достатньої кількості о/с для несення служби.

## Висновки

Таким чином, розроблена методика (рис. 2) дозволяє отримувати необхідні математичні моделі залежності показника спроможності виконання службово-бойових завдань від рівня забезпечення по кожному із досліджуваних видів матеріальних засобів. При цьому, одночасно забезпечується покрокова оцінка коректності розрахунків та тісноти коре-



ляційних зав'язків параметрів моделі, значимості кореляційного зв'язку та значимості самої регресій-

ної моделі, а також адекватності виду моделі до набору початкових даних.

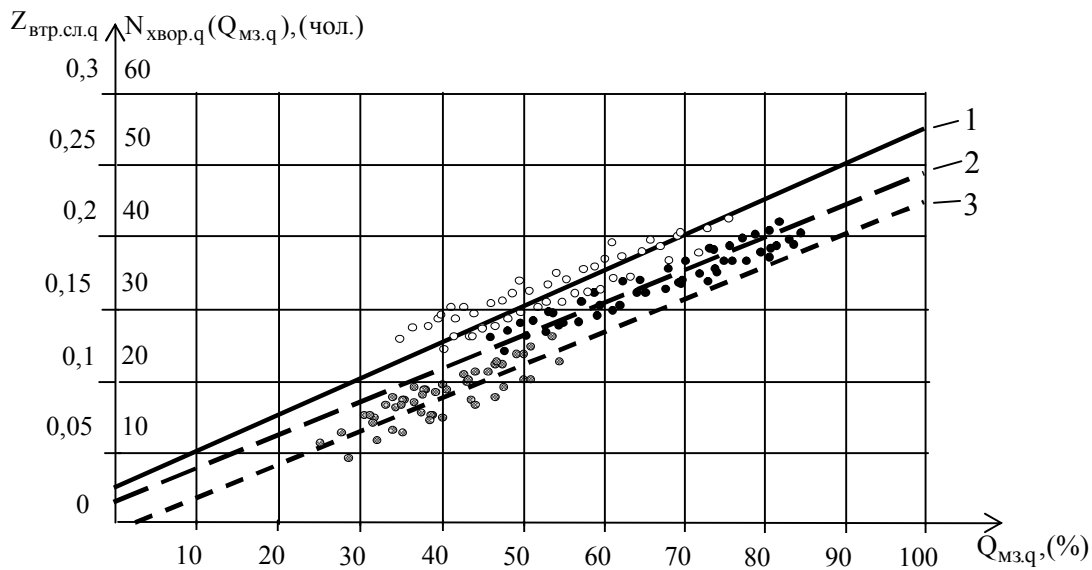


Рис. 3. Залежність кількості особового складу, що захворіли  $[N_{\text{хвор.}q}(Q_{\text{мз.}q})]$  та показника  $(Z_{\text{втр.сл.}q})$  втрати спроможності виконання службово-бойових завдань від рівня незабезпеченості:

1 – твердим паливом для опалення  $(Q_{\text{мз.1}})$ ; 2 – гумовими чоботами  $(Q_{\text{мз.2}})$ ; 3 – продовольством  $(Q_{\text{мз.3}})$

Наведений приклад побудови моделей залежності кількості хворих від рівня забезпечення твердим паливом, гумовими чоботами, продовольством, свідчить на користь працездатності методики розроблення однофакторних лінійних регресійних моделей.

Одночасно, розроблені моделі демонструють наявність залежності показника спроможності виконання службово-бойових завдань (3) від наявного рівня забезпечення матеріальними засобами, що дозволяє вважати поставлену мету досягнутою.

Напрямок подальшого дослідження є оцінка впливу елементів матеріального забезпечення на ефективність виконання СБЗ в умовах ведення бойових дій.

## Список літератури

1. 100 днів АТО: Що ми пережили і що жде впереди. [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <http://112.ua/statji/100-dney-ato-chto-my-perezhili-i-chto-zhdet-vpered-95691.html>.
2. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 13 квітня 2014 року "Про невідкладні заходи щодо подолання терористичної загрози і збереження територіальної цілісності України" [Текст]: Указ Президента України від 14 квітня 2014 р. № 405/2014. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/405/2014>.
3. Про часткову мобілізацію. [Електронний ресурс]: Указ президента України від 17.03.2014 р. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/303/2014>.
4. Про оборону України [Електронний ресурс]: Закон України від 06.12.1991 р. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1932-12>.

5. Про Національну гвардію України [Електронний ресурс]: Закон України від 13.03.2014 р. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/876-18>.

6. Про боротьбу з тероризмом. [Електронний ресурс]: Закон України від 20.03.2003 р. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/638-15/page>.

7. Стране нужна броня [Електрон. ресурс] – Режим доступу: [http://society.lb.ua/life/2014/07/09/272335\\_strane\\_nuzhna\\_bronya.html](http://society.lb.ua/life/2014/07/09/272335_strane_nuzhna_bronya.html).

8. Бойцы под Зеленополье без бронезилетов и боеприпасов, – Ляшко. [Електрон. ресурс] – Режим доступу: [http://24tv.ua/ru/bojtsy\\_pod\\_zelenopole\\_bez\\_bronezhiletov\\_i\\_boepripasov\\_lyashko\\_n463663](http://24tv.ua/ru/bojtsy_pod_zelenopole_bez_bronezhiletov_i_boepripasov_lyashko_n463663).

9. Comments.ua Коментарі. [Електрон. ресурс] / АТО виявила критичний стан тилового забезпечення Збройних Сил. – Порошенко – Режим доступу: <http://ua.comments.ua/money/235330-ato-viyavila-kritichnyi-stan-tilovogo.html> (дата звернення: 20.12.2014).

10. В Києве озвучили проблеми, с котрыми сталкиваются бойцы АТО. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://for-ua.com/article/1055372>.

11. Бойовий статут Сухопутних військ Збройних Сил України. Частина 2. Батальйон, рота [Текст]: Наказ командувача Сухопутних військ Збройних Сил України від 29.12.10 № 574. / ГШ ЗС України. – Київ.

12. Порошенко назвал главную задачу АТО на Донбасе [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://glavred.info/politika/poroshenko-nazval-glavnyuyu-zadachu-ato-na-donbasse-318343.html>.

13. Учебно-методический материал по войсковому тылу [Текст] / А.А. Прокопчик и др. – Ленинград: ВАТТ, 1990. – 180 с.

14. Про норми харчування військовослужбовців збройних сил, інших військових формувань, осіб рядового і начальницького складу органів внутрішніх справ та кримінально-виконавчої системи. [Електронний ресурс]: Постанова Кабінету Міністрів України від 29 березня

2002 р. № 426. (із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 1141 від 23.12.2015) – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua>.

15. Про забезпечення речовим майном військовослужбовців Збройних Сил та інших військових формувань у мирний час. [Електронний ресурс]: Постанова Кабінету Міністрів України від 28.10.2004 р. № 1444 – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua>.

16. Наказ про введення в дію “Положення про військове господарство внутрішніх військ МВС України” від 20.05.1992 № 72 [Копія] / ГУВВ МВС України. – Київ.

17. Наказ про введення в дію Керівництва по роботі військових складів пального від 8.07.2000 № 442 [Копія] / МВС України. – Київ.

18. Руководство по организации питания личного состава воинских частей, кораблей и учреждений [Текст]. / М.: – Воениздат – 1979. – 166 с.

19. Руководство по приготовлению пищи в воинских частях и учреждениях [Текст]. – М.: Воениздат, 1980. – 156 с.

20. Ткаченко В.В. Військовий тил. Ч. I. Основи військового тилу [Текст]: навч. посіб. / В.В. Ткаченко. – К.: Нац. акад. оборони України, 2000. – 308 с.

21. Ткаченко В.В. Військовий тил. Ч. II. Тилове забезпечення бригади, полку. [Текст]: навч. посіб. / В.В. Ткаченко. – К.: Нац. акад. оборони України, 2001. – 360 с.

22. Наказ про єдині вимоги щодо обладнання та утримання військових їдалень з'єднань та військових частин ВВ МВС України від 15.04.1999 № 131 [Копія] / ГУВВ МВС України. – Київ.

23. Керівництво з оцінювання бойової та гуманітарної підготовки, морально-психологічного стану, військової дисципліни, стану озброєння та військової техніки, стану військового тилу, медичного забезпечення у ВВ МВС України. [Електронний ресурс]: наказ МВС України від 23.05.1997 р. № 186. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws>.

24. Ролін І.Ф. Методичні положення щодо визначення показників і критерію ефективності функціонування

системи тилового забезпечення угруповання внутрішніх військ [Текст] / І.Ф. Ролін, І.Є. Морозов // Системи озброєння та військової техніки – 2013. – Вип. 4 (36). – С. 151-155.

25. Наказ Командувача Національної гвардії України №160 від 15.07.2014 "Про затвердження Інструкції з обладнання блокпоста та організації служби особовим складом Національної гвардії України" / ГУ НГУ МВС України. – Київ.

26. Бой за Лисичанск продолжается. Блокпосты АТО обстреливают со всех сторон. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://fakty.ictv.ua/ru/index/view-media/id/66091>.

27. Боевики обстреляли блокпосты сил АТО возле Коминтерново из 82-мм минометов – ИС [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: [http://zn.ua/UKRAINE/boeviki-obstrelyali-blokpasty-sil-ato-vozle-kominternovo-iz-82-mm-minometov-is-203859\\_.html](http://zn.ua/UKRAINE/boeviki-obstrelyali-blokpasty-sil-ato-vozle-kominternovo-iz-82-mm-minometov-is-203859_.html).

28. Военный энциклопедический словарь / В 2 томах. Т. 2. – Редкол.: А.П. Горкин, В.А. Золотарев, В.М. Карев и др. – М.: Большая Российская энциклопедия, "РИПОЛ КЛАССИК", 2001. – 816 с.

29. Порошенко: АТО показала развал системы тылового обеспечения. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://mignews.com.ua/sobitija/inukraine/3180514.html>.

30. Городнов В.П. Высшая математика (популярно, с примерами): учебн. для студ. экон. спец. высш. уч. завед. Издание 3-е / В.П. Городнов. – Х.: Изд-во АБВ МВД України, 2013. – 380 с.

31. Методология и организация научных исследований: уч. пособ. / В.П. Городнов. – Х.: Акад. ВВ МВД України, 2009 – 216 с.

Надійшла до редколегії 30.05.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Г.А. Дробаха, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## МОДЕЛЬ И МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МАТЕРИАЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛЬ ПОТЕРИ СПОСОБНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ СЛУЖЕБНО-БОЕВЫХ ЗАДАЧ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ГВАРДИИ УКРАИНЫ В ОСОБЫЙ ПЕРИОД

В.П. Городнов, В.В. Власюк, В.В. Овчаренко

С целью прогнозирования влияния наличного уровня обеспечения материальными средствами на показатель потери способности выполнения служебно-боевых задач подразделениями Национальной гвардии Украины в особый период, разработана методика формирования математических моделей с одновременной оценкой корректности расчетов и тесноты корреляционной связи параметров модели, значимости корреляционной связи и значимости самой регрессионной модели, а так же адекватности вида модели исходному набору данных.

**Ключевые слова:** модель, методика, показатель потери способности выполнения служебно-боевых задач, особый период.

## INFLUENCE ASSESSMENT MODEL AND METHOD OF THE MATERIAL SUPPORT ELEMENTS ONTO LOSS INDEX OF UKRAINE NATIONAL GUARD SUBUNITS ABILITY TO PERFORM THEIR SERVICE AND COMBAT MISSIONS IN SPECIAL PERIOD

V.P. Gorodnov, V.V. Vlasjuk, V.V. Ovcharenko

In order to predict the influence of the actual supply level onto wastage indicator of ability to perform service and combat missions for Ukraine' National Guard subunits in a special period; method of a mathematical model formation was designed in accordance with simultaneous assessment the calculation accuracy and the closeness of correlation of the model parameters, the significance of correlation and the regression model itself, as well as the adequacy of the model type to the original data set.

**Keywords:** the model, the method, loss index ability to support service and combat missions, a special period.