

УДК 351.74

**В'ячеслав ГОРОДНОВ,**  
доктор військових наук, професор,  
Національна академія Національної гвардії України, м. Харків

**Володимир КИРИЛЕНКО,**  
доктор військових наук, професор,  
Національна академія Державної прикордонної служби України  
імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький

**Артем ШЕВЧЕНКО,**  
Головний центр підготовки особового складу Державної прикордонної  
служби України імені генерал-майора Ігоря Момота, м. Черкаси

## **МОДЕЛЬ І МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПОКАЗНИКА ОПЕРАТИВНО- СЛУЖБОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ВІД СТУПЕНЯ ПОВНОТИ МАТЕРІАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОКРЕМОЇ ПРИКОРДОННОЇ БОЙОВОЇ КОМЕНДАТУРИ В ОСОБЛИВИЙ ПЕРІОД**

*Сформована модель і покрокова методика для пошуку адекватної статистичної залежності показника оперативно-службових можливостей від ступеня повноти матеріального забезпечення, по одному з його видів, окремої прикордонної бойової комендатури в особливий період.*

**Ключові слова:** модель, методика, показник, прикордонна комендатура, матеріальне забезпечення, особливий період.

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Матеріальне забезпечення (МЗ) можна розглядати як комплекс заходів, виконуваних

© Городнов В., Кириленко В., Шевченко А.

службами тилу (продовольчої, речової, пально-мастильних матеріалів, а також забезпечення водою і підвезення боєприпасів та інших матеріальних засобів), із задоволення потреб військ (сил) в матеріальних засобах, необхідних для їх повсякденного життя і бойової діяльності [1, 2]. Матеріальні засоби за службами тилу повинні поставлятися своєчасно, належної номенклатури і якості. Однак у низці ситуацій [14, 15] виникають збої в постачаннях, що може знижувати можливості органів охорони кордону.

Особовий склад окремої прикордонної бойової комендатури (ОПБК) виконує завдання забезпечення недоторканності державного кордону цілодобово в формі оперативно-службової діяльності (ОСД) [5].

Процес виконання кожного завдання ОСД пов'язаний з витратою ресурсів – поновлюваних (обсяг служби особового складу, запаси матеріальних засобів – продовольства, речового майна, пального, медикаментів та інших) і – не відновлюваних (ОВТ в разі поразки, особовий склад у разі загибелі й інші). Основним з перерахованих ресурсів є обсяг служби особового складу, який визначає можливість виконання всього комплексу завдань ОСД.

Недостатність або несвоєчасність поповнення матеріальних засобів може призвести до зниження оперативно-службових можливостей (ОСМ) ОПБК. Так, нестача належного речового майна або медикаментів може викликати захворюваність особового складу.

В особливий період [3 ст.1], що почався 17 березня 2014 року з моменту публікації Указу Президента України “Про часткову мобілізацію” [4], нестача пального, відсутність або несправність техніки може знижувати мобільність нарядів, скорочуючи доступний для своєчасного контролю простір державного кордону, або може призводити до втрат особового складу при запізненні підкріплення нарядам, що вступили в бій з диверсійно-розвідувальною групою (ДРГ).

Зниження значень показника ОСМ щоразу залежить від важко передбачуваних умов обстановки і породжує проблему пошуку кількісного опису ступеня зниження ОСМ залежно від нестачі матеріальних засобів. Такий опис міг би дозволити передбачати і своєчасно вживати заходів щодо збереження необхідного рівня ОСМ.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми та на які опираються автори.** В [6-10] і в інших відомих публікаціях основна увага приділялася конкретним елементам процесу організації охорони державного кордону, оцінці ефективності охорони і завданням її інформаційного забезпечення.

В [11] запропоновано показник і критерій кількісної оцінки оперативно-службових можливостей прикордонного загону.

Однак питання оцінки впливу ступеня повноти матеріального забезпечення на можливості прикордонних підрозділів з виконання завдань ОСД в зазначених і в інших роботах не розглядалися через складності врахування випадкових умов обстановки на державному кордоні в особливий період та випадкових результатів ОСД, що і визначило необхідність побудови моделі визначення залежності представленого в [11] показника оперативно-службових можливостей від ступеня повноти МЗ ОПБК.

**Метою статті** є побудова моделі та методики для оцінки залежності ступеня зниження показника ОСМ при недостатній кількості видів засобів матеріального забезпечення.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** В [11] запропоновано вимірюваний в одиницях добових нарядів показник кількісної оцінки ОСМ (наявного обсягу служби) органу охорони державного кордону (ДК)

$$W_{ОСМ} = \frac{N}{K_p}, \text{ [д. н.]}, \quad (1)$$

де  $N$  - кількість військовослужбовців в органі охорони ДК, що залучаються для виконання завдань ОСД;  $K_p$  - коефіцієнт редуції можливостей у зв'язку з необхідністю додаткових витрат календарного часу на підготовку військовослужбовців до виконання завдань ОСД:

$$K_p = \frac{Q_{\text{години році}}}{T_{\text{ОСД}}^{\text{години році}}}, \quad (2)$$

де обсяг часу в календарному році, що залишився на виконання завдань ОСД, враховує всі типові заходи, які доповнюють виконання завдань ОСД:

$$T_{ОСД}^{години\ роцi} = \left( N_{\delta}^{pik} - N_{\delta,vidn} - N_{\delta,xv} - N_{cv} \right) \cdot \left( \frac{T_{p,mj}}{7} - \frac{n_{mic}^{bn} \cdot T_{mic}^{bn}}{N_{\delta}^{pik}} \right). \quad (3)$$

Наявний обсяг ОСМ повинен бути не менше необхідного обсягу для виконання всього переліку завдань ОСД з охорони ДК, що є критерієм достатності [11] ОСМ:

$$w_{ОСМ} \geq w_{ОСМ}^{ч.нбх}, \quad (4)$$

де

$$w_{ОСМ} = \gamma_{ОСД}^{ч.нбх} \cdot K_p; \quad (5)$$

$$\gamma_{ОСД}^{ч.нбх} = \frac{1}{n_{mic}^{дiб} \cdot 24} \sum_{i=1}^Q b_i \cdot n_i \cdot T_i, \text{ [д. н.]}$$

$\gamma_{ОСД}^{ч.нбх}$  – необхідна витрата часу (обсяг служби) для виконання завдань ОСД;  $i$  – вид прикордонного наряду у складі  $n_i$  військовослужбовців протягом  $T_i$  годин у місяць з одночасною участю  $b_i$  нарядів одного виду.

Нестача матеріальних засобів (табл. 1, варіант) кожного  $k$ -го виду МЗ може знижувати значення показника  $W_{ОСМ}$  (1).

Таблиця 1

**Фактори, які впливають на службово-бойові можливості ОПБК (варіант)**

№ з/п	Фактори
1	Кількість особового складу на виконання ОСД
	Наявність (з відповідною кількістю та якістю):
2	обсягу часу (служби) на виконання ОСД
3	продовольства
4	боєприпасів
5	пального
6	службових собак та засобів їх утримання
7	справної техніки
8	транспортних засобів
9	засобів індивідуального захисту
10	спеціальних засобів
11	технічних засобів зв'язку
12	інших засобів

Величину зниження  $y_k$  зручно оцінювати у відносних одиницях:

$$y_k = \frac{W_{\text{ОСМ.max}} - W_{\text{ОСМ.k}}}{W_{\text{ОСМ.max}}} = 1 - \frac{W_{\text{ОСМ.k}}}{W_{\text{ОСМ.max}}} = 1 - x_k, \quad 0 \leq y_k \leq 1, \quad (6)$$

де  $W_{\text{ОСМ.max}}$  – оцінка показника ОСМ при відсутності нестачі в матеріальних засобах;  $W_{\text{ОСМ.k}}$  – оцінка показника ОСМ при наявності нестачі в  $k$ -му МЗ.

Однак величина зниження  $y_k$  не має аналітичного опису і статистично залежить від виду  $k$  і кількості  $x_k$  відсутнього обсягу матеріальних засобів і від поточних умов оперативної обстановки, що визначає необхідність використання методів кореляційно-регресійного аналізу та математичної статистики [12, 13] для пошуку типу і параметрів моделі взаємозв'язку показника (1) і обсягів та виду  $k$  відсутніх матеріальних засобів.

При розробці моделі використовуємо такі гіпотези і припущення:

обсяг трудовитрат (обсяг служби) на виконання завдань ОСД залежить від повноти елементів матеріального забезпечення (табл. 1);

кожен  $k$ -й елемент МЗ на момент його застосування може мати відносну величину нестачі ( $x_k \leq 1$ );

ступінь впливу нестачі кожного з елементів МЗ на поточний обсяг служби і на можливості виконати завдання ОСД різна і залежить від рівня “достатності” елементів МЗ для виконання конкретних завдань ОСД;

зниження наявного обсягу роботи можливо одночасно за всіма видами МЗ і в першому наближенні може бути адитивним;

на першому кроці розробки моделі розглядається вплив тільки одного  $k$ -го виду матеріального забезпечення, за яким існує нестача, інші види МЗ вважаються присутніми в повному обсязі і є предметом розгляду на наступних кроках;

при розробці моделі та методики передбачається наявність хоча б мінімального обсягу статистичних даних [14, 15, 17];

при розрахунках значення показника зниження наявного обсягу служби органу охорони ДК в результаті нестачі МЗ можуть бути статистичні похибки, які вимагають спеціального урахування.

Метою побудови зазначеної моделі є виявлення залежності між середніми значеннями двох параметрів, один з яких назвемо функцією (показник  $y_k$  зниження наявного обсягу служби ОПБК), а інший  $x_k$  – її аргументом (нестача  $k$ -го виду МЗ). Для найпростішого випадку побудови лінійної однофакторної регресійної моделі індекс ( $k$ ) номера виду матеріального засобу є величиною постійною і може далі не вказуватися. Алгоритм реалізації шуканої моделі в формі відповідної методики наведено на рис. 1.

Початковою інформацією (рис. 1 блок 1) є сукупність з  $n$  двовірних точок  $(x, y)_i$  та можливий вид полінома моделі першого чи іншого ступеня. Кожна координата точки має свій фізичний зміст:  $x_i$  – відносний показник обсягу нестачі матеріального засобу в  $i$ -й точці початкових даних (змінюється від 0 до 1),  $h_i$  – показник відносного зниження наявного обсягу служби ОПБК в  $i$ -й точці початкових даних (змінюється від 0 до 1).

Відомо [12], що в основі регресійного аналізу лежать дві гіпотези: вважається, що досліджувана сукупність параметрів має внутрішній статистичний (функціональний) зв'язок, який може бути виявлений і формалізований у вигляді кореляційної залежності одного параметра від іншого;

випадковий розкид (дисперсія) значення кожного параметра має регулярну компоненту, яка залежить від деякого аргументу (“сигналу”), і випадкову (“шум”). Випадкова компонента (“шум”) розподілена за нормальним законом. Тому методом підбору коефіцієнтів для апроксимації залежності одного параметра від іншого може бути метод найменших квадратів (МНК) [16].

У цьому випадку, залежну змінну в  $i$ -й точці залежності позначаємо символом  $y_i$ , а її аргумент – символом  $x_i$ .

Рівняння досить адекватної моделі для оцінки залежності показника оперативно-службових можливостей від ефективності МЗ ОПБК в особливий період може мати різний вигляд – лінійний, квадратичний або інший, що визначає необхідність не тільки пошуку статистичних оцінок її параметрів, а й спеціальних перевірок:

коректності розрахунків коефіцієнтів апроксимації регулярної складової (рис. 1, блоки 2, 3);

значущості кореляційного зв'язку та адекватності моделі описуваному процесу (рис. 1, блоки 4, 5);

точності розрахунків коефіцієнтів регресії (рис. 1, блоки 6, 7);

адекватності обраного виду моделі щодо початкового набору даних (рис. 1, блоки 8, 9).

Реалізація зазначених перевірок і розрахунків статистичних оцінок параметрів і є змістом процесу побудови шуканої адекватної моделі. Для зручності викладу припустимо існування певної моделі в формі лінійної регресії, яка потім може бути прийнята або відкинута з подальшим пошуком моделі іншого виду.

Лінійне рівняння (рис. 1, блок 2) регресійної моделі (регресії) для залежності показника зниження наявного обсягу служби (змінної  $y$ ), набуде вигляду [16]

$$y = a_0 + a_1x + e, \quad (7)$$

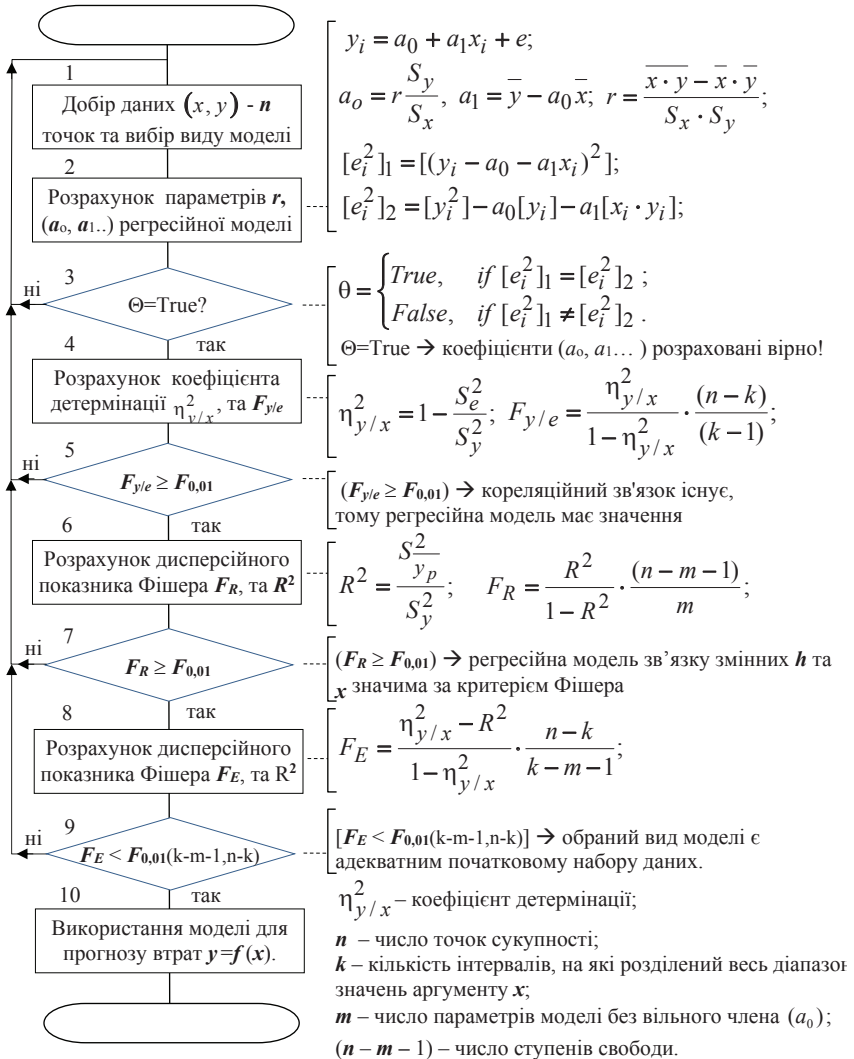
де  $y$  – показник зниження наявного обсягу служби (змінюється від 0 до 1);  $a_0, a_1$  – коефіцієнти апроксимації регулярної складової;  $x$  – показник недостатнього обсягу матеріального засобу (змінюється від 0 до 1);  $e$  – помилка апроксимації (“шум”).

Знайдемо коефіцієнти апроксимації регулярної складової за допомогою відомого перетворення [19, 22]:

$$a_0 = r \frac{S_y}{S_x}, \quad a_1 = \bar{y} - a_0 \bar{x}, \quad (8)$$

$$r = \frac{\overline{x \cdot y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{S_x \cdot S_y}, \quad (9)$$

де  $r$  – коефіцієнт кореляції;  $S_y$  – середньоквадратичне відхилення функції;  $S_x$  – середньоквадратичне відхилення аргументу;  $\bar{y}$  – середнє значення функції;  $\bar{x}$  – середнє значення аргументу.



**Рис. 1.** Схема методики оцінювання залежності показника у оперативно-службових можливостях від ефективності (повноти)  $k$ -го виду матеріального забезпечення окремої прикордонної бойової комендатури в особливий період



З метою перевірки коректності розрахунку коефіцієнтів апроксимації регулярної складової, знайдемо суму квадратів похибки “ $e$ ” (для спрощення подальших записів позначимо операцію сумування за всіма можливими  $n$  значеннями змінних  $(x_i, y_i)$  у вигляді квадратних дужок) двома різними способами:

$$[e_i^2]_1 = [(y_i - a_0 - a_1 x_i)^2], \quad (10)$$

$$[e_i^2]_2 = [y_i^2] - a_0 [y_i] - a_1 [x_i \cdot y_i]. \quad (11)$$

При збігу результатів розрахунків за формулами (10) та (11) виконані розрахунки коефіцієнтів апроксимації (8) і (9) регресійної моделі вважаються правильними, тобто показник (12) має значення “True” (рис. 1, блок 3):

$$\theta = \begin{cases} \text{True,} & \text{if } [e_i^2]_1 = [e_i^2]_2; \\ \text{False,} & \text{if } [e_i^2]_1 \neq [e_i^2]_2. \end{cases} \quad (12)$$

Оцінку значущості кореляційного зв’язку та адекватності моделі описуваному процесу (рис. 1, блоки 4, 5) виконуємо на основі аналізу структури дисперсії регресійної моделі. Для цього на першому етапі визначимо особливості структури дисперсії вибірки із  $n$  точок  $(x_i, y_i)$ .

Розіб’ємо увесь діапазон значень аргументу  $x \in [x_{\min}; x_{\max}]$  на  $k$  інтервалів. У кожному інтервалі в якості представницького значення аргументу  $x$  використаємо його середнє для даного інтервалу значення  $x = x_j$ . Будемо вважати, що для всіх  $k_j$  значень функції  $y_{ij}$ , що потрапили в цей інтервал, значення аргументу дорівнює  $x = x_j$ . Тобто кожному  $x_j$  відповідає своя безліч  $(y_{zj})$ ,  $j = 1, \dots, n_j$ , значень функції  $y_{ij}$ , для якої існує середнє значення:

$$\bar{y}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{z=1}^{n_j} y_{zj}.$$

Значення оцінки математичного сподівання величини  $y_j$  (величини “сигналу”) в цьому  $j$ -му інтервалі, в який потрапило  $n_j$  точок, матиме відомий вид:

$$M_j[y_{zj}] = \bar{y}_j \cong \frac{1}{k_i} \sum_{z=1}^{k_i} y_{zj}. \quad (13)$$

Загальне значення випадкової величини в такому інтервалі представимо у вигляді суми середнього значення та випадкової похибки (“шуму”):

$$y_{zj} = \bar{y}_j + e_{zj}. \quad (14)$$

При зміні номера інтервалу  $j$  середнє значення функції  $\bar{y}_j$  також змінюється і всякий раз є випадковою величиною. Однак для кожного  $j$ -го інтервалу справедливо (14). Застосуємо до (14) операцію дисперсії:

$$D[y_{zj}] = D[\bar{y}_j] + 2K_{\bar{y}_j e_{zj}} + D[e_{zj}]. \quad (15)$$

Розрахувавши дисперсію середніх значень  $\bar{y}_j$  всередині інтервалів (регулярної компоненти), отримаємо:

$$D[\bar{y}_j] = M[(\bar{y}_j - \bar{y})^2] = \sum_{j=1}^k p_j (\bar{y}_j - \bar{y})^2 \cong \sum_{j=1}^k \frac{k_j}{n} (\bar{y}_j - \bar{y})^2 = S_{y_p}^2. \quad (16)$$

Значення кореляційного моменту (коваріації) в (15), між регулярною компонентою і шумом, дорівнюватиме нулю. Тоді (15) набуде вигляду:

$$D[y_{zj}] = D[\bar{y}_j] + D[e_{zj}] = D_{\bar{y}_j} + D_e, \quad (17)$$

або в загальноприйнятих для регресійного аналізу позначення дисперсії

$$S_{y_j}^2 = S_{\bar{y}_j}^2 + S_e^2. \quad (18)$$

Перший доданок у (18) є дисперсією випадкових середніх значень  $\bar{y}_j$  кожного інтервалу (“сигналу”) і характеризує розкид експериментальних середніх значень кожного інтервалу (кожної групи значень  $y_{zj}$ ) відносно єдиного середнього значення  $\bar{y}$  для всієї сукупності точок  $(x, y)_{ij}$  регулярної складової.

Основне рівняння дисперсійного аналізу (18) у загальноприйнятому вигляді запишемо через дисперсію сигналу (регулярної складової) та похибки

$$S_y^2 = S_{y_p}^2 + S_e^2. \quad (19)$$

Для оцінки вкладів регулярної (“сигналу”) та випадкової (“шуму”) складових у структурі загальної дисперсії поділимо ліву та праву частину рівняння (19) на величину загальної дисперсії  $S_y^2$ :

$$1 = \frac{S_{y_p}^2}{S_y^2} + \frac{S_e^2}{S_y^2}. \quad (20)$$

Другий доданок у правій частині (20) є внеском “шумової” компоненти в загальну дисперсію.

Перший доданок у правій частині (20) має назву “коефіцієнт детермінації” (рис. 1, блок 4), та матиме вигляд

$$\eta_{y/x}^2 = \frac{S_{y_p}^2}{S_y^2} = 1 - \frac{S_e^2}{S_y^2}. \quad (21)$$

Коефіцієнт детермінації (21) змінюється в межах від 0 до 1 та є мірою тісноти кореляційного зв'язку функції  $y$  і її аргументу  $x$ .

Якщо  $S_e^2 = S_y^2$ , то коефіцієнт детермінації  $\eta_{y/x}^2 = 1 - 1 = 0$ , що відображає абсолютно випадкову залежність функції  $y$  від аргументу  $x$  (21), а саме відсутність між ними всякого кореляційного зв'язку. У такому випадку кореляційний зв'язок між параметрами відсутній і регресійна модель не є адекватною описуваному процесу.

Якщо,  $S_e^2 = 0$ , то коефіцієнт детермінації  $\eta_{y/x}^2 = 1 - 0 = 1$ , а саме випадкового розкиду значень ( $y$ ) відносно свого середнього значення в кожному інтервалі по  $x$  – немає, і в такому випадку дисперсія пояснюється тільки відхиленням точок  $y_i$  в кожному інтервалі від регресійної лінії (7).

При цьому в кожному інтервалі буде тільки одна точка  $y_i$ . У такому випадку залежність функції  $y$  від аргументу  $x$  є функціональною.

Для проміжних значень коефіцієнта детермінації (21) значимість (існування) кореляційного зв'язку, тобто значимість регресійної мо-

делі перевіримо за допомогою показника (рис. 1, блок 4) Фішера – Снедекора

$$F_{y/e} = \frac{\eta_{y/x}^2}{1 - \eta_{y/x}^2} \cdot \frac{(n - k)}{(k - 1)}, \quad (22)$$

де  $\eta_{y/x}^2$  – коефіцієнт детермінації (відображає належність двох вибірок ( $y_i, e$ ) однієї і тій же генеральній сукупності);  $n$  – число точок сукупності;  $k$  – кількість інтервалів, на які розділений весь діапазон значень аргументу  $x$ .

Якщо знайдене значення показника Фішера – Снедекора (22) перевищує граничне значення  $F_{y/e} \geq F_{0,01}$  (рис. 1, блок 5)

$$F_{y/e} > F_{0,01}(v_{y_p}, v_e) = F_{0,01}(k - 1, n - k),$$

то скоріше за все вибірка, що розглядається, не належить до однієї загальної генеральної сукупності. Тільки в одному випадку із 100 випадково можуть з'явитися такі великі відхилення міри розбіжності  $F_{y/e}$ , які перевищують її граничне значення  $F_{0,01}$ . Робимо висновок, що при настільки великому значенні показника  $F_{y/e}$  Фішера – Снедекора розглянуті вибірки взяті із різних сукупностей, тобто вибірка значень функції  $y$  не є настільки ж чистою випадковою як і шумова компонента  $e$ . У такому випадку знайдений кореляційний зв'язок вважається існуючим та регресійна модель має значення (рис. 1, блок 5, перехід до блоку 6).

Однак залишається відкритим питання: чи є правильною (“значущою”) лінійна регресійна залежність з урахуванням точності розрахунків коефіцієнтів регресії

$$y = a_0 + a_1 x. \quad (23)$$

Для оцінки (рис. 1, блоки 6, 7) значущості лінійної регресійної моделі застосуємо дисперсійний показник Фішера

$$F_R = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{(n - m - 1)}{m}, \quad (24)$$

$$R^2 = \frac{S_{y_p}^2}{S_y^2} = 1 - \frac{S_e^2}{S_y^2} = \eta_{y/x}^2, \quad (25)$$

де  $R^2$  – коефіцієнт детермінації;  $n$  – кількість точок сукупності;  $(n-m-1)$  – число ступенів свободи при розрахунку оцінки дисперсії випадкової складової з урахуванням визначення  $(m-1)$ -го параметра моделі.

У випадку отриманого за формулою (24) значення показника Фішера, яке перевищує граничне значення, взяте за рівнем  $\alpha = 0,01$ , а саме  $F_R \geq F_{0,01}$  – то вибірка реальної регулярної складової  $\bar{y}_i$  (“сигналу”) відносно моделі, що досліджується, та вибірка “шуму” належать до різних сукупностей. Отже, знайдена регресійна модель зв’язку змінних  $y$  та  $x$  вважається значимою за критерієм Фішера (рис. 1, блок 7, перехід до блоку 8). В протилежному випадку  $F_R < F_{0,01}$ , маємо ситуацію, в якій слід переглянути початкові дані в бік збільшення їх кількості та/або під час застосування методу найменших квадратів слід вибрати квадратичну залежність (рис. 1, блок 7, перехід до блоку 1).

Однак значущість моделі ще не веде до відповіді на питання: наскільки точно обраний вид функції відповідає описуваному набору даних, а саме сукупності  $n$  точок  $(x, y)_{ij}$ ?

Якщо вид (форма) функції зв’язку обрана правильно, наприклад, взята лінійна замість квадратичної, то нерегулярні залишки  $\varepsilon$  (нев’язка) будуть містити як випадкову складову  $e$ , так і систематичні помилки  $E$ :

$$\varepsilon = E + e. \quad (26)$$

Для перевірки адекватності виду моделі

$$y = a_0 + a_1 x \quad (27)$$

початковому набору даних (рис. 1, блоки 8, 9) використовуємо дисперсійне відношення Фішера, яке показує, у скільки разів дисперсія систематичної помилки перевершує дисперсію випадкової помилки

$$F_E = \frac{S_E^2}{S_e^2} \cdot \frac{v_e}{v_E} = \frac{\eta_{y/x}^2 - R^2}{1 - \eta_{y/x}^2} \cdot \frac{n - k}{k - m - 1}, \quad (28)$$

де  $R^2$  – коефіцієнт детермінації, розрахований не відносно середніх значень у вибірці, а відносно значень, отриманих за допомогою моделі (23);  $n$  – число точок

сукупності;  $m$  – число шуканих параметрів без вільного члена ( $a_0$ );  $k$  – кількість інтервалів, на які розділений весь діапазон значень аргументу  $x$ .

Якщо виявиться, що систематична помилка і випадкова складова належать одній сукупності

$$F_E < F_{0,01}(k - m - 1, n - k), \quad (29)$$

то внесок систематичної помилки виявиться незначним і використаний вид моделі

$$y = a_0 + a_1 x \quad (30)$$

і її параметрів з імовірністю  $\beta=0,99$  можна визнати адекватними описуваному набору даних, тобто сукупності  $n$  точок  $(x, y)_{ij}$ .

Як підсумок, неточність регулярної частини моделі визнається такою ж випадковою, як і “шумова” складова, тобто обраний вид моделі є адекватним початковому набору даних (рис. 1, блок 9, перехід до блоку 10 для виконання кінцевих розрахунків).

Відповідно до Закону [17] підрозділи Національної гвардії залучаються для охорони державного кордону, в тому числі і в особливий період. Досвід таких дій дозволяє використовувати відповідні статистичні дані (табл. 2) про зниження наявного обсягу служби ( $y, 0 \leq y \leq 1$ ) у випадках недопоставки ( $x, 0 \leq x \leq 1$ ) нормативного обсягу палива, для перевірки розробленої методики.

Початкові дані і результати покрокових розрахунків згідно з алгоритмом моделі [формули (1–30)] і схемою методики (рис. 1) компактно представимо в таблиці 2 і на рис. 2.

Отриманий вираз для моделі

$$y = 0,0089 + 0,1643 x \quad (31)$$

описує залежність величини ( $y$ ) відносного зниження показника ОСМ в підрозділі у випадках недопоставки нормативного обсягу ( $x, 0 \leq x \leq 1$ ) палива, знайдено з урахуванням:

коректності розрахунків коефіцієнтів апроксимації регулярної складової (рис. 1, блоки 2, 3; табл. 2, пп. 1–14);

значущості кореляційного зв'язку та адекватності моделі описуваному процесу (рис. 1, блоки 4, 5; табл. 2, пп. 15–20);

точності розрахунків коефіцієнтів регресії (рис. 1, блоки 6, 7; табл. 2, пп. 21–25);

- адекватності обраного виду моделі щодо початкового набору даних (рис. 1, блоки 8, 9; табл. 2, пп. 26–26).

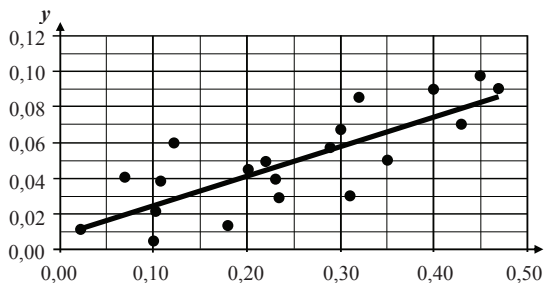


Рис. 2. Графічне подання початкових даних і результатів розрахунків

Таблиця 2

**Дані перевірки працездатності моделі і методики**

Початкові дані						Результати розрахунків								
№	$x_i$	$y_i$	№	$x_i$	$y_i$	№	Параметр	Значення	№	Параметр	Значення	№	Параметр	Значення
1	0,4	0,09	11	0,202	0,044	1	$n$	20	11	$a_1$	0,1643	21	$S_{y_p}^2$	0,0006
2	0,47	0,09	12	0,235	0,029	2	$k$	4	12	$[e_i^2]_1$	0,0003	22	$R^2$	0,6760
3	0,45	0,097	13	0,231	0,040	3	$m$	2	13	$[e_i^2]_2$	0,0003	23	$F_R$	17,7326
4	0,43	0,07	14	0,18	0,013	4	$\bar{x}$	0,2459	14	$\Theta$	True	24	$F_{0,01(2;17)}$	6,11
5	0,32	0,085	15	0,122	0,06	5	$\bar{y}$	0,0493	15	$S_e^2$	0,0003	25	$F_R > F_{0,01}$	True
6	0,301	0,067	16	0,103	0,021	6	$\overline{x \cdot y}$	0,0149	16	$S_y^2$	0,0008	26	$R^2(y_p)$	0,3682
7	0,35	0,05	17	0,108	0,038	7	$S_x$	0,1301	17	$\eta_{y/x}^2$	0,6760	27	$F_E$	4,9537
8	0,31	0,03	18	0,101	0,005	8	$S_y$	0,0269	18	$F_{y/e}$	11,126	28	$F_{0,01(2;16)}$	6,23
9	0,29	0,056	19	0,07	0,04	9	$r$	0,0028	19	$F_{0,01(3;16)}$	5,29	29	$F_E < F_{0,01}$	True
10	0,221	0,049	20	0,023	0,011	10	$a_0$	0,0089	20	$F_{y/e} > F_{0,01}$	True			

Успішна реалізація розрахунків і перевірок свідчить на користь працездатності розробленої методики та її придатності для практичних оцінок. При відсутності інших статистичних даних отримана модель (31) може використовуватися для приблизних оцінок величини зниження показника ОСМ підрозділів у схожих умовах виконання завдань ОСД.

**Висновки.** Отримана модель (та методика рис. 1) дозволяє покроково формувати розрахункові співвідношення (моделі) для оцінювання залежності показника оперативно-службових можливостей від ступеня повноти за кожним видом матеріального забезпечення окремої прикордонної бойової комендатури в особливий період і вважати поставлену мету досягнутою.

Така модель та методика створює умови для переходу до наступного етапу – комп'ютерної реалізації отриманої моделі і врахування спільного впливу на процес виконання завдань ОСД – неповного забезпечення матеріальними засобами декількох видів одночасно, що може бути напрямком подальших досліджень.

Крім того, залишається відкритим питання про оцінку впливу недостачі засобів за кількома видами матеріального забезпечення одночасно, що може виражатися відомою властивістю мультиколінеарності аргументів статистичної залежності і вимагає окремого розгляду.

### Список використаної літератури

1. Войсковой тыл : учебник / В. А. Коновалов, С. Г. Кармалеев, М. Л. Бельфер и др. – Ленинград : ВАТТ, 1985. 288 с.
2. Военный энциклопедический словарь: в 2 томах. Том 1. Москва: Большая Российская энциклопедия, “РИПОЛ КЛАССИК”, 2001. 848 с.
3. Про оборону України : Закон України від 06.12.1991 р. № 1932-ХІІ. *База даних “Законодавство України”* / ВР України. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/syow/1932-12> (дата звернення 01.06.2017).
4. Про часткову мобілізацію : Указ Президента України від 17.03.2014 № 303/2014 // *База даних “Законодавство України”* / ВР України. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/syow/ru/303/2014> (дата звернення 01.06.2017).
5. Про Державну прикордонну службу України : Закон України від 03.04.2003 № 661-IV. / Київ.: Парлам. вид-во. 208 с.



6. Городнов В. П., Литвин М. М., Іщенко Д. В., Кириленко В. А. Теоретичні основи інформаційно-аналітичного забезпечення процесів охорони державного кордону (у контексті завдань національної безпеки України в прикордонній сфері) : монографія. Хмельницький: НАДПСУ, 2009. 472 с.

7. Назаренко В. О., Серватюк В. М., Ставицький О. М. Теорія і практика організації та здійснення прикордонного контролю в контексті забезпечення національної безпеки України в прикордонній сфері : монографія. – Хмельницький: Видавництво НАДПСУ, 2013. – 360 с.

8. Городнов, В. П., Кириленко В. А., Петров В. М. Показник оцінки ризиків прикордонного контролю в автомобільних пунктах пропуску через державний кордон України. *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил.* – Харків : ХУПС, 2016. Вип.1(42). С. 223–227.

9. Городнов В. П., В. А. Кириленко, О. А. Бінковський, А. П. Курашкевич. Результуючий показник ефективності трьох видів ОСД ВПС типу “Б” та теорема про його властивості. *Зб. наук. пр. № 7 (106).* Київ : Вид-во НУОУ, 2011. С. 237–243.

10. Лейда Б. В. Методика оцінки ефективності прикордонного контролю. *Науковий вісник ДПСУ № 2.* Хмельницький : Вид-во Нац. академії ДПСУ, 2004. 72 с.

11. Городнов В. П., Кириленко В. А., Шевченко А. В. Показник і критерій кількісного оцінювання оперативно-службових можливостей прикордонного заgonу. *Честь і закон,* 2018. Вип. 1(64). – С. 25–28.

12. Егоршин А. А., Малярец Л. М. Корреляционно-регрессионный анализ. Курс лекций и лабораторных работ. Харьков : Основа, 1998. 205 с.

13. Ефимова М. Р., Петрова Е. В., Румянцев В. Н. Общая теория статистики : учебник. Москва: ИНФРА-М, 1998. 416 с.

14. Армію не встигли забезпечити зимовою формою. URL : <http://ukr.media/ukrain/216525/> (дата звернення: 23.01.2016).

15. У зоні антитерористичної операції забезпечені бронежилетами лише 67 % українських солдатів. URL : <http://dailylyviv.com/news/polityka/uzoni-antyterorystycynoyi-operatsiyi-bronezyuletamy-zabezpecenyi-lysyje-67-ukrayinski-soldativ-9017> (дата звернення: 06.07.2015).

16. Городнов В. П. Теоретические основы моделирования микроэкономических и других процессов и систем: монографія. Харків, НАНГУ, 2008. 483 с.

17. Про Національну гвардію України: Закон України від 13.03.2014 / Офіційний веб-портал Верховної Ради України. <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/876-18>

**Городнов В., Кириленко В., Шевченко А. Модель и методика оценки зависимости показателя оперативно-служебных возможностей от степени полноты материального обеспечения отдельной пограничной боевой комендатуры в особый период**

Сформирована модель и пошаговая методика для поиска адекватной статистической зависимости показателя оперативно-служебных возможностей от степени полноты материального обеспечения, по одному из его видов, отдельной пограничной боевой комендатуры в особый период.

**Ключевые слова:** модель, методика, показатель, пограничная комендатура, материальное обеспечение, особый период.

**Gorodnov V., Kyrylenko V., Shevchenko A. The model and methodology of evaluating the indicator of the operational-service opportunity dependence from the material security completeness degree of the separate border guard commandant's office in a special period**

Is developed the model and a step-by-step method for finding an adequate statistical dependence for the indicator of operational and service capabilities on the degree of material security completeness, of one its types, for a separate border guard commandant's office in a special period.

**Keywords:** model, methodology, indicator, border commandant's office, material support, special period.