The Central Research institute
of the Armed Forces of Ukraine

Military Science. Vol. 2 No. 3 (2024)

DOI: 10.62524/msj.2024.2.3.18

Система показників і критеріїв обґрунтування вимог до стійкості системи управління оперативного угруповання військ в операціях (бойових діях)

Роман Войцеховський
ад'юнкт кафедри управління військами інституту державного військового управління
Національний університет оборони України
03049, проспект Повітряних Сил, 28, Київ, Україна
e-mail: voytsehovskiy31@gmail.com
ORCID: 0009-0000-6408-9620

Анотація. Умови російсько-української війни, що триває, надають особливої актуальності проведенню досліджень щодо підвищення ефективності функціонування системи управління оперативного угруповання військ в операціях (бойових діях). Війна створює складні виклики для військового керівництва в системі оперативного управління військами (силами), вимагаючи постійного вдосконалення стратегій, тактик та комунікаційних систем. Отже, метою статті є визначення системи показників та критеріїв обґрунтування вимог до стійкості системи управління оперативного угруповання військ в операціях (бойових діях), а також формування структурно-логічної схеми методики обґрунтування вимог до стійкості системи управління угруповання військ в операціях (бойових діях). Основними методами досліджень у статті є методи аналізу та синтезу, дедукції та індукції, а також методи теорії ймовірності, математичної статистики. Основні результати статті: сформовано систему показників та критеріїв обґрунтування вимог до стійкості системи управління оперативного угруповання військ в операціях (бойових діях); визначено основні показники оцінювання ефективності функціонування системи органів управління оперативного угруповання військ (сил) в операціях (бойових діях); визначено можливі загальні стани пункту управління залежно від станів його елементів; розроблено структурно-логічну схему методики обґрунтування вимог до стійкості системи управління угруповання військ в операціях (бойових діях). Застосувавши цю методику в органах військового управління, можна виявити сильні та слабкі сторони системи управління, ідентифікувати проблемні аспекти та недоліки, а також виявити можливості для їх удосконалення, що дасть змогу командуванню та військовим керівникам стратегічного рівня ухвалювати обґрунтовані рішення на основі об'єктивних даних та забезпечить більшу ефективність під час управління Збройними Силами України в операціях (бойових діях). Подальшими напрямами досліджень за тематикою статті є: розроблення та вдосконалення моделей для оцінювання стійкості систем управління; імітаційне моделювання сценаріїв бойових дій; оцінювання ефективності системи управління на основі показників збереження боєздатності угруповання тощо. Матеріали статті можуть бути корисними для командирів та керівників оперативного та стратегічного рівня, а також науковців і дослідників у галузі управління та застосування Збройних Сил України.

Ключові слова: вимоги до стійкості системи управління, ефективність управління, ефективність функціонування системи управління, живучість пунктів управління, угруповання військ (сил), органи управління, система управління, оперативність функціонування, показники та критерії обґрунтування стійкості системи управління, стійкість системи управління.

Вступ (Introduction)

Умови російсько-української війни, що триває, надають особливої актуальності проведенню досліджень щодо підвищення ефективності функціонування системи управління (СУ) оперативного угруповання військ (ОВУ) в операціях (бойових діях) [1]–[5]. Війна створює складні виклики для військового керівництва в системі оперативного управління військами (силами), вимагаючи постійного вдосконалення стратегій, тактик та комунікаційних систем [4]–[12]. Ефективна система управління є критично важливою для забезпечення безпеки та успішності операцій угруповань військ (сил). Підвищення ефективності функціонування СУ військ (сил) допоможе Збройним Силам України (ЗС України) краще координувати свої дії та більш ефективно використовувати ресурси для протистояння агресору [1–5]. Дослідження щодо визначення системи показників і критеріїв обґрунтування вимог до системи управління оперативного угруповання військ (ОУВ) в операціях (бойових діях) є сьогодні достатньо актуальними з огляду на сучасні виклики у сфері оборони та безпеки. В умовах постійних загроз та розвитку технологій управління оперативними угрупованнями військ потребує досконалих і чітко визначених критеріїв, що допоможуть адаптувати систему управління до швидкоплинних змін тактичної обстановки. Питання щодо ефективності управління особливо актуальні в контексті сучасних воєнних конфліктів, які вимагають оперативності ухвалення рішень, високої точності в координації дій і постійного контролю за дотриманням установлених вимог. Сформувавши підхід до визначення показників і критеріїв, можна оптимізувати роботу СУ, підвищити її стійкість, гнучкість та адаптивність. Вибір і обґрунтування таких показників на основі реальних вимог операцій і досвіду бойових дій забезпечує посилення обороноздатності та знижує ризики під час бойових операцій.

Дослідження цього питання сприяє також удосконаленню стратегій управління військами, зокрема щодо автоматизації процесів та інтеграції новітніх інформаційних технологій для підтримки управлінських рішень. Отже, тематика статті становить значний практичний інтерес, оскільки обґрунтовані вимоги та показники й критерії функціонування системи управління підвищують ефективність операційного планування та виконання завдань в умовах високих ризиків та невизначеності. Тобто таке дослідження сприяє не тільки підвищенню результативності бойових дій, а й збереженню життя військовослужбовців, що є основоположним фактором у системі національної безпеки [1–9].

Матеріали та методи (Materials and Methods)

Аналіз останніх досліджень і публікацій за тематикою статті показує [1]–[17], що питання, що стосується стійкості та ефективності систем управління ОУВ, набуває особливого значення в умовах сучасних операцій та бойових дій, коли у зв’язку з інформаційним навантаженням, швидкоплинністю ситуації та ризиками кіберзагроз має бути високий рівень адаптивності та надійності управлінських механізмів. Проведені дослідження підтверджують, що для досягнення необхідної стійкості системи слід визначати комплексні показники, які відображають здатність системи підтримувати контроль і координацію в умовах різноманітних зовнішніх впливів, таких як раптові зміни бойової обстановки або інформаційні атаки.

Окрім того, актуальні публікації свідчать про те (табл. 1), що розроблення критеріїв для обґрунтування вимог до систем управління має базуватися на використанні математичних моделей, що дозволяють імітувати різні сценарії бойових дій та аналізувати можливості системи щодо забезпечення безперервності управління. Згідно з останніми науковими даними велика увага також приділяється питанням, що стосуються швидкої адаптації та гнучкості системи, що потребує впровадження технологій мережево-центричного управління, орієнтованих на ефективне оброблення та захист інформаційних потоків.

Таблиця 1. Аналіз публікацій за тематикою статті

Характеристики публікації	Основний зміст
Alberts, D. S., Garstka, J. J., & Stein, F. P. (1999). Network-Centric Warfare.	У книзі розкрито концепцію мережево-центричної війни, яка є основою для сучасних систем управління, заснованих на інформаційній перевазі. Розроблені авторами принципи управління мають практичне значення для визначення критеріїв інформаційної стійкості та адаптивності систем управління в бойових умовах.
Millett, A. R., & Murray, W. (2010). Military Effectiveness. Vol. 2. The Interwar Period.	Видання охоплює історичний розвиток військових стратегій, зокрема критерії ефективності управління. Досвід міжвоєнного періоду важливий для аналізування та розроблення показників, які враховують виклики нестабільності та обмежених ресурсів у воєнних операціях.
Bodine-Baron, E., Helmus, T. C., Magnuson, M., & Winkelman, Z. (2018). Countering Russian Social Media Influence.	У дослідженні акцентується увага на інформаційній безпеці як компоненті військового управління. Розуміння інформаційних операцій допомагає визначити показники для протидії дезінформації та забезпечення інформаційної стійкості системи управління.
King, A. (2019). Command: The Twenty-First-Century General.	У книзі описано сучасні виклики командування та управління в бойових умовах, що допомагає окреслити критерії гнучкості та здатності до адаптації в управлінні угрупованнями військ.
Shaw, M., & Tulin, O. (2016). Understanding Military Doctrine: A Multidisciplinary Approach.	Розкрито багатогранний підхід до військової доктрини та управління, що може бути основою для розроблення показників стійкості та ефективності командування у складних операційних середовищах.
Baylis, J., Wirtz, J., & Gray, C. S. (2018). Strategy in the Contemporary World.	Видання містить пояснення основи стратегічного управління в умовах сучасних загроз, що дозволяє окреслити вимоги до показників управління в умовах невизначеності та високої динаміки.
Гончарова, Н. (2021). Інформаційна безпека України в умовах гібридної війни.	Джерело містить аналіз сучасних викликів інформаційної безпеки, зокрема у військовій сфері, що є критичним для обґрунтування вимог до інформаційної стійкості системи управління угрупованням військ.
Іванченко, В. М. (2020). Сучасні методи управління військовими операціями.	Автор описує методи управління, які відповідають сучасним вимогам до систем управління. Видання є корисним для визначення показників оперативності та гнучкості в управлінні військами.
Петренко, О. С. (2019). Теорія і практика стратегічного управління Збройними Силами України.	Книга містить фундаментальний підхід до стратегічного управління, що допомагає окреслити базові вимоги до системи управління та її стійкості під час бойових дій.
Бойко, І. І., & Маляренко, П. М. (2022). Стійкість системи управління військовими операціями.	Дослідження фокусується на стійкості управлінських систем в умовах бойових дій, визначаючи критерії для збереження ефективності управління навіть за умови зовнішнього впливу.
Ткаченко, М. В., & Зайцев, Д. В. (2021). Аналіз та моделювання системи управління оперативними угрупованнями.	Видання є корисним для розуміння моделювання систем управління військовими угрупованнями. Воно допомагає у розробленні вимог та показників, що ґрунтуються на імітаційних моделях бойових дій.
Кузьменко, О. (2020). Моделювання бойових операцій у системах управління військовими підрозділами.	У джерелі пропонуються конкретні підходи до моделювання бойових ситуацій, що дозволяє розробити показники для обґрунтування стійкості управління на основі реалістичних сценаріїв бойових дій.

У результаті проведеного аналізу публікацій за тематикою статті можна сформувати ґрунтовну теоретичну та практичну базу для визначення системи показників і критеріїв, які характеризують стійкість та ефективність системи управління оперативного угруповання військ. Загалом, дослідження підтверджують, що комплексна система показників, яка враховує як технічні, так і організаційні аспекти управління, є необхідною для забезпечення стійкості та боєздатності оперативного угруповання у складних і динамічних умовах сучасних операцій.

Отже, головною метою статті є формування загальної структурно-логічної схеми методики оцінювання ефективності функціонування системи органів управління оперативного угруповання військ в операціях та визначення основних показників проведення розрахунків.

Результати (Results)

Загальну структурно-логічну схему методики обґрунтування вимог до стійкості системи управління угруповання військ в операціях наведено на рис. 1. Оцінювання ефективності функціонування СУ ОУВ в операціях може базуватися на різних показниках, які мають розкривати ключові аспекти її діяльності. Основні показники оцінювання ефективності такої системи розкрито у табл. 2, де представлено характеристики показників та формули щодо їх розрахунків розкрито на рис. 2,3,4. Наведені у табл. 2 показники дозволять здійснити розрахунки ефективності функціонування СУ військами (силами) в операціях (бойових діях) та виявити напрями подальшого вдосконалення. Зважаючи на різноманітність показників ефективності СУ військами в операціях (бойових діях), порядок розрахунку може варіюватися залежно від конкретних умов та цілей оцінювання. Система управління ОУВ для виконання покладених на неї завдань, управління діями підпорядкованих сил і засобів зазвичай створюється з декількох ПУ. Кожний зі створюваних ПУ (їхніх елементів) укомплектовується певною кількістю органів управління (ОУ), засобів зв'язку та автоматизації (ЗЗіА) що забезпечує їхню безперебійну роботу. Якщо розглянути більш ширше поняття "пункт управління" і вважати, що до його складу умовно належить орган управління (ОУ), то в такому (умовному) ПУ (рис. 1) можна виділити такі елементи, як ОУ, засоби рухомості (ЗР) та ЗЗіА. Засоби рухомості, які безпосередньо належать до складу певного ПУ і більшість з яких, як відомо, мають узагальнену назву засоби рухомості ОВТ, містять бронетанкові базові машини й автомобільні засоби рухомості на гусеничній і колісній базі, на яких монтуються, зокрема, засоби зв'язку та автоматизації СУ певної ланки.

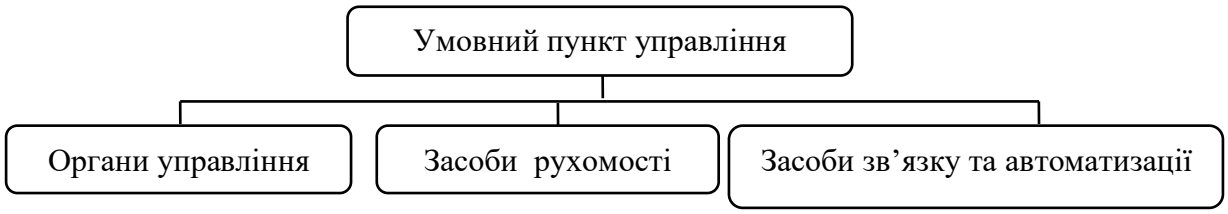
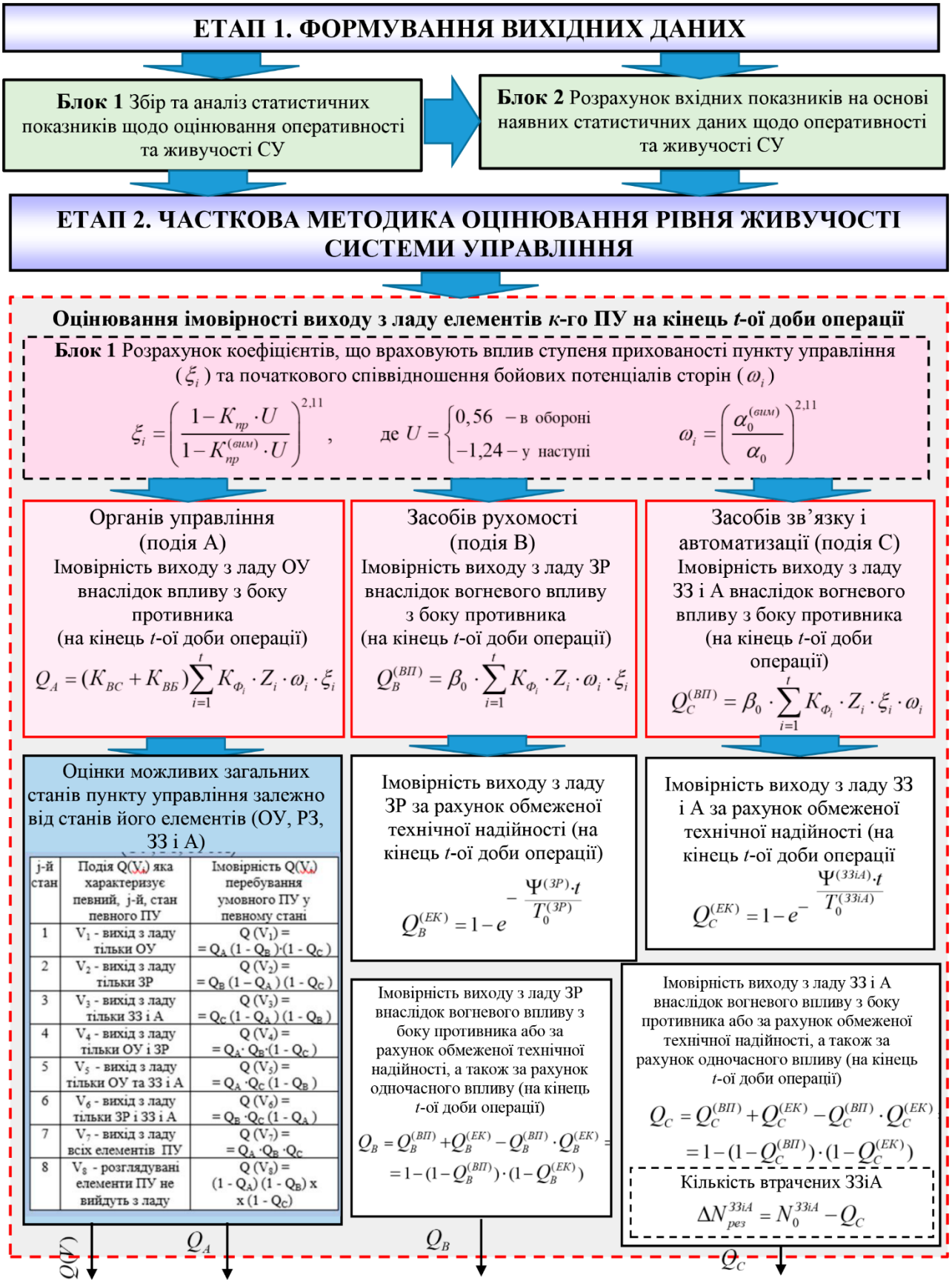


Рисунок 1. Структурна схема умовного пункту управління

Слід звернути увагу на таке: як елемент розглядуваного ПУ, ЗР включають ЗР ПУ (командно-штабних, штабних машин тощо), а також ЗЗіА. Цей, умовний, ПУ, з огляду на здатність виконати покладені на нього завдання в умовах бойової обстановки, може перебувати в певному стані залежно від стану кожного з його розглянутих елементів (табл. 3) [8].

Нехай імовірність виходу з ладу ОУ певного ПУ дорівнює Q_A, рухомих засобів (ЗР) ПУ – QB, а ймовірність виходу з ладу ЗЗ і А – Q_C, причому ці події (A, B, C) можуть бути сумісними. Тоді, як відомо, імовірність появи сумісних незалежних подій (тобто імовірність виходу з ладу певного ПУ з якоїсь із розглядуваних причин) дорівнює добутку імовірності цих подій:

$$P_{Qк} = (1-Q_A)\cdot(1-Q_B)\cdot(1-Q_C). \quad (1)$$



j-й стан	Подія Q(V_j) яка характеризує певний, j-й, стан певного ПУ	Імовірність Q(V_j) перебування умовного ПУ у певному стані
1	V_1 - вихід з ладу тільки ОУ	$Q(V_1) = Q_A(1-Q_B)(1-Q_C)$
2	V_2 - вихід з ладу тільки ЗР	$Q(V_2) = Q_B(1-Q_A)(1-Q_C)$
3	V_3 - вихід з ладу тільки ЗЗ і А	$Q(V_3) = Q_C(1-Q_A)(1-Q_B)$
4	V_4 - вихід з ладу тільки ОУ і ЗР	$Q(V_4) = Q_A \cdot Q_B(1-Q_C)$
5	V_5 - вихід з ладу тільки ОУ та ЗЗ і А	$Q(V_5) = Q_A \cdot Q_C(1-Q_B)$
6	V_6 - вихід з ладу тільки ЗР і ЗЗ і А	$Q(V_6) = Q_B \cdot Q_C(1-Q_A)$
7	V_7 - вихід з ладу всіх елементів ПУ	$Q(V_7) = Q_A \cdot Q_B \cdot Q_C$
8	V_8 - розглядувані елементи ПУ не вийдуть з ладу	$Q(V_8) = (1-Q_A)(1-Q_B) \times (1-Q_C)$

Рисунок 2. Загальна структурно-логічна схема методики обґрунтування вимог до стійкості системи управління угруповання військ в операціях

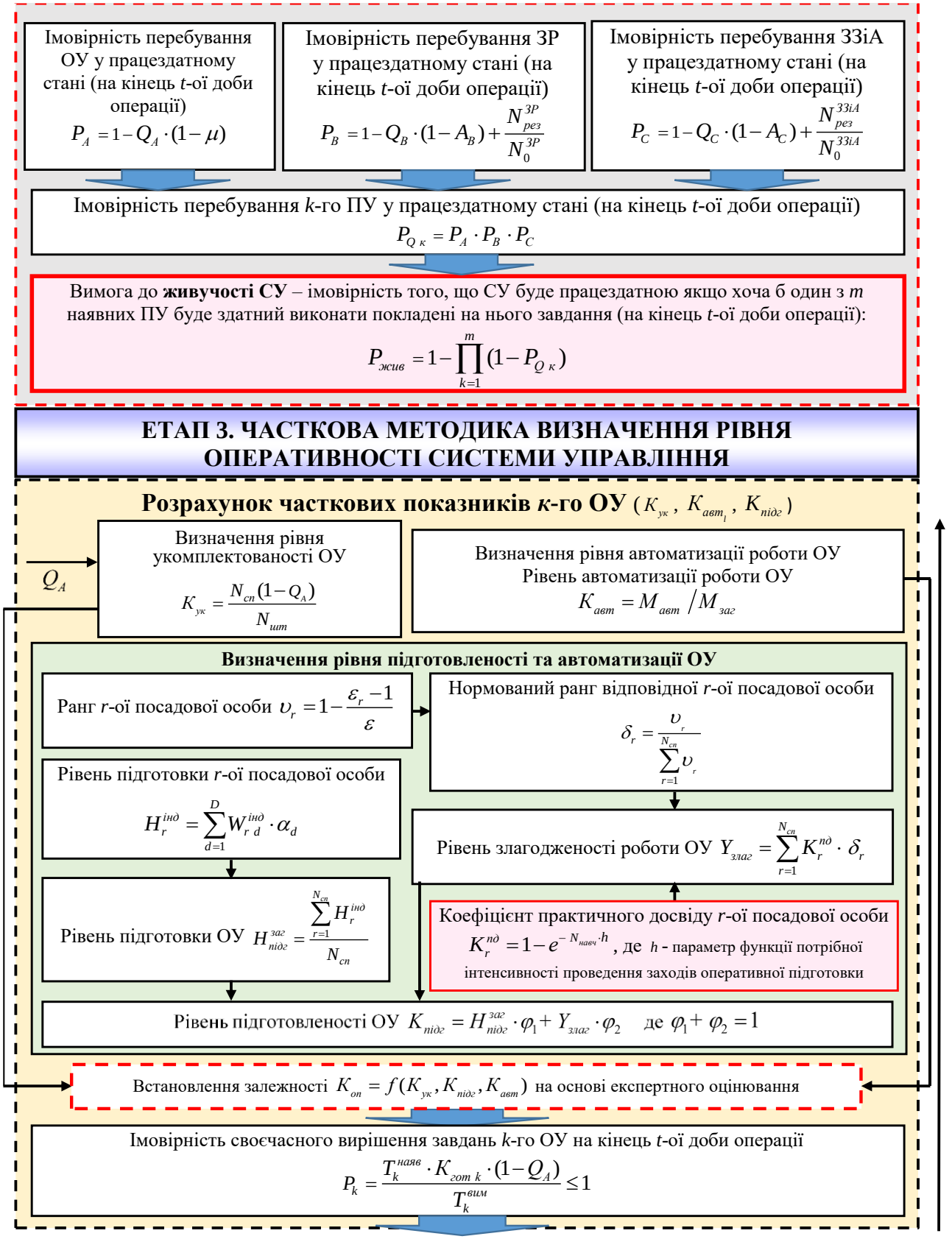


Рисунок 3. Загальна структурно-логічна схема методики обґрунтування вимог до стійкості системи управління угруповання військ в операціях

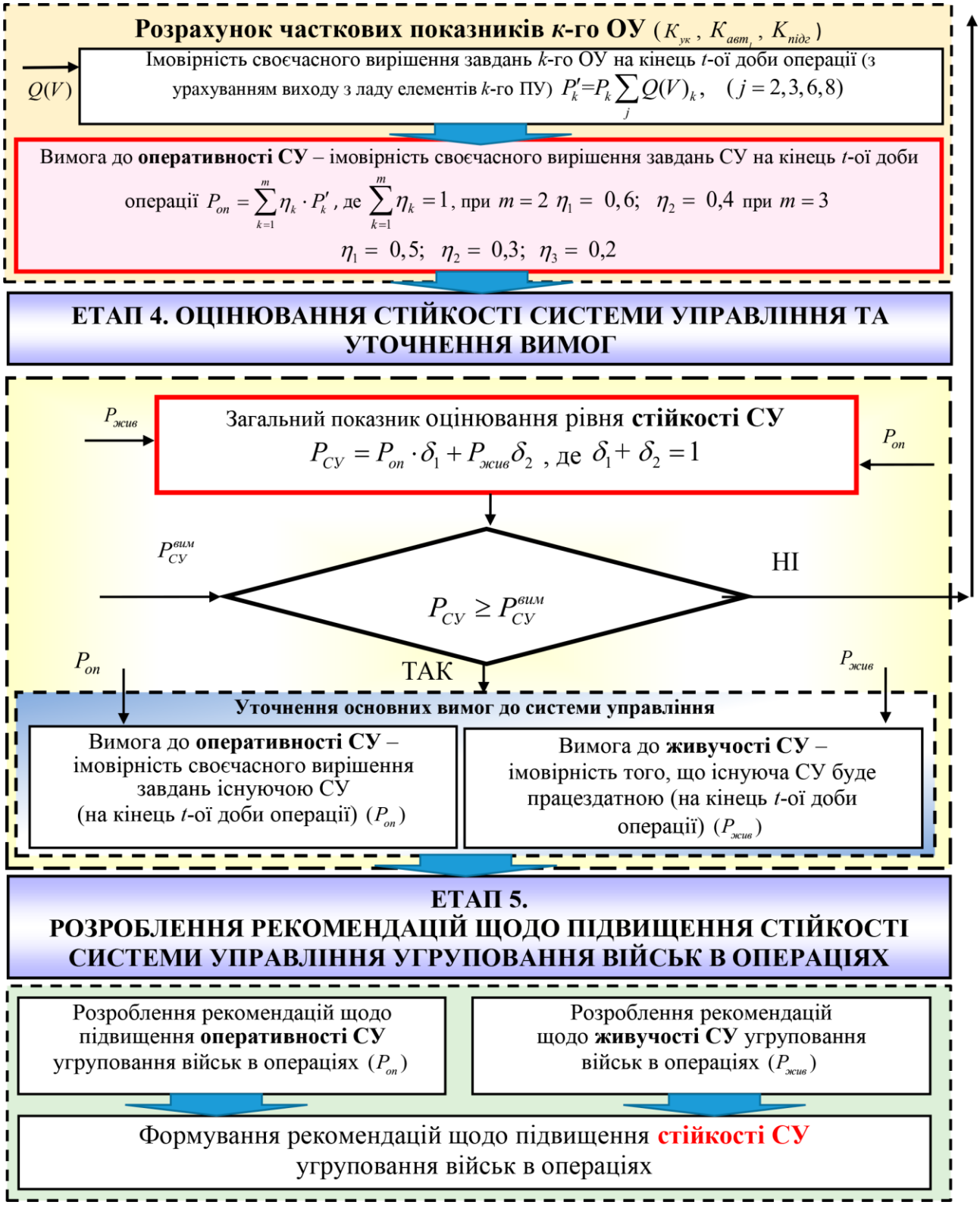


Рисунок 4. Загальна структурно-логічна схема методики обґрунтування вимог до стійкості системи управління угруповання військ в операціях

Таблиця 2. Система показників оцінювання стійкості системи управління військами в операціях (бойових діях)

№	Показник	Зміст показника
		Вхідні показники
1	$K_{ВС}$	середньодобові санітарні відносні втрати
2	$K_{ВБ}$	середньодобові безповоротні відносні втрати
3	β_0	нормативне значення середньодобових відносних втрат органів управління, засобів рухомості та засобів зв'язку та автоматизації
4	$K_{Ф_i}$	форма застосування військ
5	Z_i	місце військового формування в оперативній побудові
6	ξ_i	коефіцієнт, що враховує вплив ступеня прихованості *k*-го пункту управління
7	$K_{пр}^{(вим)}$	потрібний ступінь прихованості *k*-го пункту управління
8	$K_{пр}$	фактичний ступінь прихованості *k*-го пункту управління
9	U	параметр функції $\xi = f\left(K_{ув},\ K_{ув}^{(вим)}\right)$
10	ω_i	коефіцієнт, що враховує вплив початкового співвідношення БП сторін
11	$\alpha_0^{(вим)}$	потрібне початкове співвідношення бойових потенціалів сторін для типових (найпоширеніших) умов ведення тієї чи іншої операції (бойових дій)
12	α_0	фактичне початкове (на початок розглядуваного періоду прогнозування) співвідношення БП сторін
13	t	тривалість проведення операції (бойових дій)
14	$\Psi^{(ЗР)}, \Psi^{(ЗЗіА)}$	прогнозований середньодобовий наробіток рухомих засобів (ЗР), засобів зв'язку та автоматизації (ЗЗіА) протягом операції (бойових дій)
15	$T_0^{(ЗЗіА)}, T_0^{(ЗР)}$	наробіток на відмову засобів рухомості, засобів зв'язку і автоматизації
16	μ	коефіцієнт доукомплектування ОУ, який приймається виходячи з можливостей існуючої системи підготовки кадрів на особливий період
17	A_B, A_C	імовірність освоєння ремонтного фонду засобів рухомості, засобів зв'язку та автоматизації
18	N_0	встановлена або штатна кількість засобів рухомості, засобів зв'язку та автоматизації на початок операції
19	$N_{рез}^{ЗЗіА}, N_{рез}^{ЗР}$	кількість резервних зразків засобів рухомості, засобів зв'язку та автоматизації, яка потрібна для підтримання живучості на кінець *t*-ї операції
20	$Q(V)$	імовірність знаходження *k*-го ПУ в певному стані
21	m	кількість пунктів управління (ПУ)
22	$N_{шт}$	чисельність за штатом
23	$N_{сп}$	чисельність за списком
24	$W_{i\,d}^{інд}$	оцінка *i*-го офіцера з *d*-ї дисципліни в системі індивідуальної підготовки
25	D	число дисциплін у системі індивідуальної підготовки
26	α_d	ваговий коефіцієнт відповідного предмета підготовки
27	ε_i	порядковий номер посади згідно з переліком
28	$\mathcal{E}$	загальна кількість посад
29	$N_{навч}$	загальна кількість навчань (тренувань), у яких брала участь *i*-та посадова особа на займаній посаді протягом року

Продовження таблиці 2. Система показників оцінювання стійкості системи управління військами в операціях (бойових діях)

30	φ_1, φ_2	відповідні вагові коефіцієнти показників “рівень підготовки” та “рівень злагодженості”
31	$T_k^{вим}$	потрібний час виконання завдання органів управління (визначений керівним документом)
32	$T_k^{наяв}$	фактичний час, який витрачається відповідними органами управління під час вирішення завдань
33	$N_{ТЗ}^{наяв}\ N_{ТЗ}^{потр}$	наявна (потрібна) кількість технічних засобів, якими оснащене автоматизоване робоче місце (АРМ)
34	$N_{ПЗ}^{наяв}\ N_{ПЗ}^{потр}$	наявна (потрібна) кількість програмних засобів, якими оснащене автоматизоване робоче місце (АРМ)
35	$t_k^{п\ тз}$	час постановки на типове завдання (операцію)
36	$t_k^{обр\ тз}$	час оброблення завдання
37	$t_k^{отр\ рез}$	час отримання результату
38	$N_{ТЗ}$	кількість типових завдань, що виконуються за одиницю часу t_k
39	G_{sl}	рівень відповідної *s*-ї характеристики *l*-го технічного засобу АРМ
40	$M_{авт}$	кількість автоматизованих функцій ОУ
41	$M_{заг}$	загальна кількість функцій ОУ з виконання визначених завдань
42	$M'_{авт}$	кількість автоматизованих функцій, яка потрібна для підтримання оперативності на кінець *t*-ї операції
43	η_k	ваговий множник будь-якого ПУ
44	$P_{СУ}^{вим}$	потрібний рівень стійкості системи управління (СУ)
Проміжні (розрахункові) показники		
1	Q_{A}	імовірність виходу з ладу ОУ внаслідок впливу з боку противника (на кінець *t*-ї доби операції)
2	$Q_{в}^{(ВП)}$	імовірність виходу з ладу ЗР унаслідок вогневого впливу з боку противника (на кінець *t*-ї доби операції)
3	$Q_{с}^{(ВП)}$	імовірність виходу з ладу ЗЗ і А внаслідок вогневого впливу з боку противника (на кінець *t*-ї доби операції)
4	ξ_i , ω_i	коефіцієнти, що враховують вплив ступеня прихованості пункту управління (ξ_i) та початкового співвідношення бойових потенціалів сторін (ω_i)
5	$Q_{в}^{(ЕК)}$	імовірність виходу з ладу ЗР унаслідок обмеженої технічної надійності (на кінець *t*-ї доби операції)
6	$Q_{с}^{(ЕК)}$	імовірність виходу з ладу ЗЗ і А унаслідок обмеженої технічної надійності (на кінець *t*-ї доби операції)
7	$Q_{с}$	імовірність виходу з ладу ЗР унаслідок вогневого впливу з боку противника або унаслідок обмеженої технічної надійності, а також унаслідок одночасного впливу (на кінець *t*-ї доби операції)
8	P_{A}	імовірність перебування ОУ у працездатному стані (на кінець *t*-ї доби операції)
9	P_{B}	імовірність перебування ЗР у працездатному стані (на кінець *t*-ї доби операції)
10	P_{C}	імовірність перебування ЗЗіА у працездатному стані (на кінець *t*-ї доби операції)
11	P_{Qk}	імовірність перебування *k*-го ПУ у працездатному стані (на кінець *t*-ї доби операції)

Продовження таблиці 2. Система показників оцінювання стійкості системи управління військами в операціях (бойових діях)

12	$K_{ук}$	рівень укомплектованості ОУ
13	$H^{інд}_{r}$	рівень підготовки *r*-ї посадової особи
14	υ_{r}	ранг *r*-ї посадової особи
15	δ_{r}	нормований ранг відповідної *r*-ї посадової особи
16	$H^{заг}_{оу}$	рівень підготовки ОУ
17	$K^{по}_{r}$	коефіцієнт практичного досвіду *r*-ї посадової особи
18	$Y_{злагд}$	рівень злагодженості роботи ОУ
19	$K_{під}$	рівень підготовленості ОУ
20	P_{k}	імовірність своєчасного вирішення завдань *k*-го ОУ на кінець *t*-ї доби операції
21	P'_{k}	імовірність своєчасного вирішення завдань *k*-го ОУ на кінець *t*-ї доби операції (з урахуванням виходу з ладу елементів *k*-го ПУ)
22	$K_{авт}$	рівень автоматизації роботи ОУ
Вихідні показники		
1	$P_{жив}$	вимога до живучості СУ – імовірність того, що СУ буде працездатною, якщо хоча б один із *m* наявних ПУ буде здатний виконати покладені на нього завдання (на кінець *t*-ї доби операції)
2	$P_{оп}$	вимога до оперативності СУ – імовірність своєчасного вирішення завдань СУ на кінець *t*-ї доби операції
3	$P_{СУ}$	досягнутий рівень стійкості СУ

Цей вираз можна отримати із розрахунку ймовірності перебування кожного ПУ у визначеному, *j*-му, стані ($j = 1, 7$) унаслідок *V-ї* події, що показано в табл. 3, де перелічено всі можливі стани, у яких може перебувати кожен розглядуваний ПУ, з виділеними в ньому елементами:

$$Q = \sum_{j=1}^{7} Q(V_j) = 1 - Q(V_8). \tag{2}$$

Відзначимо, що ймовірності Q_A, Q_B, Q_C можуть бути обчислені, наприклад, за прогнозованим рівнем можливих втрат органів управління (ОУ), за ступенем отриманих пошкоджень на ЗР, ЗЗіА внаслідок вогневого впливу на них з боку противника, а також унаслідок обмеженої технічної надійності технічних засобів управління (ЗР, ЗЗіА).

Імовірність виходу з ладу ОУ внаслідок вогневого впливу з боку противника буде визначатися таким чином:

$$Q_A = (K_{ВС} + K_{ВБ}) \cdot K_{Ф} \cdot Z \cdot \omega \cdot \xi, \tag{3}$$

де $K_{ВС}$ – середньодобові санітарні відносні втрати особового складу; $K_{ВБ}$ – середньодобові безповоротні відносні втрати особового складу; β_0 – нормативне значення середньодобових відносних втрат ОУ, РЗ та ЗЗіА; $K_{Ф_i}$ – форма застосування військ; Z_i – місце військового формування в оперативній побудові; ξ_i – коефіцієнт, що враховує вплив ступеня прихованості *k*-го ПУ; ω_i – коефіцієнт, що враховує вплив початкового співвідношення бойових потенціалів.

Таблиця 3. Можливі загальні стани пункту управління залежно від станів його елементів (ОУ, ЗР, ЗЗ і А)

j-й стан	Подія $Q(V_j)$, яка характеризує певний, *j*-й, стан певного ПУ	Імовірність $Q(V_j)$ перебування умовного ПУ у певному стані
1	V_1 – вихід з ладу тільки ОУ	$Q(V_1) = Q_A(1 - Q_B)\cdot(1 - Q_C)$
2	V_2 – вихід з ладу тільки ЗР	$Q(V_2) = Q_B(1 - Q_A)(1 - Q_C)$
3	V_3 – вихід з ладу тільки ЗЗ і А	$Q(V_3) = Q_C(1 - Q_A)(1 - Q_B)$
4	V_4 – вихід з ладу тільки ОУ і ЗР	$Q(V_4) = Q_A\cdot Q_B\cdot(1 - Q_C)$
5	V_5 – вихід з ладу тільки ОУ та ЗЗ і А	$Q(V_5) = Q_A\cdot Q_C(1 - Q_B)$
6	V_6 – вихід з ладу тільки ЗР і ЗЗ і А	$Q(V_6) = Q_B\cdot Q_C(1 - Q_A)$
7	V_7 – вихід з ладу всіх елементів ПУ	$Q(V_7) = Q_A\cdot Q_B\cdot Q_C$
8	V_8 – розглядувані елементи ПУ не вийдуть з ладу	$Q(V_8) = (1 - Q_A)(1 - Q_B)(1 - Q_C)$

З огляду на те, що $K_{\Phi_i}, \cdot Z_i, \cdot \omega_i, \cdot \xi_i$ змінюються за добами операції, вираз (3) можна записати у вигляді:

$$Q_A = (K_{BC} + K_{BB}) \sum_{i=1}^{t} K_{\Phi_i} \cdot Z_i \cdot \omega_i \cdot \xi_i, \tag{4}$$

де t – тривалість проведення оборонної операції.

Тоді імовірність перебування ОУ у працездатному стані на кінець *t*-ї доби операції буде визначатися за виразом:

$$P_A = 1 - Q_A \cdot (1 - \mu), \tag{5}$$

де μ – імовірність доукомплектування ОУ, який приймається виходячи з можливостей існуючої системи підготовки кадрів на особливий період.

Імовірність виходу з ладу ЗР ПУ буде визначатися за виразом:

$$Q_B = Q_B^{(ВП)} + Q_B^{(ЕК)} - Q_B^{(ВП)} \cdot Q_B^{(ЕК)} = 1 - (1 - Q_B^{(ВП)}) \cdot (1 - Q_B^{(ЕК)}). \tag{6}$$

Імовірність виходу з ладу ЗР (6) визначається як сума двох сумісних подій: першої події – відмови певного ЗР ($Q_B^{(ВП)}$) унаслідок вогневого впливу на них з боку противника; другої події – відмови певного ЗР ($Q_B^{(ЕК)}$) унаслідок його обмеженої технічної надійності.

Імовірність виходу з ладу ЗР ($Q_B^{(ВП)}$) унаслідок вогневого впливу на нього з боку противника визначається за виразом:

$$Q_B^{(ВП)} = \beta_0 \cdot \sum_{i=1}^{t} K_{\Phi_i} \cdot Z_i \cdot \omega_i \cdot \xi_i, \tag{7}$$

де β_0 – нормативне значення середньодобових відносних втрат ЗР.

Імовірність виходу з ладу ЗР ($Q_B^{(ЕК)}$) унаслідок його обмеженої технічної надійності можна визначити за виразом:

$$Q_B^{(ЕК)} = 1 - e^{-\frac{\Psi^{(ЗР)} \cdot t}{T_0^{(ЗР)}}}, \tag{8}$$

де $\Psi^{(ЗР)}$ – прогнозований середньодобовий наробіток РЗ протягом операції; $T_0^{(ЗР)}$ – наробіток на відмову РЗ.

Тоді імовірність перебування ЗР у працездатному стані на кінець *t*-ї доби операції буде визначатися за виразом:

$$P_B = 1 - Q_B \cdot (1 - A_B) + \frac{N_{рез}^{ЗР}}{N_0^{ЗР}} \le 1, \quad (9)$$

де A_B – імовірність освоєння ремонтного фонду ЗР; $N_0^{ЗР}$ – встановлена або штатна кількість ЗР на початок операції; $N_{рез}^{ЗР}$ – кількість резервних зразків ЗР, яка потрібна для підтримання живучості на кінець *t*-ї операції.

Імовірність виходу з ладу ЗЗіА визначається також як сума двох сумісних подій: першої події – відмови певного ЗЗіА ($Q_C^{(ВП)}$) унаслідок вогневого впливу на нього з боку противника; другої події – відмови певного ЗЗіА ($Q_C^{(ЕК)}$) внаслідок його обмеженої технічної надійності:

$$Q_C = Q_C^{(ВП)} + Q_C^{(ЕК)} - Q_C^{(ВП)} \cdot Q_C^{(ЕК)} = 1 - (1 - Q_C^{(ВП)}) \cdot (1 - Q_C^{(ЕК)}). \quad (10)$$

Імовірність виходу з ладу ЗЗіА ($Q_C^{(ВП)}$) унаслідок вогневого впливу на нього з боку противника визначається за виразом:

$$Q_C^{(ВП)} = \beta_0 \cdot \sum_{i=1}^{t} K_{Ф_i} \cdot Z_i \cdot \omega_i \cdot \xi_i. \quad (11)$$

Імовірність виходу з ладу ЗЗіА ($Q_C^{(ЕК)}$) внаслідок його обмеженої технічної надійності можна визначити за виразом:

$$Q_C^{(ЕК)} = 1 - e^{-\frac{\Psi^{(ЗЗіА)} \cdot t}{T_0^{(ЗЗіА)}}}, \quad (12)$$

де $\Psi^{(ЗР)}$ – прогнозований середньодобовий наробіток ЗЗіА протягом операції; $T_0^{(ЗР)}$ – наробіток на відмову ЗЗіА.

Тоді імовірність перебування ЗЗіА у працездатному стані на кінець *t*-ї доби операції буде визначатися за виразом:

$$P_C = 1 - Q_C \cdot (1 - A_C) + \frac{N_{рез}^{ЗЗіА}}{N_0^{ЗЗіА}}, \quad (13)$$

де A_C – імовірність освоєння ремонтного фонду ЗЗіА; $N_0^{ЗЗіА}$ – встановлена або штатна кількість ЗЗіА на початок операції; $N_{рез}^{ЗЗіА}$ – кількість резервних зразків ЗЗіА, яка потрібна для підтримання живучості на кінець *t*-ї операції.

Якщо СУ створюється з декількох ПУ, тоді імовірність того, що СУ буде працездатною, якщо хоча б один з *m* наявних ПУ буде здатний виконати покладені на нього завдання на кінець *t*-ї доби операції, величина якої буде характеризувати живучість СУ ОУВ, як здатність до збереження визначеної кількості пунктів управління ОУВ, можна визначити за виразом:

$$P_{жив} = 1 - \prod_{k=1}^{m} (1 - P_{Qк}), \quad (14)$$

де m – кількість ПУ; $P_{Qк}$ – імовірність перебування *k*-го ПУ у працездатному стані на кінець *t*-ї доби операції, яка визначається за виразом (1) або (2).

Під час визначення імовірності виходу з ладу певного ПУ враховуються лише ті стани, де ПУ може вийти з ладу. Стан (j = 8) (табл. 3) таким не є.

Очевидно, що визначальним (основним, найважливішим) елементом будь-якої системи управління є ОУ. Саме від них насамперед залежить своєчасне здійснення аналізу (оброблення, узагальнення) вхідної інформації з оперативно-тактичної та іншої обстановки, ухвалення, виходячи з цього, певного рішення і своєчасна постановка задач підлеглим, планування відповідних заходів і здійснення контролю за виконанням цих заходів, а також проведення інших заходів, спрямованих на підвищення ефективності бойового застосування військ (сил), досягнення ними мети операції.

Саме ОУ передусім визначають таку властивість системи управління, як її оперативність, яка характеризує здатність ОУ виконувати завдання управління, здійснювати управління військами (силами) в терміни, що забезпечують успішне виконання ними поставлених завдань.

Нехай імовірність своєчасного вирішення завдань k-го ОУ на кінець t-ї доби операції визначається за виразом:

$$P_k = \frac{T_k^{наяв} \cdot K_{гот\ k} \cdot (1 - Q_A)}{T_k^{вим}} \le 1\,, \tag{15}$$

де $T_k^{наяв}$ – фактичний час, який витрачається відповідними ОУ під час вирішення завдань; $T_k^{вим}$ – потрібний час виконання завдання ОУ (визначений керівним документом); $K_{гот\ k}$ – коефіцієнт готовності, що дозволяє врахувати вплив на СУ різних факторів, зокрема рівня укомплектованості, підготовленості, автоматизації роботи ОУ; Q_A – величина середньодобових відносних втрат ОУ певного ПУ на кінець t-ї доби операції з урахуванням форми застосування військ, місця військового формування в оперативній побудові, ступеня прихованості ПУ, впливу початкового співвідношення бойових потенціалів сторін, імовірності поповнення ОУ з урахуванням можливостей існуючої системи підготовки резерву на особливий період.

Відзначимо, що у табл. 3 перелічено всі можливі стани, в яких може перебувати кожний розглядуваний ПУ з виділеними в ньому елементами. Тому події (V_j), які характеризують цей ПУ у певному стані, створюють повну групу сумісних подій, імовірність суми таких подій дорівнює одиниці:

$$Q\left(\sum_{j=1}^{8} V_j\right) = \sum_{j=1}^{8} Q(V_j) = 1. \tag{16}$$

Використовуючи формулу повної імовірності й беручи до уваги (16), можна визначити імовірність своєчасного вирішення завдань k-го ОУ на кінець t-ї доби операції з урахуванням виходу з ладу елементів k-го ПУ незалежно від того, у якому стані він може перебувати, за виразом:

$$P_k' = P_k \sum_j Q(V)_k\,, \tag{17}$$

де $Q(V)_k$ – імовірність перебування k-го ПУ у певному стані (j=2, 3, 6, 8) на кінець t-ї доби операції, яка визначається відповідно до табл. 3.

При цьому вважаємо, що для подій V_1, V_4, V_5, V_7 (табл. 3) відповідне значення $P_k' = 0$, бо очевидно, що за відсутності ОУ завдання управління в будь-якому випадку не можуть бути

вирішені.

Залежності (15), (17) використовуються для оцінювання рівня оперативності кожного ПУ розглядуваної СУ ОУВ на кінець *t*-ї доби операції.

Система управління ОУВ складається з *m* ПУ. Кожен ПУ, залежно від впливу на нього різних факторів, буде мати відповідну імовірність своєчасного вирішення завдань ОУ *k*-го ПУ. Тоді узагальнена імовірність своєчасного вирішення завдань ОУ СУ ОУВ у складі *m* ПУ на кінець *t*-ї доби операції в цілому можна визначити за виразом:

$$P_{on} = \sum_{k=1}^{m} \eta_k \cdot P'_k, \tag{18}$$

де η_k – ваговий множник *k*-го ПУ, при цьому має виконуватися умова $\sum_{k=1}^{m} \eta_k = 1$.

Отже, за допомогою запропонованого показника можна оцінити рівень оперативності СУ ОУВ у складі *m* ПУ з урахуванням впливу станів елементів СУ на імовірність своєчасного виконання завдань управління.

Визначивши імовірність того, що СУ ОУВ буде працездатною, якщо хоча б один з *m* наявних ПУ буде здатний виконати покладені на нього завдання, та імовірність своєчасного вирішення завдань ОУ *k*-го ПУ, рівень стійкості СУ ОУВ пропонується визначати імовірністю успішного виконання покладених на неї завдань $P_{CУ}$ у складі *m* ПУ, яка, з урахуванням (13), (18), визначається за виразом:

$$P_{CУ} = P_{on} \cdot \delta_1 + P_{жив} \delta_2, \tag{19}$$

де δ_1, δ_2 – вагові множники рівнів живучості та оперативності СУ ОУВ відповідно, за умови, що $\delta_1 + \delta_2 = 1$.

Цей показник дозволяє визначити здатність СУ ОУВ зберігати значення ефективності функціонування на заданому рівні в умовах заданого факторного простору (впливу зовнішніх та внутрішніх факторів) за визначений період, тобто відображає вимогу щодо стійкості СУ ОУВ.

Обговорення (Discussions)

Застосування запропонованої системи показників дає можливість ефективно оцінювати здатність системи управління підтримувати свої функції в умовах зовнішнього тиску, зокрема під час інформаційних загроз, загроз застосування засобів РЕБ, різких змін обстановки та фізичних впливів на об’єкти управління. Завдяки розробленій методиці обґрунтування вимог до стійкості системи стає більш структурованим та об’єктивним, що сприяє підвищенню оперативності й надійності ухвалення рішень в умовах бойових дій. Упровадження цієї системи показників у практику дозволяє покращити планування та організацію управління, забезпечуючи адаптивність і гнучкість, необхідні для сучасних бойових операцій. Отримані результати можуть слугувати базою для подальших досліджень та практичної реалізації в системах управління різних рівнів, що є важливим для підвищення обороноздатності та збереження життя особового складу. Отже, представлена методика робить значний внесок у розвиток сучасних підходів до управління оперативними угрупованнями військ, надаючи інструменти для обґрунтованого оцінювання стійкості систем управління в умовах високої невизначеності та ризиків.

Висновок (Conclusion)

У статті запропоновано систему показників і критеріїв обґрунтування вимог до стійкості системи управління оперативного угруповання військ в операціях (бойових діях), а також розроблено загальну структурно-логічну схему методики обґрунтування вимог до стійкості системи управління угруповання військ в операціях.

Подальші напрями досліджень за тематикою статті можуть охоплювати такі аспекти:

розроблення та вдосконалення моделей для оцінювання стійкості систем управління. Дослідження зосереджені на створенні детальних математичних моделей і алгоритмів, що дають змогу об'єктивно оцінювати стійкість систем управління в умовах різних типів загроз, зокрема кібернетичних, інформаційних та фізичних атак;

імітаційне моделювання сценаріїв бойових дій. Це передбачає подальше моделювання різних сценаріїв бойових дій для визначення оптимальних показників стійкості та випробування методик обґрунтування вимог до управління військовими угрупованнями в динамічному середовищі;

адаптація та інтеграція технологій штучного інтелекту у системи управління. Йдеться про дослідження щодо розроблення алгоритмів штучного інтелекту для автоматизованого оцінювання та адаптації системи управління до зміни обстановки. Використання ШІ може підвищити точність і швидкість ухвалення рішень, мінімізувавши вплив людського фактора і ризики в бойових умовах;

інтеграція кібернетичних та інформаційних заходів для посилення стійкості. Це передбачає подальші дослідження щодо інтеграції кіберзахисту та засобів інформаційної безпеки для захисту системи управління від зовнішнього впливу. Вивчення показників інформаційної стійкості дозволить зменшити вплив дезінформації й кібератак;

аналіз впливу стресових факторів на ефективність управління.

Дослідження спрямовані на вплив стресових умов бойових дій на здатність персоналу до ухвалення рішень, що допоможе краще визначити вимоги до управлінців, а також розробити тренувальні програми для підвищення їхньої стійкості;

оцінювання ефективності системи управління на основі показників збереження боєздатності угруповання. Це передбачає вивчення методів оцінювання ефективності управління з точки зору збереження боєздатності військових угруповань, зокрема аналіз втрат і відновлення сил після операцій, що сприятиме підвищенню загальної ефективності бойових дій та оптимізації ресурсів.

Подальші дослідження в цих напрямах дадуть можливість підвищити ефективність та стійкість системи управління оперативними угрупованнями військ, забезпечуючи її здатність функціонувати в умовах складних і динамічних бойових операцій.

Подяки (Acknowledgments)

Автори заявляють, що у них немає конкуруючих інтересів за тематикою статті.

Використані джерела (References)

1. Amos Fox. (2024). *The Russo-Ukrainian War: A Strategic Assessment Two Years into the Conflict.* Association of the United States Army (AUSA).
2. Marta Kepe, & Alyssa Demus. (2023). *Resisting Russia: Insights into Ukraine's Civilian-Based Actions During the First Four Months of the War in 2022.* RAND Corporation.
3. John R. Deni, & Lisa A. Aronsson. (2024). *The Role of America's European Allies in the Russia-Ukraine War, 2022–24.* US Army War College Press.
4. Клочок, В. Г., & Поліщук, І. С. (2020). *Воєнно-економічна стійкість держави в умовах гібридної війни: теоретичні та практичні аспекти*. Вид-во Нац. ун-ту оборони України.

5. Семененко, О., Бутенко, Р., Абрамова, М., Коверга, В., Мотрунич, І., & Чугуй, Г. (2021). До питання оцінки достатності кадрового потенціалу України для забезпечення необхідного рівня обороноздатності та воєнно-економічної безпеки держави. *Соціальний розвиток і безпека, 11* (6), 217–230. https://doi.org/10.33445/sds.2021.11.6.17
6. Alberts, D. S., Garstka, J. J., & Stein, F. P. (1999). *Network-Centric Warfare: Developing and Leveraging Information Superiority.* CCRP Publication Series.
7. Millett, A. R., & Murray, W. (2010). *Military Effectiveness. Vol. 2. The Interwar Period.* Cambridge University Press.
8. Bodine-Baron, E., Helmus, T.C., Magnuson, M., & Winkelman, Z. (2018). *Countering Russian Social Media Influence.* RAND Corporation.
9. King, A. (2019). *Command: The Twenty-First-Century General.* Cambridge University Press.
10. Shaw, M., & Tulin, O. (2016). *Understanding Military Doctrine: A Multidisciplinary Approach.* Routledge.
11. Baylis, J., Wirtz, J., & Gray, C. S. (2018). *Strategy in the Contemporary World: An Introduction to Strategic Studies.* Oxford University Press.
12. Гончарова, Н. (2021). *Інформаційна безпека України в умовах гібридної війни.* Вид-во Київського ун-ту.
13. Іванченко, В. М. (2020). *Сучасні методи управління військовими операціями: виклики та перспективи.* Освіта України.
14. Петренко, О. С. (2019). *Теорія і практика стратегічного управління Збройними Силами України.* Військовий ін-т Київського нац. ун-ту.
15. Бойко, І. І., & Маляренко, П. М. (2022). Стійкість системи управління військовими операціями. *Науковий журнал Нац. ун-ту оборони України*, (3) 95–112.
16. Ткаченко, М. В., & Зайцев, Д. В. (2021). Аналіз та моделювання системи управління оперативними угрупованнями. *Наука і оборона*, (2) 134–145.
17. Кузьменко, О. (2020). *Моделювання бойових операцій у системах управління військовими підрозділами.* Ін-т оборонних досліджень України.

The indicators and criteria system of justifying the requirements for the operational troops grouping management system resilience in operations (combat)

Roman Voitsekhovskyi
Adjunct of the Military Management Department of the State Military Management Institute
National Defence University of Ukraine
03049, Povitrianykh syl avenue, 28, Kyiv, Ukraine
e-mail: voytsehovskiy31@gmail.com
ORCID: 0009-0000-6408-9620

Abstract. The ongoing russian-Ukrainian war conditions make the conduction of the research on increasing the functional effectiveness of the operational troops grouping management system in operations (combat) especially relevant. The war creates difficult challenges for the military management in the operational troops (Forces) management system, requiring a consistent strategy, tactics, and communication systems improvement. Therefore, the goal of this article is to define the indicators and criteria system of justifying the requirements for the operational troops grouping

management system resilience in operations (combat), and also the structural and logical scheme formation of the methodology of justifying the requirements for the operational troops grouping management system resilience in operations (combat). The primary research methods in this article are analysis and synthesis, deduction and induction, and also probability theory and mathematical statistics methods. The main results of the article are: the formation of a system of indicators and criteria for justifying the requirements for the stability of the operational grouping management system in military operations (combat actions); the identification of key indicators for evaluating the functional effectiveness of the operational troops(Forces) grouping management authority system in operations (combat); the identification of the potential overall states of the control point, depending on the state of its elements; the structural and logical scheme methodology development of justifying the requirements for the operational troops grouping management system resilience in operations (combat). By applying this methodology within military command authorities, it is possible to reveal strengths and weaknesses in the management system, identify problematic aspects and flaws, and also reveal opportunities for their improvement, which will enable the command and strategic level military commanders to make justified decisions, based on objective data, and ensure greater effectiveness in managing and employing the Armed Forces of Ukraine.

Keywords: requirements for the management system resilience, management effectiveness, management system functional effectiveness, control points' survivability, troops (Forces) grouping, command authorities, management system, functional efficiency, indicators and criteria of justifying the management system resilience, management system resilience.