

БОЙОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ ОБТ

УДК 355.1

DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.25.2021.38-48>О.В. Майстренко¹, О.А. Караванов², А.А. Щерба²¹Національний університет оборони імені Івана Черняхівського, Київ²Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ АНАЛІЗ РОЗВІДУВАЛЬНО-ВОГНЕВОЇ СИСТЕМИ ТА ДЕКОМПОЗИЦІЯ ЇЇ ФУНКЦІЙ ТА ПІДСИСТЕМ

Встановлено, що роль розвідувально-вогневих систем (РВС) у здійсненні вогневого ураження противника у військових конфліктах, що відбуваються на початку XXI ст., зростає до 75%. Однак виявлено, що ефективність застосування зазначених систем залежить від якості їх комплектування. Основними чинниками, що досить часто не враховуються при комплектуванні, є можливість, взаємосумісність, стійкість функціонування кожного елемента, вплив елементів на стійкість функціонування один одного та на функціонування РВС в цілому. Проведений аналіз останніх досліджень та публікацій показав, що станом на сьогодні не обґрунтовано підходи щодо визначення складу РВС з урахуванням вказаних чинників.

Враховуючи вищезазначене, вирішено провести структурно-функціональний аналіз РВС та декомпозицію її функцій та підсистем. З цією метою на основі методу кластерного аналізу розроблено і обґрунтовано алгоритм об'єднання множини завдань, які виконують РВС, у групи. Для отримання обґрунтованих даних щодо здійснення такого об'єднання застосовано метод експертної оцінки.

Відповідно до запропонованого алгоритму, спочатку визначено основні завдання, до виконання яких залучаються РВС. Далі сформовано експертну групу та визначено коефіцієнт відносної компетентності кожного її члена. Експертам було запропоновано об'єднати визначені завдання за характерними ознаками у довільну кількість груп. Обробивши судження експертів, було встановлено 10 характерних груп. На завершення експертам запропоновано об'єднати отримані групи таким чином, щоб кожне об'єднання складалось зі схожих об'єктів, а об'єкти різних об'єднань істотно відрізнялись.

За результатами роботи виявлено функціональну взаємопов'язаність завдань, процесів і підсистем РВС. Також встановлено, що типова РВС буде складатись з трьох підсистем (управління, розвідки та вогневого впливу), які виконують специфічні для кожної з них функції.

Ключові слова: розвідувально-вогнева система, стійкість функціонування, декомпозиція, елемент, кластерний аналіз, експерт, функціональна взаємопов'язаність.

Постановка проблеми

Однією із основних тенденцій сучасних збройних конфліктів, як свідчать результати проведеного аналізу, є поступове зростання ролі розвідувально-вогневих систем (РВС) у здійсненні вогневого впливу на противника. Так, відсоток залучення РВС до виконання завдань щодо вогневого ураження противника (ВУП) підвищився із 20% у конфліктах кінця XX ст. [1] до 75% у конфліктах початку XXI ст. [2-3]. В умовах сьогодення застосування РВС базується на положеннях теорії Бойда [4] та передбачає створення інформаційно-комунікаційної мережі, що тісно інтегрує джерела інформації (розвідки), органи управління і засоби ураження (подавлення) [5]. Основними перевагами означених систем є: можливість дій у реальному масштабі часу, швидкість реакції, точність виконання

завдань, мобільність. Разом з тим під час застосування РВС було виявлено низку проблем, які впливають на ефективність їх застосування.

Так, однією із суттєвих є проблема комплектування РВС. Сьогодні комплектування РВС здійснюється шляхом ситуаційного об'єднання в єдиному інформаційному полі наявних засобів розвідки, вогневого впливу, управління тощо. Однак при здійсненні такого об'єднання не враховуються можливості, взаємосумісність, стійкість функціонування кожного елемента, вплив елементів на стійкість функціонування один одного та на функціонування РВС у цілому.

Наприклад, до складу РВС одночасно включаються декілька радіолокаційних станцій (РЛС) та безпілотні літальні апарати (БпЛА), і при цьому не враховується електромагнітна сумісність як РЛС

між собою, так і РЛС та БпЛА, що робить неможливим їх одночасне застосування. По-друге, до складу РВС включаються засоби вогневого ураження, у яких можливості значно вищі, ніж можливості включених засобів розвідки [6], що знижує ефективність застосування РВС у цілому. По-третє, до складу РВС можуть бути включені засоби збору та обробки інформації з низькою пропускнуною спроможністю, які будуть не в стані забезпечити якісний та вчасний збір розвідувальних відомостей, їх обробку та узагальнення [7]. По-четверте, сьогодні не існує єдиної структурно-функціональної схеми РВС, що не дозволяє врахувати стійкість функціонування кожної підсистеми РВС, враховуючи технічну надійність їх елементів.

Неврахування цих чинників може призвести до того, що виведення з ладу навіть одного з елементів системи призведе до неможливості застосування такої системи у цілому.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

У монографії [5] розглянута можливість і доцільність використання розвідувально-ударних і розвідувально-вогневих комплексів (РУК, РВК) за умов реалізації концепції мережецентричних війн і наведені принципи їх побудови. Основна увага приділена удосконаленню методичних положень оцінювання ефективності бойового застосування РУК (РВК), засобами ураження яких є балістичні ракети оперативно-тактичного і тактичного призначення та артилерія. Наведено узагальнену структуру побудови РВС, однак запропонований варіант структури не дозволяє врахувати стійкість функціонування кожного елемента при комплектуванні РВС.

У праці [8] на основі аналізу існуючих та перспективних РУК визначені класифікаційні ознаки, характерні для об'єднання засобів розвідки, цілевказівки, наведення та ураження, що дозволяють комплексно вирішувати завдання вибору і оперативного ураження цілей. Однак це не дозволяє врахувати взаємосумісність елементів і вплив їх технічної стійкості на функціонування всієї системи.

У дослідженні [9] проаналізовано РВС, що створюються в збройних силах Російської Федерації. Розглянуті організаційно-штатні структури РВС, охарактеризовано основні функціональні зв'язки цих структур. Не зважаючи на висвітлені основні вимоги до РВС, на підставі яких будуть створюватись (вибиратися) майбутні РВС, не висвітлено підходи до такого вибору.

У статті [10] проведено аналіз програм розвитку Китаю у порівнянні зі США таких елементів РВС, як БпЛА та штучний інтелект. Розглянуто прогнозування умов застосування РВС у майбутніх бойових

(військових) операціях. Разом з тим у статті висвітлено лише загальні методичні підходи до створення РВС.

У праці [11] висвітлено питання удосконалення розвідки в інтересах ВУП у сучасних умовах. Зокрема, у статті запропоновано шляхи покращення розвідувальної складової РВС. Разом з тим не визначено, які саме характеристики існуючих зразків озброєння необхідно покращити при проведенні модернізації, а також відсутні методичні підходи до вибору елементів РВС.

Дослідження [12] присвячено аналізу процесу збору та обробки розвідувальних відомостей у програмно-апаратному комплексі "Кропива". У роботі запропоновані шляхи щодо підвищення ефективності зазначеного процесу, однак не встановлено, що саме у способах збору та обробки інформації впливає на ефективність застосування РВС.

У праці [13] проведено аналіз порядку здійснення управління артилерійськими підрозділами, що входять до складу РВС, та досліджено діючу структуру управління вогнем артилерії. Однак не розглянуто стійкість функціонування системи.

У статті [14] розглянуто роль РВС при реалізації нових мережецентричних концепцій ведення бойових (військових) операцій та викладений варіант використання РВС. Разом з тим не наведено механізм обґрунтування вибору елементів РВС у залежності від умов.

У дослідженні [15] розглянуто питання використання безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) у складі РВС ракетних військ і артилерії (РВіА) як засобу інформаційного забезпечення бойового застосування вогневих підрозділів. У праці запропонована модель залежності ефективності РВС від складу і характеристик її складових, разом з тим слід зауважити, що розглянуто тільки один тип БпАК зі складу розвідувальної підсистеми РВС, що звужує коло застосування запропонованих підходів.

Так, у зазначених дослідженнях зроблено суттєвий внесок у розвиток теоретичних підходів до застосування РВС, однак в них не обґрунтовано підходи щодо здійснення комплектування РВС, визначення їх складу в залежності від завдань, що на них покладаються, та наявних засобів, з урахуванням таких чинників, як стійкість функціонування, технічна надійність, взаємосумісність, ефективність кожного з елементів. Тому здійснення структурно-функціонального аналізу РВС та проведення декомпозиції її функцій та підсистем є актуальним.

Формулювання мети статті

Метою дослідження є визначення функціональних взаємозв'язків між завданнями, які покладаються на РВС, процесами, які відбуваються при виконанні

цих завдань, та підсистемами, з яких складається РВС. Для досягнення мети визначені наступні завдання:

- проаналізувати завдання, які покладаються на РВС;
- здійснити об'єднання множини завдань, схожих за певними ознаками групи;
- встановити функціональну взаємопов'язаність завдань, процесів та підсистем РВС.

Виклад основного матеріалу

Для обґрунтування об'єднання множини завдань, які виконують РВС в залежності від умов проведення військових (бойових) операцій, у групи – застосовувався метод кластерного аналізу. Сутність методу кластерного аналізу полягає у розбитті заданої вибірки об'єктів на підмножини (кластери) так, щоб кожен кластер складався зі схожих об'єктів, а об'єкти різних класів істотно відрізнялись [16].

Для отримання обґрунтованих даних щодо здійснення об'єднання завдань (процесів) за характерними ознаками у групи застосовано метод експертної оцінки, сутність якого полягає у проведенні аналізу думок експертів, які входять до складу групи. [17]. Необхідною умовою ефективного застосування методу експертної оцінки є достатня обізнаність експерта з досліджуваною проблемою, високий рівень ерудиції, здатність його давати чіткі та вичерпні відповіді, до того ж експромтом. Крім того, експерт не повинен бути зацікавленим у тому чи іншому варіанті вирішення поставленої перед ним проблеми. Експерти підбираються за ознакою їх формального професійного статусу – посади, наукового ступеня, стажу роботи та ін. Такий підбір сприяє тому, що в число експертів потрапляють високопрофесійні, з великим практичним досвідом у даній галузі спеціалісти.

Для того, щоб за результатами проведення опитування було можливо сформулювати спільну думку, до складу експертної групи відібрано 30 чоловік. Для добору експертів був застосований підхід, сутність якого полягає у включенні до списку експертів за рекомендацією уже відібраних експертів [18]. Це дозволило припустити, що при визначенні коефіцієнта важливості суджень кожного експерта вагові коефіцієнти X_1 та X_2 матимуть однакове значення – 0,5.

Перш за все, було визначено нормовані коефіцієнти важливості суджень експертів. Так, основними компонентами коефіцієнта відносної компетентності члена експертної групи є: самооцінка, взаємна оцінка та оцінка об'єктивної складової. При цьому взаємна оцінка визначається як опосередковане значення суджень усіх експертів, а оцінка об'єктивної складової – узагальнене значення таких показників, як

освіта, термін перебування в посаді, досвід перебування в ООС (АТО), наявність наукового ступеня, публікацій за тематикою щодо застосування РВС. Коефіцієнт відносної компетентності члена експертної групи визначався відповідно до підходу, зазначеного у [18, 19]

$$C_{\beta} = C_{\beta C}(X_1 C_{\beta B} + X_2 C_{\beta O}), \quad (1)$$

де C_{β} – коефіцієнт відносної компетентності β -того члена експертної групи;

$C_{\beta C}$ – самооцінка β -го члена експертної групи;

$C_{\beta B}$ – взаємна оцінка β -го члена експертної групи;

$C_{\beta O}$ – об'єктивна оцінка β -го члена експертної групи.

X_1 та X_2 – вагові коефіцієнти, які мають значення 0,5.

Далі з метою залишення у групі найбільш компетентних експертів з експертної групи було виключено членів, у яких коефіцієнт відносної компетентності менше ніж 0,3.

У подальшому в анкеті для опитування (рис. 1) експертам було запропоновано об'єднати елементи за певними ознаками у довільну кількість груп за умовою, що той самий елемент може бути включений тільки в одну з груп. При цьому експерти керувались виключно своїми знаннями, виходячи з досвіду перебування на посадах, пов'язаних із застосування підрозділів РВіА (в тому числі і підрозділів артилерійської розвідки), та враховуючи досвід перебування в ООС (АТО).

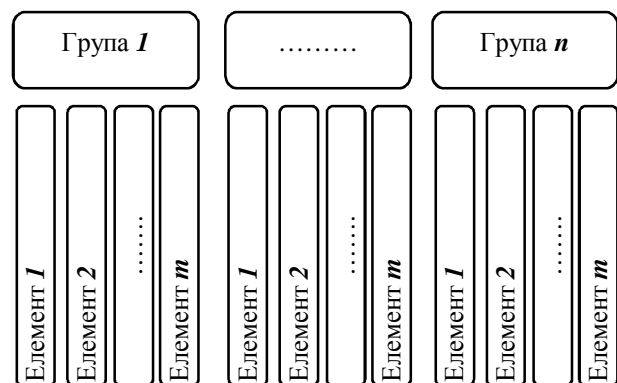


Рис. 1. Анкета експерта для об'єднання елементів у групи

Узагальнення даних проводилось по кожній створеній експертами групи шляхом усереднення суджень, з використанням коефіцієнта відносної компетентності експерта в якості вагового коефіцієнта, та заносились у таблицю 1. При цьому якщо експерт не заносив m -й елемент до n -ї групи, то замість коефіцієнта відносної компетентності експерта ставився «0».

Таблиця 1
Визначення ваги елемента в n -й групі

№ експерта	Коефіцієнт відносної компетентності члена експертної групи C_β						
	Елемент 1	Елемент 2	Елемент 3	Елемент 4	Елемент 5	...	Елемент m
1	C_1	C_1	C_1	C_1	0	...	C_1
2	C_2	C_2	C_2	C_2	C_2	...	C_2
3	C_3	C_3	0	C_3	C_3	...	C_3
...
β	C_β	C_β	C_β	0	0	...	C_β
M_{nm}	M_{n1}	M_{n2}	M_{n3}	M_{n4}	M_{n5}	...	M_{nm}

Визначення ваги m -ного елемента в n -й групі - M_{nm} проводилось за формулою

$$M_{nm} = \sum_{j=1}^{\beta} C_j, \quad (2)$$

де M_{nm} – вага m -го елемента в n -й групі;

j – кількість експертів (вимірюється від 1 до β).

Для проведення розрахунків використовувалась програма Microsoft Excel 2010.

Розподіл елементів по групах (умовно групи 1-го рівня) здійснювався шляхом порівняння ваги кожного елемента в кожній групі, тобто елемент залишався у тій групі, де його вага була найбільшою, а з решти груп виключався.

Об'єднавши елементи в групи 1-го рівня, було встановлено їх кількість, а на підставі аналізу сукупності елементів, що включені в ту чи іншу групу, визначено їх назви.

У подальшому членам експертної групи було запропоновано розподілити створені групи 1-го рівня на кластери (умовно групи 2-го рівня) таким чином, щоб кожна група 2-го рівня складалась зі схожих об'єктів, а об'єкти різних груп істотно відрізнялись.

Узагальнення та обробка результатів суджень експертів здійснювались за описаним вище алгоритмом.

Загальний вигляд блок-схеми методики обґрунтування об'єднання множини завдань, які виконуються РВС у групі, наведено на рис.2.

Отже, вихідними даними для проведення об'єднання елементів по групах є визначення переліку елементів, а в нашому випадку – це перелік завдань, які покладаються на РВС, та коефіцієнта відносної компетентності членів експертної групи.

Результати аналізу літератури, в якій висвітлено основні положення щодо застосування РВС у воєнних

конфліктах [1, 2, 5, 20] та можливого майбутнього характеру війни [21], дозволяють визначити перелік основних завдань, які будуть виконувати РВС, а саме:

- координація бойових дій підрозділів (засобів), залучених до складу РВС в просторі;
- комплексне і координоване планування ураження противника;
- узгодження взаємодії роботи елементів РВС за часом;
- створення єдиного інформаційного поля;
- здатність завдавати ВУ одночасно по декількох цілях;
- збір інформації про діяльність противника у реальному масштабі часу, у будь-який час доби і за будь-яких метеорологічних умов;
- забезпечення узгодженого управління матеріальним та технічним забезпеченням підрозділів (засобів), що входять до складу РВС;
- здійснення надійного ураження противника в найкоротші строки;
- забезпечення точності топогеодезичної прив'язки командно-спостережних пунктів (КСП), постів і позицій підрозділів (засобів) артилерійської розвідки (АР);
- точна та повна топогеодезична прив'язка вогневих позицій (ВП);
- забезпечення швидкісного режиму для переміщення всередині позиційного району та між позиційними районами підрозділів АР;
- своєчасне оцінювання ефективності вогневого ураження об'єктів (цілей) противника;
- автоматизований розподіл цілей на основі аналізу важливості об'єктів вогневого ураження;
- забезпечення стійкого управління підрозділами (засобами), що входять до складу РВС;
- синхронізація інформації, що надходить від сил і засобів АР та розвідки інших родів військ, її опрацювання та узагальнення;
- отримання розвідувальних відомостей про місцевість;
- моніторинг дій своїх військ;
- визначення пріоритетів цілей, підбір оптимальної послідовності знищення противника і виключення ведення вогню по власних силах;
- здійснення ВУП з безпечної віддалі;
- координація роботи засобів радіоелектронної боротьби;
- визначення потреби у матеріальних і технічних засобах;
- визначення маршрутів переміщення підрозділів (засобів), що входять до складу РВС;
- забезпечення своєчасності зайняття та залишення позицій підрозділів АР;
- забезпечення артилерійських підрозділів актуальними картами місцевості;

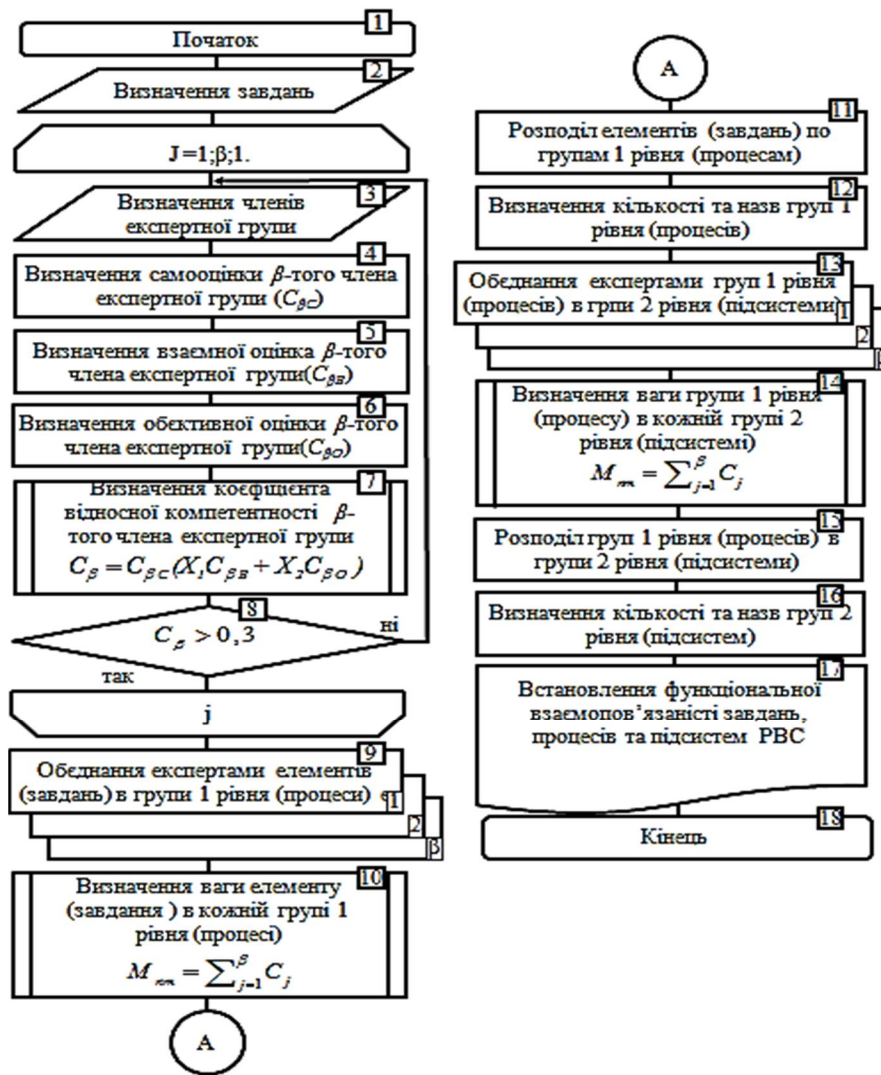


Рис. 2. Блок-схема методики об'єднання множини завдань, які виконуються РВС у групи

- своєчасна організація всебічного забезпечення бойових дій вогневих підрозділів;
- забезпечення своєчасного здійснення маневру вогневими підрозділами;
- спостереження за результатами ВУП;
- вчасне забезпечення метеорологічною інформацією артилерійських підрозділів;
- забезпечення своєчасності і точності розрахунків;
- здійснення чітких і своєчасних цілевказівок;
- забезпечення своєчасного наведення вогневих засобів;
- забезпечення своєчасного здійснення маневру вогнем;
- здійснення коректування вогню артилерії;
- підготовка бойових наказів і розпоряджень;
- розвідка маршрутів для здійснення маневру.

Наступний блок вхідних даних стосується експертів та їх компетентності. Так, під час проведення дослідження було складено список з 30 експертів, що забезпечує допустимий рівень статистичної помилки (кількість досліджень (суджень) більше 20).

У подальшому кожен експерт здійснив об'єднання завдань, які покладаються на РВС (елементів)

у довільну кількість груп. За результатами узагальнення судження експертів елементи були розподілені на 10 груп таким чином, що елементи однієї групи за своїми певними ознаками відрізнялись від елементів іншої групи. Враховуючи таке їх об'єднання, можливо припустити, що елементи 1-ї групи відносяться до процесу "Планування", 2-ї – "Узгодження", 3-ї – "Управління і автоматизації", 4-ї – "Підготовка до ведення бойових дій", 5-ї – "Підготовка до ведення розвідки", 6-ї – "Збір, узагальнення та обробка розвідувальних відомостей", 7-ї – "ВУП", 8-ї – "Маневр підрозділів АР", 9-ї – "Маневр вогневих підрозділів", 10-ї – "Контроль і коректування вогню".

Наступний крок полягав у тому, що членам експертної групи було запропоновано об'єднати групи, які було отримано за результатами об'єднання завдань, у 3-4 групи на їх розсуд.

За результатами роботи встановлено, що до 1-ї групи включено такі елементи, як "Планування", "Узгодження", "Управління і автоматизації", "Збір, узагальнення та обробка розвідувальних відомостей",

"Підготовка до ведення бойових дій" та "Підготовка до ведення розвідки".

Результати обробки суджень членів експертної групи відображено на рис. 3. Вони свідчать, що



Рис. 3. Вага елементів у 1-й групі

До 2-ї групи увійшли наступні елементи: "Збір, узагальнення та обробка розвідувальних відомостей", "Контроль і коректування вогню", "Маневр підрозділів АР", "Підготовка до ведення розвідки" та "Узгодження".

Результати обробки суджень експертів відображено на рис. 4. Елементи "Збір, узагальнення та обробка

елементи "Планування", "Узгодження", "Управління і автоматизації" – мають значну вагу, а решта елементів мають досить незначну вагу у 1-й групі.

розвідувальних відомостей", "Контроль і коректування", "Маневр підрозділів АР", "Підготовка до ведення розвідки" мають значну вагу, а такий елемент, як "Узгодження", має досить низьку вагу (1,815) у 2-й групі. Разом з тим у 1-й групі вага зазначеного елемента є досить високою (16,185). Отже, це свідчить про те, що вказаний елемент буде входити до 1-ї групи.



Рис. 4. Вага елементів у 2-й групі

У склад 3-ї групи увійшли наступні елементи зображені на рис. 5: "Вогневе ураження противника", "Маневр вогневих підрозділів", "Підготовка до ведення бойових дій", які мають значну вагу, та такий елементи, як "Контроль і коректування", який має досить низьку

вагу (1,69) у групі. Разом з тим у групі 2-й вага зазначеного елемента є досить високою (13,515). Отже, це свідчить про те, що вказаний елемент буде входити до 2-ї групи.

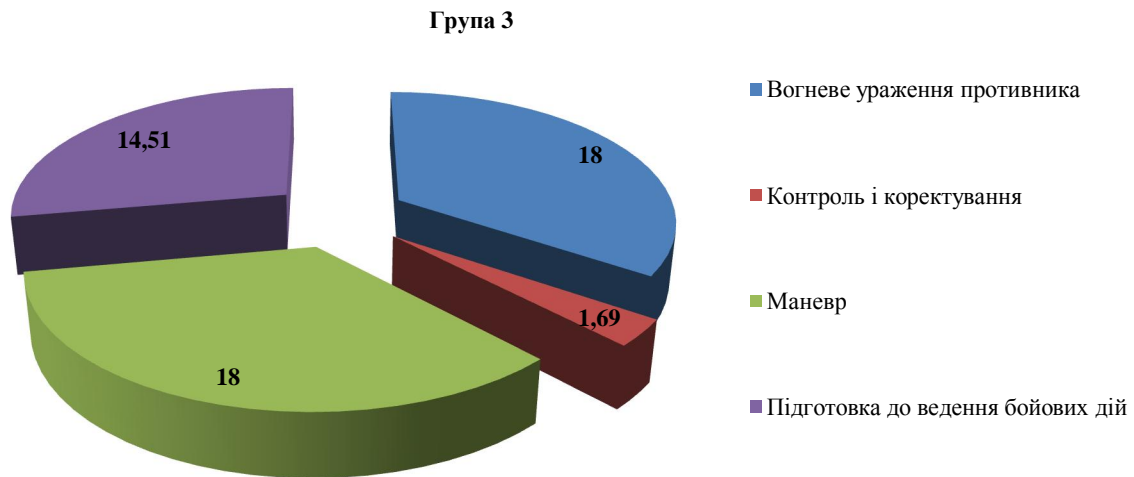


Рис. 5. Вага елементів у групі 3

Провівши порівняння ваги кожного елемента у кожній з трьох груп, можливо зазначити, що вони будуть розподілені по групах так, як показано на рис. 6.

Зважаючи на те, що аналіз проводився з погляду застосування РВС, можливо допустити, що процеси, які проходять в 1-й групі, можуть проходити у підсистемі управління, процеси, що проходять у 2-й групі –

у підсистемі розвідки, а процеси що проходять у 3-й групі – у підсистемі вогневого впливу.

Отже, за результатами проведеного узагальнення можливо припустити, що взаємопов'язаність між підсистемами, які входять до складу РВС, процесами, які в них відбуваються та завданнями, які покладені на РВС, буде мати вигляд, як показано на рис.7.

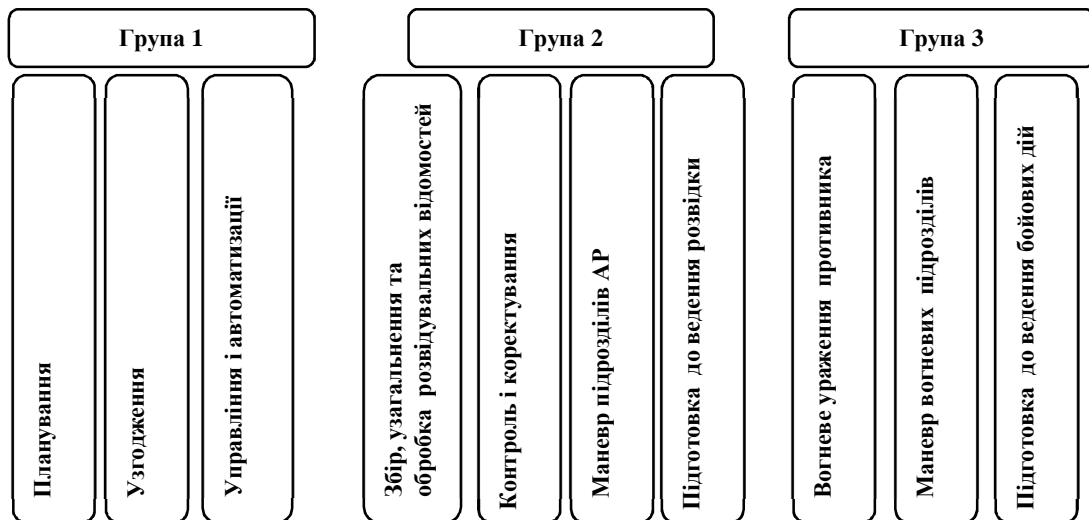


Рис. 6. Розподіл функціональних елементів по групах

Висновки

Таким чином, за результатами аналізу літератури, в якій висвітлено основні положення щодо застосування РВС у воєнних конфліктах та можливого майбутнього характеру війни, визначено перелік основних завдань, які будуть виконувати РВС при їх застосуванні.

Методом експертних оцінок здійснено об'єднання завдань, які покладаються на РВС, у три групи, що дозволило обґрунтувати складові РВС: підсистеми управління, розвідки та вогневого впливу.

Наведено функціональну схему, яка визначає взаємопов'язаність завдань, які вирішуються у кожній із підсистем РВС, та процесів, які відбуваються у них.

Підсистеми	Процеси	Завдання
Управління	Планування	Комплексне і координоване планування ураження противника
		Визначення пріоритетів цілей, підбір оптимальної послідовності знищення противника і виключення ведення вогню по власних силах
		Визначення маршрутів переміщення підрозділів (засобів), що входять до складу РВС
		Підготовка бойових наказів та розпоряджень
		Визначення потреби у матеріальних та технічних засобах
	Узгодження	Координація бойових дій підрозділів (засобів), залучених до складу РВС в просторі
		Узгодження взаємодії роботи елементів РВС за часом
		Координація роботи засобів радіоелектронної боротьби
		Створення єдиного інформаційного поля
	Управління і автоматизація	Забезпечення стійкого управління підрозділами (засобами), що входять до складу РВС
		Забезпечення узгодженого управління матеріальним та технічним забезпеченням підрозділів (засобів), що входять до складу РВС
		Забезпечення своєчасності і точності проведення необхідних розрахунків
Своєчасне оцінювання ефективності вогневого ураження об'єктів (цілей) противника		
Розвідки	Збір, узагальнення та обробка розвідувальних відомостей	Збір інформації про діяльність противника у реальному масштабі часу у будь-який час доби і за будь-яких метеорологічних умов
		Моніторинг дій своїх військ
		Отримання розвідувальних даних про місцевість
		Синхронізація інформації, що надходить від сил та засобів АР та розвідки інших родів військ, її опрацювання та узагальнення
		Автоматизований розподіл цілей на основі аналізу важливості об'єктів вогневого ураження
	Контроль і коректування	Здійснення чітких і своєчасних цілевказівок
		Спостереження за результатами вогневого ураження противника
		Здійснення коректування вогню артилерії
	Маневр підрозділів АР	Забезпечення своєчасності зайняття та залишення позицій підрозділами артилерійської розвідки
		Забезпечення швидкісного режиму для переміщення всередині позиційного району та між позиційними районами
		Розвідка маршрутів для здійснення маневру
	Підготовка до вед. розвідки	Забезпечення точності топогеодезичної прив'язки КСП, постів та позицій підрозділів (засобів) артилерійської розвідки
Вчасне забезпечення метеорологічною інформацією артилерійських підрозділів		
Забезпечення артилерійських підрозділів актуальними картами місцевості		
Вогневого впливу	ВУП	Здійснення надійного ураження противника в найкоротші строки
		Здійснення вогневого ураження противника з безпечної віддалі
		Здатність наносити вогневе ураження одночасно по декількох цілях
	Маневр вогн. підр.	Забезпечення своєчасного здійснення маневру вогнем
		Забезпечення своєчасного здійснення маневру підрозділами
	Під-вка до вед. б/д	Забезпечення своєчасного наведення вогневих засобів
		Своєчасна організація всебічного забезпечення бойових дій вогневих підрозділів
		Точна та повна топогеодезична прив'язка вогневих позицій (ВП)

Рис.7. Функціональна взаємопов'язаність завдань, процесів і підсистем РВС

Напрямом подальшої роботи є дослідження стійкості функціонування РВС з урахуванням показників технічної надійності елементів кожної з під-

систем РВС, що дозволить конструювати збалансовані РВС з урахуванням можливостей (стійкості, ефективності, надійності) окремих функціональних елементів.

Список літератури:

1. Lingamfelter L. Desert Redleg: Artillery Warfare in the First Gulf War. Lexington, Kentucky: *University Press of Kentucky*, 2020. 344 p. DOI: <https://doi.org/10.2307/j.ctvx0786x>
2. Harris C., Kagan, F. Russia's military posture: ground forces order of battle. Institute for the Study of War, 2018. 53 p. DOI: <https://www.jstor.org/stable/resrep17469>
3. Czuperski M., Herbst J., Higgins E., Polyakova A., Wilson D. Hiding in plain sight: Putin's War in Ukraine. Atlantic Council, 2015. 40 p. URL: <https://www.jstor.org/stable/resrep03631>. (дата звернення: 15.04.2021).
4. Ивлев А.А. Основы теории Бойда. Направления развития, применения и реализации: монография. Москва: ОРИОН, 2008. 64 с.
5. Тарасов В.М., Тимошенко Р.І., Загорка О.М. Розвідувально-ударні, розвідувально-вогневі комплекси (принципи побудови, оцінка ефективності бойового застосування): монографія. Київ: НУОУ ім. Івана Черняхівського, 2015. 178 с.
6. Майстренко О.В., Бубенщиков Р.В., Бондар Р.В., Поплінський О.В. Декомпозиція процесу вогневого ураження противника за допомогою методу побудови «дерева цілей». *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. Київ, 2018. № 32 (2). С. 45-50. DOI: <http://dx.doi.org/10.33099/2311-7249/2018-32-2-45-50>. (дата звернення: 26.06.2021).
7. Майстренко О.В. Подальший розвиток принципу масування ракетних військ і артилерії, їх ударів і вогню на найважливіших напрямках. *Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень НУОУ імені Івана Черняхівського*. Київ, 2017. № 1(59). С. 111-115. DOI: <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2017-1-59/111-115>. (дата звернення: 10.06.2021).
8. Даник Ю.Г., Шестаков В.І. Особливості розвитку та удосконалена класифікація розвідувально-ударних комплексів. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. Київ, 2017. № 3 (30). С. 126-136.
9. Grau, L.W., Bartles, C.K. The Russian Reconnaissance Fire Complex Comes of Age. Oxford: Changing Character of War Centre, *Pembroke College*, 2018. 17 p. URL: <http://www.ccw-ox.ac.uk/blog/2018/5/30/the-russian-reconnaissance-fire-complex-comes-of-age> (дата звернення: 26.06.2021).
10. MacDonald N., Howell G. Killing Me Softly: Competition in Artificial Intelligence and Unmanned Aerial Vehicles. *PRISM*, Washington, 2019. № 8 (3) pp. 102-127. DOI: <https://www.jstor.org/stable/26864279>. (дата звернення: 26.06.2021).
11. Шуляков С., Дорофєєв М. Шляхи удосконалення розвідки в інтересах ракетних військ і артилерії. *Journal of Scientific Papers «Social Development and Security»*. Київ, 2019. № 9 (5). С. 15-27. DOI: <http://doi.org/10.33445/sds-2019.9.5.2>. (дата звернення: 15.06.2021).
12. Качук П.П., Вишневський Ю.В., Соколовський С.М., Гуріненко В.І. Дослідження можливостей програмно-апаратного комплексу «МАПА» щодо оптимізації процесу збору та обробки розвідувальних відомостей на пункті управління артилерійською розвідкою. *Військово-технічний збірник*. Львів, 2020. № 23. С. 58–64. DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.23.2020.58-64> (дата звернення: 15.09.2021).

13. Беляєв М.І., Варава В.В. Актуальні питання щодо внесення змін до структури управління артилерійськими підрозділами під час виконання вогневих завдань. *Військово-технічний збірник*. Львів, 2018. № 19. С. 50–53. DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.19.2018.50-53>
14. Загорка О.М., Колесников В.О., Коваль В.В., Загорка І.О. До питання застосування розвідувально-ударних і розвідувально-вогневих комплексів у мереже центричній війні. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. Харків, 2012. № 3(9), С. 8-13. URL: <http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/333>. (дата звернення: 15.06.2021).
15. Іщенко Д.А., Федорчук Д.Л. Модель узагальненого споживача інформації безпілотних авіаційних комплексів. *Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем*. Житомир, 2016. № 13. С. 136-146. URL http://nbuv.gov.ua/UJRN/Psvz_2016_13_16. (дата звернення: 17.06.2021).
16. Jain A.K., Murty M.N., Flynn P.J. Data clustering: a review. *ACM Comput. Surv.* 1999. № 31(3), pp.264323. DOI: <https://doi.org/10.1145/331499.331504>. (дата звернення: 17.06.2021).
17. Литвак, Б.Г. Экспертные технологии в управлении: учебное пособие – 2-е изд., испр. и доп. Москва: Изд. Дело, 2004. 400 с. URL: <https://www.twirpx.com/file/247753>
18. Каденко С.В., Циганок В.В. Визначення відносної компетентності експертів під час агрегації парних порівнянь. Реєстрація, зберігання і обробка даних. Київ, 2017 № 19(2). С. 69-83. DOI: <https://doi.org/10.35681/1560-9189.2017.19.2.-126533> (дата звернення: 17.06.2021).
19. O.V. Maistrenko, V.V. Khoma, O.A. Karavanov, S.V. Stetsiv, A.A. Shcherba. Devising a procedure for justifying the choice of reconnaissance-firing systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Kharkiv, 2021, Vol. 1 Issue № 3 (109). pp. 60–71. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224324>. (дата звернення: 17.06.2021).
20. Щерба А. А. Оптимізація інформаційної структури розвідувально-вогневої системи на основі ситуаційного управління. *Озброєння та військова техніка*. Київ, 2014. № 3. С. 30-34. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ovt_2014_3_7 (дата звернення: 17.06.2021).
21. The Future Character of Warfare and Required Capabilities. Army Science Board Final Report. *Army Science Board Arlington United States*. Washington, 2018. 71 p. URL: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/1063617.pdf> (дата звернення: 20.05.2021).

References:

1. Lingamfelter L. (2020), Desert Redleg: Artillery Warfare in the First Gulf War. Lexington, Kentucky: *University Press of Kentucky*, 344 p. DOI:<https://doi.org/10.2307/j.ctvx0786x>.
2. Harris C., and Kagan F. (2018), Russia's military posture: ground forces order of battle. *Institute for the Study of War*, 53 p. DOI:<https://www.jstor.org/stable/resrep17469>.
3. Czuperski M., Herbst J., Higgins E., Polyakova A., and Wilson D. (2015), Hiding in plain sight: Putin's War in Ukraine. *Atlantic Council*, 40 p URL: <https://www.jstor.org/stable/resrep03631> (Accessed 15 April 2021).
4. Ivlev A.A. (2008), "Osnovy teorii Boyda. Napravleniya razvitiya, primeneniya i realizatsii" [Foundations of Boyd's

theory. Directions of development, application and implementation]: Monograph, ORION, Moscow, 64 p. [in Russian]

5. Tarasov V.M., Tymoshenko R.I. and Zagorka O.M. (2015), "Rozviduval'no-udarni, rozviduval'no-vohnevi kompleksi (pryntsypy pobudovy, otsinka efektyvnosti boyovoho zastosuvannya)" [Reconnaissance and strike, reconnaissance and fire complexes (principles of construction, evaluation of the effectiveness of combat use)]: Monograph, NUOU im. Ivan Chernyakhovsky. Kyiv, 178 p. [in Ukrainian].

6. Maistrenko O.V., Bubenshchikov R.V., Bondar R.V., and Poplinskyi O.V. (2018), "Dekompozitsiya protsesu vohnevoho urazhennya protyvnyka za dopomohoyu metodu pobudovy "dereva tsiley". [Determination of constituents of fire defeat of opponent by the method of construction "tree of aims"]. *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence*. Kyiv, 2018. Vol. 32 Issue № 2, pp.45-50. DOI: <http://dx.doi.org/10.33099/2311-7249/2018-32-2-45-50>. (Accessed 26 June 2021). [in Ukrainian].

7. Maistrenko O.V. (2017), "Podal'shyi rozvytok pryntsypu masuvannya raketnykh viys'k i artileriyi, yikh udariv i vohny na nayvazhlyvishykh napryamkakh." [Further development of the principle of massing missile troops and artillery, their shock and fire in key areas]. *Collection of the Scientific papers works of the Center for Military and Strategic Studies of the National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskyi*. Kyiv, 2017. Issue № 1 (59). pp. 111-115. DOI: <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2017-1-59/111-115>. (Accessed 10 June 2021). [in Ukrainian].

8. Danik Yu., and Shestakov V. (2017), "Osoblyvosti rozvytku ta udoskonalena klasyfikatsiya rozviduval'no-udarnykh kompleksiv" [Development features and improved classification of situational surveillance and attack systems]. *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence*., Kyiv, 2017. Vol. 30 Issue № 3, pp. 126-136. [in Ukrainian].

9. Grau L.W. and Bartles C.K. (2018), "The Russian Reconnaissance Fire Complex Comes of Age". Oxford: Changing Character of War Centre, Pembroke College, 17 p. URL: <http://www.ccw.ox.ac.uk/blog/2018/5/30/the-russian-reconnaissance-fire-complex-comes-of-age>. (Accessed 26 June 2021).

10. MacDonald N., and Howell G. (2019), Killing Me Softly: Competition in Artificial Intelligence and Unmanned Aerial Vehicles. *PRISM*, Washington, 2019, Vol. 8, Issue № 3 pp. 102-127. DOI: <https://www.jstor.org/stable/26864279>. (Accessed 26 June 2021).

11. Shuliakov S. and Dorofeev N. (2019), "Shlyakh udoskonalennya rozvidky v interesakh raketnykh viys'k i artileriyi" [Ways to improve reconnaissance in the interests of missile forces and artillery]. *Journal of Scientific Papers «Social Development and Security»*, Kyiv, 2017. Vol. 9, Issue № 5. pp. 15-27. DOI: <http://doi.org/10.33445/sds.2019.9.5.2>. (Accessed 15 June 2021). [in Ukrainian].

12. Tkachuk P.P., Vyshnevsky Y.V., Sokolovsky S.M. and Gurinenko V.I. (2020), "Doslidzhennya mozlyvostey prohramno-aparatnoho kompleksu «MAPA» shchodo optymizatsiyi protsesu zboru ta obrobky rozviduval'nykh vidomostey na punkti upravlinnya artileriyi's'koyu rozvidkoyu. [Research of possibilities of software-hardware complex "MAPA" concerning optimization of process of gathering and processing of reconnaissance data at artillery reconnaissance control point]. *Military-Technical Collection*. Lviv, 2020. Issue № 23. pp. 58-64. DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.23.2020.58-64> (Accessed 15 September 2021). [in Ukrainian].

13. Belyaev M.I. and Barava V.V. (2018), "Aktual'ni pytannya shchodo vnesennya zmin do struktury upravlinnya artileriyi's'kymy pidrozdilamy pid chas vykonannya avohnevnykh zavdan'" [Current issues regarding changes in the management structure of artillery units during the execution of fire tasks]. *Military-Technical Collection*. Lviv, 2018. Issue № 19. pp. 50-53. DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.19.2018.50-53> [in Ukrainian].

14. Zagorka O.M., Kolesnikov V.O., Koval V.V. and Zagorka I.O. (2012), "Do pytannya zastosuvannya rozviduval'no-udarnykh i rozviduval'no-vohnevnykh kompleksiv u merezhetsentrychniy viyni" [On the question of the use of reconnaissance and strike and reconnaissance and fire systems in a network-centric war]. *Science and technology of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine*, Kharkiv, 2012, Vol. 3, Issue № 9. pp. 8-13. URL: <http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/333> (Accessed 15 June 2021). [in Ukrainian].

15. Ishchenko D.A., and Fedorchuk D.L. (2016), "Model' uzahal'nenoho spozhyvacha informatsiyi bezpilotnykh aviatsiynykh kompleksiv" [Model of the generalized consumer of information of unmanned aerial vehicles]. *Problems of creation, testing, application and operation of complex information systems*, Zhytomyr, 2016, Issue № 13. pp. 136-146. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Psvz_2016_13_16. (Accessed 17 June 2021). [in Ukrainian].

16. Jain A.K., Murty M.N. and Flynn P.J. (1999), Data clustering: a review. *ACM Comput. Surv.* 1999 Vol. 31, Issue № 3. pp. 264-323. DOI: <https://doi.org/10.1145/331499.331504>. (Accessed 17 June 2021).

17. Litvak B.G. (2004), "Ekspertnyye tekhnologii v upravlenii" [Expert technologies in management]: a textbook. 2nd ed., Ed. and ext. Ed. Case, Moscow, 400 p. URL: <https://www.twirpx.com/file/247753/> [in Russian].

18. Kadenko S.V., and Tsyganok V.V. (2017), "Vyznachennya vidnosnoyi kompetentnosti ekspertiv pid chas ahrehatsiyi parnykh porivnyan'" [Determining the relative competence of experts during the aggregation of pairwise comparisons]. *Registration, storage and processing of data*, Kyiv, 2017, Vol. 19 Issue № 2. pp. 69-83 DOI: <https://doi.org/10.35681/1560-9189.2017-19.2.126533>. (Accessed 17 June 2021). [in Ukrainian].

19. Maistrenko O.V., Khoma V.V., Karavanov O.A., Stetsiv S.V. and Shcherba A.A. (2021), Devising a procedure for justifying the choice of reconnaissance-firing systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Kharkiv, 2021, Vol. 1 Issue № 3 (109). pp. 60-71. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224324>. (Accessed 17 June 2021). [in Ukrainian].

20. Shcherba A.A. (2014), "Optyimizatsiya informatsiyanoi struktury rozviduval'no-vohnevoyi systemy na osnovi situatsiynoho upravlinnya" [Optimization of the information structure of the reconnaissance fire system based on situational management]. *Weapons and military equipment*. Kyiv, 2014. № 3. P. 30-34. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ovt_2014_3_7 (Accessed 17 June 2021). [in Ukrainian].

21. *The Future Character of Warfare and Required Capabilities*. (2018): Army Science Board Final Report. Army Science Board Arlington United States. Washington, 71 p. URL: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/1063617.pdf>. (Accessed 20 May 2021).

Структурно-функциональный анализ разведывательно-огневой системы и декомпозиция ее функций и подсистем

А.В.Майстренко, А.А. Караванов, А.А. Щерба

Роль разведывательно-огневых систем (РВС) в огневом поражении противника в военных конфликтах, происходящих в начале XXI в., выросла до 75%. Также выявлено, что эффективность применения указанных систем зависит от качества их комплектования. Основными факторами, которые часто не учитываются при комплектовании, это возможности, совместимость, устойчивость функционирования каждого элемента, влияние элементов на функционирование друг друга и на функционирование РВС в целом. Анализ последних исследований и публикаций свидетельствует о том, что сегодня отсутствуют обоснованные подходы к определению состава РВС с учетом указанных факторов. Поэтому в статье проведен структурно-функциональный анализ РВС и декомпозицию ее функций и подсистем. На основе метода кластерного анализа разработан алгоритм объединения множества задач, которые выполняют РВС, в группы. Для получения обоснованных данных по осуществлению такого объединения применен метод экспертной оценки.

Согласно предложенному алгоритму сначала были определены основные задачи, для выполнения которых привлекаются РВС. Далее сформирована экспертная группа и определен коэффициент относительной компетентности каждого ее члена. Затем экспертам было предложено объединить определенные задачи по характерным признакам в произвольное количество групп. Обработав суждения экспертов, было установлено 10 характерных групп. В завершение, экспертам предложено объединить полученные группы таким образом, чтобы каждое объединение состояло из подобных объектов, а объекты разных объединений существенно отличались.

Результаты работы позволили установить функциональную взаимосвязь задач, процессов и подсистем РВС. Также установлено, что типичная РВС будет состоять из трех подсистем (управления, разведки и огневого поражения), которые выполняют специфические для каждой из них функции.

Ключевые слова: разведывательно-огневая система, устойчивость функционирования, декомпозиция, элемент, кластерный анализ, эксперт, функциональная взаимосвязь

Structural and functional analysis of reconnaissance and fire system and decomposition of its functions and subsystems

O. Maistrenko, O. Karavanov, A. Shcherba

It is established that the role of reconnaissance and fire systems in the implementation of enemy fire damage in military conflicts occurring at the beginning of the XXI century. Increased to 75%. However, it was found that the effectiveness of these systems depends on the quality of their equipment. The main factors that are often not taken into account in the acquisition are the possibility, interoperability, stability of each element, the impact of elements on the stability of each other and the functioning of the RVS as a whole. The analysis of recent research and publications has shown that as of today, the approaches to determining the composition of reconnaissance fire systems taking into account these factors are not justified.

Given the above, it was decided to conduct a structural and functional analysis of the reconnaissance fire system and the decomposition of its functions and subsystems. To this end, based on the method of cluster analysis, an algorithm for combining a set of tasks performed by reconnaissance and fire systems into groups has been developed and substantiated. The method of expert evaluation was used to obtain substantiated data on the implementation of such a merger.

According to the proposed algorithm, the main tasks were first identified, which involve reconnaissance and fire systems. Subsequently, an expert group was formed and the coefficient of relative competence of each member of the expert group was determined. The experts were then asked to combine the identified tasks according to their characteristics into an arbitrary number of groups. After processing the opinions of experts, 10 characteristic groups were identified. Finally, the experts were asked to combine the obtained groups in such a way that each association consisted of similar objects and the objects of different associations differed significantly.

The results of the work revealed the functional interconnectedness of the tasks, processes and subsystems of the reconnaissance and fire system. It is also established that a typical reconnaissance fire system will consist of three subsystems (control, reconnaissance and fire influence), which perform specific functions for each of them.

Keywords: reconnaissance-fire system, stability of functioning, decomposition, element, cluster analysis, expert, functional interconnectedness