

УДК 623.624

Г.М. Тіхонов<sup>1</sup>, І.М. Тіхонов<sup>2</sup><sup>1</sup>Національний університет оборони України, Київ<sup>2</sup>Харківський університет Повітряних Сил ім. І.Кожедуба, Харків

## НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ БОЙОВОГО КОМПЛЕКСНОГО ЗАСТОСУВАННЯ СИЛ ТА ЗАСОБІВ РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ТА ІНФОРМАЦІЙНОГО ПОДАВЛЕННЯ У СУЧАСНИХ ОПЕРАЦІЯХ

Стаття присвячена науково-методичним основам обґрунтування способів бойового комплексного застосування сил та засобів радіоелектронного та інформаційного впливу при веденні силових інформаційних конфліктів в сучасних операціях. Зроблений висновок, що запропонований науково-методичний підхід дозволяє обґрунтувати раціональні способи бойового комплексного застосування засобів деструктивного впливу на телекомунікаційну систему противника в операціях.

**Ключові слова:** радіоелектронна боротьба, деструктивний вплив, операція, телекомунікаційна система.

### Вступ

Сучасний етап розвитку збройної боротьби характеризується суттєвими корінними змінами в ідеології ведення радіоелектронної та інформаційної боротьби з новітніми телекомунікаційними системами противника [1, 2].

Важливою теоретичною проблемою при формуванні нової ідеології ведення радіоелектронної та інформаційної боротьби у війнах шостою та сьомою покоління є розробка науково-методичного апарату обґрунтування способів бойового комплексного застосування підрозділів радіоелектронного та інформаційного подавлення що створюють угруповання військ (сил) та засобів деструктивного впливу в операціях в умовах застосування противником новітніх телекомунікаційних систем (ТКС).

При цьому традиційні підходи вирішення завдань у цій проблемній галузі не дозволяють у повній мірі враховувати суттєвого підвищення перешкодозахищеності новітніх ТКС противника, тенденції розвитку озброєння радіоелектронної, інформаційної боротьби та нових видів деструктивного впливу [1, 2] у сучасних операціях, визначати раціональний склад угруповання сил та засобів деструктивного впливу.

### Основна частина

Вирішення визначених протиріч можливо в рамках фундаментальної методологічної основи воєнної науки – системного підходу [3 – 5]. При цьому, угруповання сил та засобів деструктивного впливу в операції – об'єкт воєнно-наукового дослідження, складна система військового призначення організаційного типу, а проблема обґрунтування способів може бути розглянута як частковий випадок раціональних за мінімумом ресурсних витрат та складності виконання бойового завдання, раціоналізації рішень щодо побудови і керування об'єктами – склад-

ними системами організаційного типу з математичною постановкою, при якій із множини гіпотетично можливих способів деструктивного впливу  $S_i$  обирається, вираз (1).

$$S_{\text{рац}} = \arg \left\{ S_{\text{ек}}(S_i) \rightarrow \min \mid E_{\text{д}_i}(S_i) \geq E_{\text{д}}^{\text{потр}} \right\}, \quad (1)$$

де  $i \in I = \{1, \dots, \xi\}$ ,  $S_{\text{рац}}$  – раціональний за мінімумом ресурсних витрат та складності виконання бойового завдання, при заданій ефективності порушення інформаційного обміну в ТКС противника;  $\xi$  – кількість способів деструктивного впливу, що розглядаються під час проведення досліджень;  $E_{\text{д}_i}, E_{\text{д}}^{\text{потр}}$  – показник ефективності вирішення завдань з дезорганізації управління противника в операції для  $i$ -го способу деструктивного впливу та його мінімально припустиме значення;  $S_{\text{ек}}$  – фінансові витрати, що пов'язані з виконанням завдань з деструктивного впливу в операції при реалізації  $i$ -го способу деструктивного впливу.

Рішення цього наукового завдання може бути отримано на основі розвитку математичного апарату теорії вирішення багатокритеріальних задач раціонального розподілу різнорідного ресурсу [6] в практичну площину обґрунтування способів деструктивного впливу на новітні ТКС в операціях за методикою, рис. 1.

**Постановка наукового завдання.** Нехай за результатами обґрунтування можливих способів деструктивного впливу на елементи новітніх ТКС (етап 1, 2) за сукупністю критеріїв що характеризують можливості виконання завдань з радіорозвідки та деструктивного впливу [7 – 10] визначено, що гіпотетично можливі способи деструктивного впливу в операції можуть бути побудовані на основі  $k$  типів засобів деструктивного впливу,  $k = 1, 2, \dots, v$ .

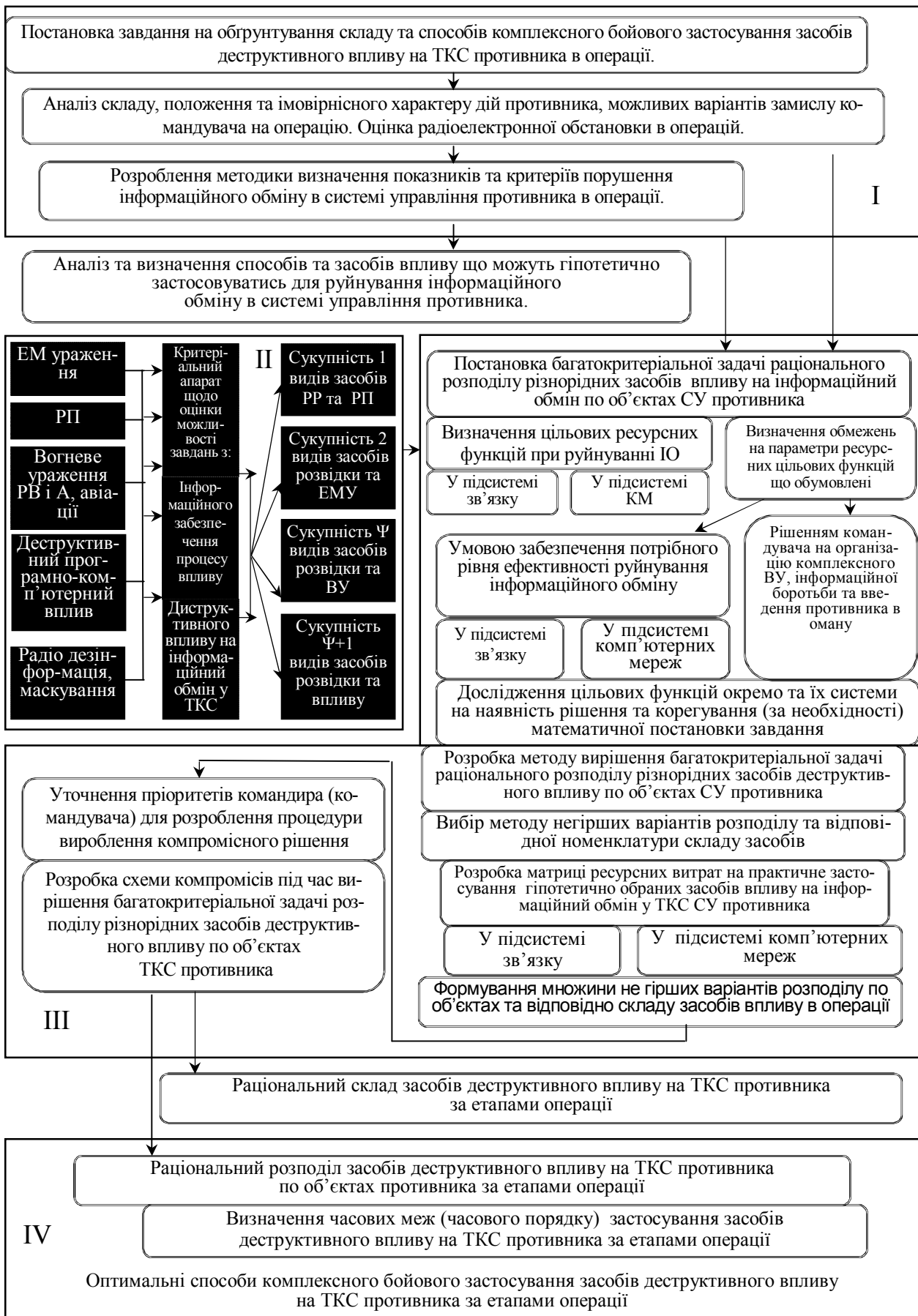


Рис. 1. Структура методики обґрунтування способів комплексного бойового застосування засобів деструктивного впливу на елементи ТКС противника в операціях

$$\begin{cases} P_c \geq \frac{P_{\text{пор}}^{\text{доп}}}{\epsilon_k}; \\ DD_{\text{рст}} \leq DD_{\text{рр}}^{\text{доп}}; \\ P_{\text{ччз}} \geq P_{\text{ччз}}^{\text{потр}}; \\ P_{\text{со}}(t) = P(t_{\text{обр}} < t_{\text{в}}); \\ t_{\text{врер}} \geq t_{\text{оп(б)}}; \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} E_{\text{д}} \geq E_{\text{д}}^{\text{кр}}; \\ P_{\text{д}} \geq P_{\text{д}}^{\text{кр}}; \\ t_{\text{пф}} \geq t_{\text{пф}}^{\text{кр}}, \end{cases} \quad (3)$$

де  $P_c, P_{\text{пор}}^{\text{доп}}$  – потужності сигналу на вході розвідувального приймача та порогова чутливість розвідувального приймача, яка може бути досягнута, відповідно;  $\epsilon_k$  – коефіцієнт, що враховує втрати потужності елемента сигналу з ППРЧ за рахунок його апріорного неузгодження з спектральною часовою функцією еквівалентного каналу частотного розрізнення ФП;  $DD_{\text{рст}}, DD_{\text{рр}}^{\text{доп}}$  – динамічний діапазон сигналів радіостанцій та динамічний діапазон, що може бути досягнутий у засобах радіорозвідки, який оцінюється по рівню бокових пелюсток СЧФ ФП;  $P_{\text{ччз}}, P_{\text{ччз}}^{\text{потр}}$  – ймовірність частотно-часового збігу елементів сигналу з ППРЧ і частотно-часової характеристики приймального тракту засобу РР та її потрібне значення відповідно [2, 5];  $P_{\text{со}}(t)$  – ймовірність своєчасної обробки розвідувальних відомостей на пунктах управління, станціях радіорозвідки;  $t_{\text{обр}}$  – час обробки розвідувальних відомостей на пунктах управління, станціях радіорозвідки, радіоперешкод;  $t_{\text{в}}$  – час, заданий вимогою випередження [2, 5];  $t_{\text{врер}}, t_{\text{оп(б)}}$  – час під час якого можливо виконання завдань з інформаційного забезпечення та ведення операції (бою) відповідно;  $t_{\text{пф}}$  – середній час порушення функціонування радіоелектронних об'єктів противника при застосуванні того чи іншого способу впливу. Показник обумовлений часовими вимогами до виконання завдань операції, живучістю засобів електронного ураження (наприклад, дистанційно-пілотованого літального апарата (ДПЛА) – постановника радіоперешкод), часом відновлення справного стану радіоелектронного об'єкту після його функціонального ураження;  $E_{\text{д}}^{\text{кр}}, P_{\text{д}}^{\text{кр}}, t_{\text{пф}}^{\text{кр}}$  – критичні значення показників  $E_{\text{д}}, P_{\text{д}}, P_{\text{пф}}$ .

Наприклад, результатами практичного оцінювання за (2), (3) для вирішення завдань з деструктивного впливу на новітні ТКС противника гіпотетично можуть застосовуватись такі способи деструктивного впливу [8, 10]:

– нанесення удару тактичними та оперативно-тактичними ракетами, крилатими ракетами, авіацій-

ними бомбами, артилерійськими боеприпасами з електромагнітними бойовими частинами [10] по елементам новітніх ТКС противника у тактичній, оперативно-тактичній та оперативно-стратегічній ланках управління;

– вплив радіоелектронними перешкодами на приймальні пристрої елементів ТКС ланок управління від тактичної до оперативно-стратегічної із застосуванням безпілотних літальних апаратів – постановників радіоперешкод, що баражують над територією військ противника;

– вплив радіоелектронними перешкодами на приймальні пристрої елементів новітніх ТКС тактичної ланки із застосуванням передавачів радіоперешкод, що розташовані на вертольотах, які баражують над територією своїх військ та малогабаритних передавачів радіоперешкод, що заносяться або закидаються;

– вплив деструктивними програмно-комп'ютерними засобами на елементи та програмне забезпечення комп'ютерних мереж ТКС противника.

Для порушення інформаційного обміну у ТКС противника в операції вирішуються  $j$  часткових завдань  $Z_1, Z_2, \dots, Z_m$ ,  $j = 1, 2, \dots, m$ . Зокрема, як варіант, в операції оперативного угруповання військ (сил) (ОУВ(С)) можливо визначити часткові завдання, як порушити інформаційний обмін у каналах ТКС противника (рис. 2):

1) одного або сукупності оперативних об'єднань військ противника першого ешелону ( $Z_1$ );

2) одного або декількох оперативних об'єднань військ противника другого ешелону ( $Z_2$ );

3) в ланці оперативне угруповання – оперативно-стратегічне угруповання військ (сил), ( $Z_3$ ),  $m = 3$ .

У ТКС противника в рамках вирішення кожного  $j$ -го завдання за результатами ведення радіорозвідки викриті  $n_j$  типів функціонально незалежних елементів – об'єктів деструктивного впливу (Об ДВ)  $Q_{jn}$ , рис. 2. Кожний з об'єктів ДВ характеризується ймовірністю  $P_{\text{ур}jzk}$  ураження (подавлення) його каналів, (перехід від ліній зв'язку до окремого каналу обумовлений врахування багатоканальності ліній зв'язку) яка є функцією характеристик деструктивного впливу на Об ДВ  $z$ -го типу відповідним  $k$ -м типом засобів ДВ. Визначена кількість каналів  $Q_{jz}$  та максимальна кількість каналів  $Q_{jz}^{\text{max}}$  відповідних, що розгорнуті у відповідних підсистемах ТКС противника на окремому об'єкті  $z$ -го типу при вирішенні  $j$ -го завдання відповідно.

За результатами воєнно-економічного аналізу сформована матриця  $\|C_{jzk}\|$  економічних витрат деструктивного впливу кожного каналу ТКС об'єкту  $z$ -го типу засобами ДВ  $k$ -го типу.

## Ланки управління військами (силами) противника в операції

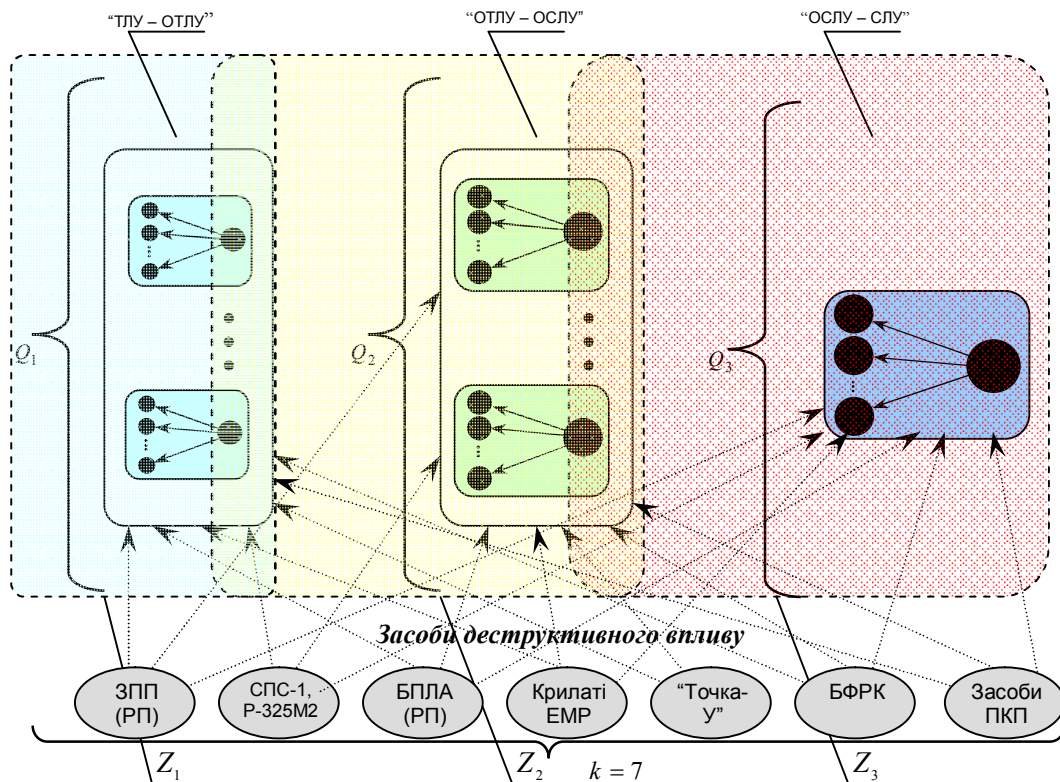


Рис. 2. Вихідні дані щодо постановки наукового завдання оптимізації способів деструктивного впливу на ТКС противника в операції

Елементи матриці формуються із врахуванням захисних властивостей кожного типу Об ДВ та живучості засобів ДВ кожного типу, де  $C_{jzk} = C_k \cdot M_{jzk} / (Q_{jz} \cdot G_{jzk}^d)$ ;  $C_k \cdot M_{jzk} (P_{up_{jzk}})$  – відповідно вартість одного засобу ДВ k-го типу та їх кількість, яка необхідна/ Для ураження (подавлення) Об ДВ z-го типу засобом ДВ k-го типу під час вирішення j-го завдання;  $G_{jzk}^d$  – коефіцієнт, що характеризує ступінь виконання завдання з доставки засобу ДВ k-го типу до Об ДВ z-го типу під час вирішення j-го завдання ( $0 < G_{jzk}^d \leq 1$ ). Для вирішення завдань  $Z_1, Z_2, \dots, Z_m$  в операції необхідно сформувати раціона-

льний набір засобів деструктивного впливу  $S_{opt}$  каналів ТКС об'єктів  $z$  типів, які подавляються відповідними засобами ДВ  $k$  типів при вирішенні кожного j-го завдання. При цьому  $S_{opt}$  забезпечує мінімізацію ресурсних витрат (грошовий еквівалент, чоловіко-години та т.ін.) реалізацію способів ДВ в операції при виконанні вимог до ефективності процесу дезорганізації (раціоналізації способів ДВ за критерієм «ефективність –ресурсні витрати»-«складність виконання бойового завдання»). Тоді математична трактовка задачі оптимізації способів ДВ на ТКС противника в операції може бути конкретизована до вигляду при обмеженнях на параметри цільових функцій (4), які у загальному вигляді визначимо

$$S_{рац}(Q_{jzk}^{рп,емп}, Q_{jzk}^{пкп}) = \min \left\{ \begin{aligned} S_{ек}(Q_{jzk}^{рп,емп}) &= \sum_{j=1}^m \sum_{z=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{v_j} C_{jzk} \cdot Q_{jzk}^{рп,емп} (Q_{jzk}^{вц}) + C_{пкп}; \\ P_{свбз}(Q_{jzk}^{пкп}) &= \sum_{j=1}^{m_{пкп}} k_{jz}^{pc} \cdot Q_{jzk}^{pc} (Q_{jzk}^{вц}) + k_{jz}^{сеп} \cdot Q_{jzk}^{сеп} (Q_{jzk}^{вц}), \end{aligned} \right. \quad (4)$$

$$Q_{jzk}^{вц} + Q_{jzk}^{сеп} + Q_{jzk}^{pc} \geq Q_{jzk}^{пкп} (T^{oi}); \quad (5)$$

$$Q_{jzk}^{рп,емп} \geq Q_{jzk_{кр}}^{рп,емп} (T^{oi}); \quad (6)$$

$$Q_{jz} = 1, 2, \dots, Q_{jz}^{max}; \quad (7)$$

$$C_{jzk} \geq 0, k = 1, 2, \dots, v_j; \quad T \leq T_{взн} \quad (8)$$

де  $Q_{jz}^{max}$  – максимальна кількість ліній передачі інформації, що організована  $z$  – типом об'єктів деструктивного впливу під час вирішення j-го завдання.

Аналіз (4) – (8) дозволяє зробити висновок, що задача оптимізації способів ДВ новітніх ТКС противника за критерієм «ефективність –ресурсні витрати»-«складність виконання бойового завдання»

відноситься до багатокритеріальної задачі оптимізації.

Ефективність виконання завдань  $Z_1, Z_2, \dots, Z_m$  відповідно оцінюється за показником загальна кількість  $Q_{\sum_j}^n$  каналів ТКС що подавлені під час вико-

нання відповідного завдання, де  $Q_{\sum_j}^n = \sum_{z=1}^{n_j} N_{jz} \cdot Q_{jz}$ ,  $N_{jz}$  – кількість уражених (подавлених) об'єктів  $z$ -го типу при вирішенні  $j$ -го завдання. Тоді, критерій дезорганізації управління противника шляхом впливу на елементи ТКС противника при виконанні часткового завдання  $Z_j$  має вигляд

$$Q_{\sum_j}^n \geq Q_j^{kp}, \quad (9)$$

де  $Q_j^{kp}$  – критична кількість подавлених каналів у ТКС, при якій управління військами (силами) та зброєю противника слід вважати дезорганізованим.

Визначення складових критерію (9) є окремою науковою задачею, яку доцільно вирішувати на основі комплексування та розвитку у галузь радіоелектронної та інформаційної боротьби математичного апарату теорії інформації та масового обслуговування при формалізації дескриптивної моделі, рис.3.



Рис. 3. Проективно-дескриптивна модель «інформаційного протиборства» в операції

У процесі «інформаційного протиборства» система  $\aleph$  проводить операцію радіоелектронної та інформаційної боротьби із завданням дезорганізувати управління системою  $\wp$  активного впливу противника шляхом деструктивного впливу на ТКС.

У процесі ведення операції система  $\aleph$  може знаходитися в одному зі станів  $q_y = \{q_1, q_2, \dots, q_f\}$ , де  $f$  – кількість можливих станів, які утворюють повну групу подій. Процес переходу системи  $\aleph$  в один зі станів  $q_y$  для системи  $\aleph$  є випадковим, який описується кінцевою множиною ймовірностей

$$P(\aleph) = \{p_1(q_1), p_2(q_2), \dots, p_f(q_f)\}, \sum_{y=1}^f p_y(q_y) = 1.$$

Підсистема розвідки  $\aleph$  добуває та обробляє розвідвідомості, а ТКС противника передає розвіду-

вальні данні на відповідні органи управління. Отримуючи розвідувальні данні, система  $\aleph$  приймає рішення про стан системи  $\aleph$  та керує підсистемою  $\wp$ . У відповідності до стану системи  $\aleph$  система  $\wp$  противника переходить у один зі станів

$r_\wp = \{r_1, r_2, \dots, r_h\}$ ,  $\sum_{y=1}^h p_y(r_y) = 1$ . Тоді, модель процесу поведження системи  $\aleph$  в процесі проведення системою  $\aleph$  операції РЕБ є задана табличною чи функціонально відповідність  $P(\aleph \rightarrow q_y) = P(\aleph \rightarrow r_\wp)$ .

Одним з основних завдань системи  $\aleph$  є оперативне подолання виникаючої у процесі ведення операції невизначеності  $H_{\aleph}(\aleph)$  щодо стану системи  $\aleph$  для ефективного управління системою  $\wp$ , а кількість інформації  $I_{\aleph}(\aleph, \aleph)$ , яка надійшла, характеризує якість застосування множини  $C_{\aleph}^{AB}$  сил та засобів РЕБ через величину невизначеності системи  $\aleph$ , щодо стану системи  $\aleph$  яка зникла за інтервал часу  $\Delta t$ :

$$I_{\aleph}(\aleph, \aleph) = H_{\aleph}(\aleph, t) - H_{\aleph}(\aleph | \aleph, t + \Delta t). \quad (10)$$

Системі  $\aleph$  для ефективного управління підсистемою  $\wp$  необхідно протягом інтервалу часу  $\Delta t$  домогтися виконання умови

$$I(\aleph, \aleph) \geq I^{\min}(\aleph, \aleph), \quad (11)$$

де  $I^{\min}(\aleph, \aleph)$  – мінімальна інформація про стан системи  $\aleph$  для ефективного управління підсистемою  $\wp$  та може визначатись відповідно до вимог дослідження. При проведенні практичних досліджень можливо орієнтуватись на найгірший для противника випадок та дорівнювати  $I^{\min}(\aleph, \aleph) = 0$ .

Нехай припустима сукупність обмежень вигляду:

$$p_y(q_y) = \text{const} = 1/a; \quad p(r_\wp | q_y) = P_{\text{пр}}^{\text{ct}} = \text{const};$$

$$p(r_\wp | q_z) = \frac{(1 - P_{\text{пр}}^{\text{ct}})}{(f - 1)} = \text{const}, \quad (12)$$

де  $p_y(q_y)$  – імовірність переходу системи  $\aleph$  в стан  $q_y$ ;  $p(r_\wp | q_y)$ ,  $p(r_\wp | q_z)$  – імовірність правильного та неправильного визначення стану системи  $\aleph$  та переходу системи  $\wp$  у відповідний стан із множини  $r_\wp$  за інтервал часу  $\Delta t$  відповідно;  $h$  – кількість можливих станів системи  $\wp$ ;  $p_\wp(r_\wp)$  – імовірність переведу системою  $\aleph$  системи  $\wp$  в стан  $r_\wp$ .

Нескладно показати що (10) може бути конкретизована до вигляду

$$I_{\aleph}(\aleph, \aleph) = \log_2 h + P_{\text{пр}}^{\text{ct}} \cdot \log_2 P_{\text{пр}}^{\text{ct}} + (1 - P_{\text{пр}}^{\text{ct}}) \cdot \log_2 \left( \frac{(1 - P_{\text{пр}}^{\text{ct}})}{(f - 1)} \right). \quad (13)$$

При цьому суттєвого зниження значення показника  $I_{\Sigma}(\mathcal{N}, \mathcal{Z})$  в операції (бою) можливо досягти за рахунок впливу на величину ймовірності  $p(r_{\phi} | q_y)$ . Виконання критерію (9) досягається при забезпеченні величини ймовірності  $p(r_{\phi} | q_y)$  правильного визначення стану системи  $\mathcal{N}$  системою  $\mathcal{Z}$  за інтервал часу  $\Delta t$  в межах 0.12...0.25.

Практичне застосування моделі (10)...(13) потребує конкретизації ймовірності  $p(r_{\phi} | q_y)$

$$p(r_{\phi} | q_y) = P_{PB}^{ДОСТ} \cdot (r_{\phi} | q_y) \cdot P_{PB}^{СД}(t) \times P_{PB}^{СО}(r_{\phi} | q_y) \cdot P_{\mathcal{N}}^{ПРС}(r_{\phi} | q_y), \quad (14)$$

де  $P_{PB}^{ДОСТ}(r_{\phi} | q_y)$ ,  $P_{PB}^{СД}(t)$ ,  $P_{PB}^{СО}(r_{\phi} | q_y)$ ,  $P_{\mathcal{N}}^{ПРС}(r_{\phi} | q_y)$  – ймовірності отримання достовірних розвідувальних відомостей, їх своєчасної доставки, обробки та правильного розпізнавання стану системи  $\mathcal{N}$  на пунктах управління відповідно.

Не гублячи загальності викладення та враховуючи що дослідження впливу на ймовірності  $P_{PB}^{ДОСТ}(r_{\phi} | q_y)$ ,  $P_{\mathcal{N}}^{ПРС}(r_{\phi} | q_y)$  та  $P_{PB}^{СО}(r_{\phi} | q_y)$  порушення інформаційного обміну силами та засобами деструктивного впливу мають глуд в умовах виконання у ТКС противника завдання з своєчасної доставки розвідінформації на пункти управління деталізуємо підходи до оцінки показників що визначають величину ймовірності [2]

$$P_{PB}^{СД} = P(T^{oi} > T^{CT}) = 1 - e^{-\beta}. \quad (15)$$

де  $\beta = T^{oi} / T^{CT}$  – інтенсивність старіння інформації;  $T^{oi}$  – час отримання інформації про зміни у обстановці;  $T^{CT}$  – критичний час затримки інформації про обстановку, який в ТКС противника може бити визначена з максимально припустимою тривалістю циклу управління  $t_{\text{цикл}}^{\text{max}}$ , при якій у відповідній ланці управління виконуються завдання з інформаційного забезпечення процесу ураження (вогневого, радіоелектронного та інформаційного) об'єктів ТКС.

Методи визначення показника  $T^{oi}$  у кожному конкретному випадку визначаються особливостями побудови ТКС противника в операції. Тоді, ТКС – сукупність систем масового обслуговування, що відповідно моделюють  $J$  складових телекомунікаційного забезпечення, противника. Склад підсистем 1, 2, ...,  $J$  та їх часткові моделі визначаються їх місцем в загальній ієрархії управління та процесу управління військами (силами). Аналіз тенденцій розвитку сучасних телекомунікаційних мереж дозволяє зробити висновок, що процес моделювання структур ТКС

потребує розробки методів визначення оперативності обміну інформацією для підсистем цифрового зв'язку та локальних і регіональних комп'ютерних мереж.

При визначенні параметру  $T^{oi}$  в умовах програмно - комп'ютерного впливу на ТКС противника комп'ютерні мережі доцільно моделювати як сукупність ієрархічно об'єднаних систем масового обслуговування (СМО). В такій постановці задачі показник  $T^{oi}$  у відповідній ланці управління складається з середнього часу обробки даних транзакції у робочій станції або серверу, середнього часу передачі даних від РС або серверів нижчого рівня на сервер вищого рівня, середнього часу їх обробки, узагальнення та зворотної передачі зацікавленим посадовим особам в рамках локальних (LAN) та регіональних (WAN) комп'ютерних мереж. Наприклад, для рівня бригади  $T_{ок-бр}^{oi}$  може бути конкретизований до вигляду

$$T_{ок-бр}^{oi} = T_{к-бн}^{oi} + (4\bar{T}_e + 2\bar{T}_{PM} + 3\bar{T}_c) N_{к-бн}; \quad (16)$$

де  $T_{ок-бр}^{oi}$  - час отримання інформації про оперативну обстановку у ланках "Оперативне командування - бригада";  $\bar{T}_{PC}$ ,  $\bar{T}_c$  – середній час обробки даних транзакції у РС та серверу відповідно;  $\bar{T}_e$ ,  $\bar{T}_{PM}$  – середній час очікування і передачі даних транзакції по шині Ethernet ЛОМ, через радіомережу EPLRS, TRI-TAC відповідно;  $N_{бр}$  – кількість підрозділів (корпус-батальйонів) у оперативному командуванні.

При визначенні показників  $\bar{T}_c$ ,  $\bar{T}_e$ ,  $\bar{T}_{PM}$ ,  $\bar{T}_{PC}$  елементи КМ можуть моделюватись наступними видами систем масового обслуговування: *сервер* – двохвузлова двохфазна СМО з проміжним накопичувачем кінцевої місткості; *робоча станція* – двохвузлова двохфазна СМО з проміжним накопичувачем кінцевої місткості; *шина Ethernet* – одновузлова багатовходова із випадковим вибором заявки на обслуговування;

Практичне використання такого підходу дозволяє отримати наступні результати.

При оцінці ефективності програмно - комп'ютерного впливу на сервера, враховуючи [6], нескладно показати, що середній час обробки даних транзакції сервером в умовах деструктивного впливу дорівнює

$$\bar{T}_c = \left[ r/c\lambda_1 + 1/c\lambda_2 \times \sum_{s=0}^n (-1)^{n-s} \frac{(r(s+1))!}{(n-s)!(r(s+1)-n+s)!} a_1^{n-s} a_2^{s+1} \right] \times \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J p_j g_{jk} \left[ \sum_z (p_{wkz} + p_{vkz}) \left( \left[ \frac{z}{b} \right] + 1 \right) \right], \quad (17)$$

де  $p_j$  – ймовірність звернення робочої станції до  $j$ -ої транзакції;  $g_{jk}$  – середнє число операторів, які виконуються при зверненні до  $j$ -ої транзакції;  $K$  – кіль-

кість всіх транзакцій;  $J$  – число операторів;  $p_{wkz}$  – ймовірність того, що для передачі  $k$ -го оператора на сервер потрібно  $z$  байтів;  $b$  – максимальний обсяг даних в пакеті;  $p_{vkz}$  – ймовірність, що після передачі результатів виконання  $k$ -го оператора на робочу станцію потрібно  $z$  байтів;  $c$  – коефіцієнт зниження інтенсивності обслуговування пакетів даних транзакцій що залежить від співвідношення інтенсивностей пакетів даних транзакцій та заважаючих пакетів;  $\lambda_1, \lambda_2$  – інтенсивності обслуговування вузлів СМО що моделює сервер відповідно;  $r$  – показник Ерланга (кількість етапів обслуговування).

Функціонування РС при обробці даних транзакції принципово не відрізняється від роботи серверу і середній час обробки даних транзакції робочою станцією в умовах деструктивного впливу може бути оцінений аналогічно.

При моделюванні процесу програмно - комп'ютерного впливу на локальні обчислювальні мережі (ЛОМ) шину Ethernet, враховуючи [10, 11], середній час очікування і передачі пакетів транзакції по шині Ethernet ЛОМ визначимо у вигляді

$$\bar{T}_e = \frac{\rho v q}{2m_b(1-\rho)} + q m_b, \quad (18)$$

де  $\rho = \left( \frac{N_{pc} q}{A} + w_e \lambda_e^{zn} \right) m_b$  – завантаження СМО;  $q$  –

математичне сподівання кількості пакетів, які обслуговуються системою при передачі даних транзакції, розраховується за виразом (5);  $m_b = \frac{b+S}{C_e}$  –

математичне сподівання часу передачі пакету по шині мережі;  $w_e$  – кількість РС, в які запроваджені ДПКЗ для подавлення шини Ethernet;  $\lambda_e^{zn}$  – інтенсивність заважаючих пакетів даних при подавленні шини Ethernet;  $v = m_b^2$  – другий початковий момент часу передачі пакету по шині мережі;  $S$  – сума довжин заголовку та кінцевика пакету;  $C_e$  – швидкість передачі даних в мережі Ethernet.

Базові радіомережі EPLRS та TRI-TAC є системою багатостанційного доступу з часовим розподілом каналів, коли впродовж одного кадру кожному абоненту по чергово надаються тайм-слоти, на протязі яких відбувається передача пакетів даних. Таку систему можливо формалізувати як систему масового обслуговування з круговим опитуванням у випадку розподілу часу з детермінованим часом обслуговування заявок. Нескладно показати, що параметр  $\bar{T}_{pm}$  можливо визначити у вигляді

$$\bar{T}_{pm} = \frac{q(b+S)}{C_{pm}}, \text{ де } q \text{ – математичне сподівання кі-}$$

лькості пакетів при передачі даних транзакції;  $b$  –

максимальний обсяг даних в пакеті;  $S$  – сума довжин заголовку пакету, заголовку кадру, кінцевика кадру;  $C_{tpm}$  – швидкість передачі даних в радіомережі EPLRS, TRI-TAC.

При визначенні параметру  $T^{oi}$  в умовах радіоелектронного та інформаційного впливу на підсистему цифрового зв'язку ТКС противника представимо як багатоканальну однофазну систему масового обслуговування з очікуванням. Дисципліна обслуговування заявок – випадковий вибір заявки на обслуговування або вибір заявки за відповідним правилом  $P_i$ . При цьому покладемо, що вхідний процес  $G_i(\lambda_i(t))$  – довільної форми, розподіл  $M_i(t)$  часу обслуговування вимог – показовий, кількість каналів обслуговування –  $m_i$ . Нехай модель вхідного потоку – простіший потік, що утворюється у результаті суперпозиції  $n$  ( $n \gg 1$ ) ординарних, стаціонарних з лобою післядією потоків заявок терміналів підсистеми зв'язку ТКС. Дисципліна обслуговування заявок – випадковий вибір заявки на обслуговування. Тоді показник  $Q_{kp}$  може бути визначений у вигляді

$$T^{oi} = \frac{\Pi_i}{m_i \cdot v_i - \lambda_i}, \quad (19)$$

$$\Pi_i = \frac{1}{m_i!} \cdot P_{0i} \cdot \left( \frac{\lambda_i}{v_i} \right)^{m_i} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\lambda_i}{m_i \cdot v_i}}, \quad (20)$$

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{i=1}^{g_j^{max}-1} \frac{1}{i!} \cdot \left( \frac{\lambda_j}{v_j} \right)^i + \frac{1}{g_j^{max}!} \cdot \left( \frac{\lambda_j}{v_j} \right)^{g_j^{max}} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\lambda_j}{g_j^{max} \cdot v_j}}}, \quad (21)$$

де  $\Pi_i$  – ймовірність того, що момент надходження чергової повідомлення всі канали будуть зайняті;  $1/v$  – середня тривалість повідомлення у каналі підсистеми ТКС.

Методи вирішення багатоіндексних задач лінійного програмування (16) – (17) досить повно досліджені [3, 4], однак сформувані однозначні універсальні рекомендації щодо використання того чи іншого способу мінімізації лінійної форми типу (17) в цій роботі не є можливим. Зауважимо, що метод вирішення задачі (16) буде суттєво визначатись мірністю (16) та характером сукупності обмежень (17) для кожної практичної ситуації обґрунтування способу бойового комплексного застосування засобів деструктивного впливу на новітні ТКС противника.

## Висновки

Таким чином запропонований підхід оцінки ефективності порушення інформаційного обміну у

новітніх ТКС противника з урахуванням особливостей комплексного застосування як засобів радіоелектронного так і засобів інформаційного впливу в операції дозволяє обґрунтувати раціональні способи бойового комплексного застосування засобів деструктивного впливу на ТКС противника в операціях. Розроблена структурна схема методики дозволяє формалізувати процес оперативного планування радіоелектронної та інформаційної боротьби в умовах переоснащення комплексами (засобами) деструктивного впливу нового покоління у збройній боротьбі сучасності та майбутнього.

Перспективами подальших досліджень є проведення наукових досліджень з проблем обґрунтування організаційних структур частин (підрозділів) радіоелектронної та інформаційної боротьби в сучасних умовах, на озброєнні яких знаходяться перспективні засоби деструктивного впливу різного призначення.

### Список літератури

1. Черниш О.М. Основи формування нової ідеології ведення радіоелектронної боротьби у збройній боротьбі майбутнього / О.М. Черниш, С.О. Тишук, С.М. Шолохов // *К.: Наука и оборона*. – 2006. – № 4. – С. 48–51.
2. Шолохов С.М. Оцінка розвіддосяжності засобів зв'язку з програмною перебудовою робочої частоти при обґрунтуванні способів ведення їх радіоелектронного подавлення та радіоелектронної розвідки / С.М. Шолохов, С.О. Тишук, М.М. Конотопець, О.Ю. Мелашенко // *Системи обробки інформації*. – Х.: ХВУ, 2004. – № 12 (40). – С. 223–230.
3. Раскин Л.Г. Многоиндексные задачи линейного программирования / Л.Г. Раскин, И.О. Кириченко. – М.: Радио и связь, 1982. – 240 с.
4. Большие технические системы: проектирование и управление / [Л.М. Артюшин, Ю.К. Зиятдинов, И.А. Попов, А.В. Харченко]; под ред. И. А. Попова. – Х.: Факт, 1997. – 400 с.
5. Певцов Г.В. Наукові основи обґрунтування способів бойового застосування сил та засобів радіоелек-

тронного подавлення в операціях / Г.В. Певцов, С.М. Шолохов, Г.М. Тихонов, І.М. Тихонов // *Системи управління, навігації та зв'язку*. – К.: ЦНДІ НіУ, 2008. – № 3(7). – С. 120–125.

6. Тихонов Г.М. Постановка задачі багатокритеріальної оптимізації способів бойового комплексного застосування сил та засобів радіоелектронної боротьби в операціях / Г.М. Тихонов // *Труди університету*. – 2010. – № 2 (95). – С. 53–58.

7. Тихонов Г.М. Методика обґрунтування способів бойового комплексного застосування засобів радіоелектронного та інформаційного подавлення телекомунікаційної системи противника в операції / Г.М. Тихонов // *Труди університету*. – 2010. – № 3 (96). – С. 109–115.

8. Шолохов С.М. Методика обґрунтування оптимальних способів радіоелектронного подавлення новітніх АСУ противника частинами, що оснащені зброєю РЕБ нового покоління / С.М. Шолохов, О.Б. Завацький, Е.В. Лучук, А.І. Онисько, Г.М. Тихонов // *Труди академії*. – 2006. – № 66. – С. 123–132.

9. Шолохов С.М. Наукові підходи до оцінки ефективності дезорганізації управління військами (силами) противника у збройній боротьбі сучасності та майбутнього / С.М. Шолохов, Е.В. Лучук, Г.М. Тихонов, О.Р. Канайкін // *Труди академії*. – 2007. – № 3 (76). – С. 74–85.

10. Шолохов С. М. Методика обґрунтування способів бойового застосування засобів радіо-, електромагнітного та програмно-комп'ютерного подавлення телекомунікаційної системи оперативно-стратегічного рівня противника в операції / С. М. Шолохов, Г. М. Тихонов // *Труди академії*. – 2008. – № 7 (87). – С. 177–183.

11. Шолохов С.М. Методика векторної оптимізації розподілу засобів радіоелектронної та інформаційної боротьби при обґрунтуванні командувачем та штабом вимог до угруповання військ (сил) в операціях / С.М. Шолохов, Г.М. Тихонов // *Оперативне та бойове забезпечення військ (сил): наук.-практ. конф.*, 16 – 17 квіт. 2008 р. : тези доп. – Х., 2008. – С. 28.

Надійшло до редколегії 14.07.2010

**Рецензент:** д-р тезн. наук, проф. Г.В. Єрмаков, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### НАУЧНО МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБОСНОВАНИЯ СПОСОБОВ БОЕВОГО КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СИЛ И СРЕДСТВ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО И ИНФОРМАЦИОННОГО ПОДАВЛЕНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ ОПЕРАЦИЯХ

Г.М. Тихонов, И.М. Тихонов

Статья посвящена научно-методическим основам обоснования способов боевого комплексного применения сил и средств радиоэлектронного и информационного влияния при ведении силовых информационных конфликтов в современных операциях. Сделан вывод, что предложенный научно-методический подход позволяет обосновать рациональные способы боевого комплексного применения средств деструктивного влияния на телекоммуникационную систему противника в операции.

**Ключевые слова:** радиоэлектронная борьба, деструктивное влияние, операция, телекоммуникационная система.

### SCIENTIFICALLY METHODOICAL BASES of GROUND of METHODS of BATTLE COMPLEX APPLICATION OF FORCES AND FACILITIES RADIO ELECTRONIC AND INFORMATIVE PODAVLENNYA IN MODERN OPERATIONS

G.M. Tikhonov, I.M. Tikhonov

The article is devoted to scientific-and-methodical fundamentals substantiating methods of complex combat employment of electronic combat power and troops information influence when waging military information conflicts in modern operations. The conclusion was made stating that the proposed scientific-and-methodical approach permits to substantiate rational methods of complex combat employment of destructive effect means upon the enemy communication system in course of operation.

**Keywords:** radio electronic warfare, destructive effect, operation, communication system.