

УДК 629.783

О.В. Барабаш, В.В. Зуйко

Національна академія оборони України, Київ

МЕТОДИКА ОПТИМІЗАЦІЇ СКЛАДУ УГРУПОВАННЯ СИЛ ТА ЗАСОБІВ ВИДОВОЇ КОСМІЧНОЇ РОЗВІДКИ В ОПЕРАЦІЯХ ЗА УМОВ ДЕСТРУКТИВНОГО ВПЛИВУ ПРОТИВНИКА

На основі математичного апарату вирішення багатомірних задач лінійного програмування транспортної типу та оцінки функціональної стійкості й безперервності функціонування розроблена методика оптимізації складу угруповання сил та засобів космічної розвідки в операції.

Ключові слова: космічна розвідка, методика, раціональна структура, розподіл сил і засобів.

Вступ

Однією з основних проблем організації космічної розвідки у сучасних операціях (бойових діях) є обґрунтування оптимальних за сукупністю різномірних у загальному випадку показників (ресурсних, технічних, оперативно-бойових) угруповань сил та засобів видовой космічної розвідки (ВКР). Для вирішення цієї задачі треба мати відповідний науково-теоретичний апарат оптимізації складу угруповання сил та засобів ВКР за сукупністю показників «оперативність інформаційного забезпечення – вартість – функціональна стійкість – безперервність функціонування» [1] на основі розподілу різномірних засобів обробки космічної іконічної інформації по об'єктах розвідки для оперативного інформаційного забезпечення [2] органів управління. Ці питання у відомій авторам закордонній та вітчизняній літературі не розроблені у повному обсязі. Зокрема, не конкретизований порядок оптимізації розподілу різномірних засобів обробки космічної іконічної інформації по об'єктах розвідки та врахування при оптимізації (раціоналізації) угруповань сил та засобів ВКР результатів здійснення противником деструктивного вогневого, електромагнітного та радіоелектронного впливу під час ведення сучасних операцій [1].

Саме тому виникла нагальна потреба у вирішенні актуального наукового завдання, сутність якого полягає у розробці методики оптимізації складу угруповання сил та засобів видовой космічної розвідки в операціях.

Мета статті – розробити методику оптимізації складу угруповання сил та засобів видовой космічної розвідки в операціях на основі вдосконалення порядку оптимізації розподілу різномірних засобів обробки космічної інформації по об'єктах розвідки в умовах деструктивного впливу противника.

Основний матеріал

Математичним підґрунтям для розробки методики є проведена в [1] постановка задачі обґрунту-

вання раціонального складу сил та засобів видовой космічної розвідки в операціях (бойових діях). Відповідно до результатів, отриманих в [1, 2] методика повинна містити дев'ять етапів (рис. 1).

На першому етапі проводиться формування множини вихідних даних особи, що приймає рішення, при обґрунтуванні структури системи космічної розвідки в операції. Підготовка вихідних даних здійснюється шляхом накопичення інформації у базах даних (каталогах). За результатами виконання першого етапу формуються дані:

про противника, що містять характер воєнно-політичної обстановки, яка склалася в операційній зоні (районі); склад, положення та стан сил і засобів збройної боротьби імовірного (справжнього) противника; зміст заходів, що проводяться противником по підготовці до агресії; бойову готовність і боєздатність об'єднань (з'єднань) противника; можливі терміни готовності до активних бойових дій; угруповання військ, оперативну побудову і бойові порядки; найважливіші, першочергові та інші об'єкти в оперативному (бойовому) порядку військ противника; задум, масштаб і характер можливих дій противника; очікувану протидію розвідці з боку противника; наміри противника щодо застосування найбільш ефективної зброї, засобів ураження; сильні та слабкі сторони угруповання противника та ін.;

про свої війська, які містять директивні вказівки, бойові розпорядження і розпорядження вищого штабу щодо організації бойових дій; рішення командуючого (командира) на операцію (бойові дії); оперативну побудову військ, бойові порядки з'єднань і частин; завдання об'єднань (з'єднань), розмах і вид бойових дій, показники операції; положення і загальні завдання, взаємодіючих сил і засобів; споживачів розвідувальної інформації та ін.;

про сили і засоби розвідки (безпосередньо підпорядковані, взаємодіючі), які відображаються штатно-організаційною структурою з'єднань, частин і підрозділів розвідки; кількість сил і засобів за видами

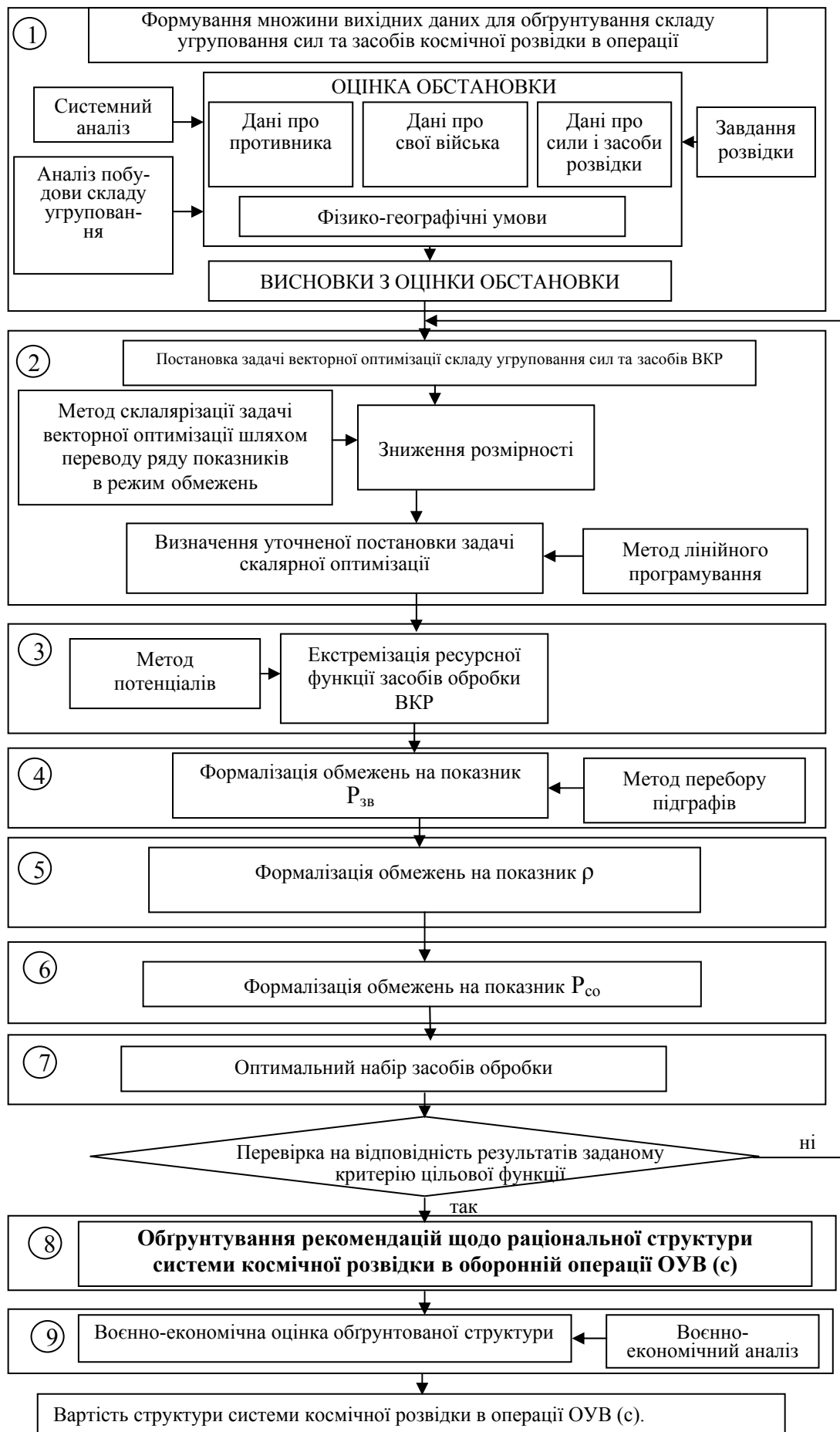


Рис. 1. Структурна схема методики оптимізації складу угруповання сил та засобів космічної розвідки в операціях

розвідки і призначенням в операції; укомплектованість особовим складом та їх вишкіл; положення, стан і можливості інших видів розвідки; наявність резерву та ін.;

з фізико-географічних умов (умови погоди, по-ра року, час доби; клімат, рослинність; показники рельєфу; інфраструктура можливих районів розвідки на операційному напрямку та ін.).

На другому етапі обґрунтовуються гіпотетично придатні для виконання завдань космічної розвідки засоби обробки космічної іконічної інформації та її доведення до відповідних органів управління. Вирішення визначених етапів проводиться на основі оцінки загальної, космічної обстановки та радіоелектронної обстановки, бойових можливостей апаратно-програмних та програмно-технічних комплексів, психофізичних особливостей особового складу, який виконує поставлені завдання з розвідки. Окремо аналізується функціональна стійкість та безперервність гіпотетичних елементів системи обміну розвідувальною інформацією в умовах здійснення функціонального та вогневого ураження.

Наукового вдосконалення у розробленій методиці потребує третій етап, який призначений для оптимізації розподілу різнорідних засобів обробки іконічної інформації по об'єктах розвідки противника в умовах здійснення противником деструктивного вогневого, радіоелектронного та електромагнітного впливу.

На цьому етапі формалізується задача оптимального розподілу засобів системи космічної розвідки в операціях. Зокрема визначаються критерії оптимальності, основні змінні задачі, що здійснюють суттєвий вплив на обрані критерії, обмеження на змінні, встановлюються взаємозв'язки між критеріями, змінними і обмеженнями.

В рамках третього етапу методики (див. рис. 1) для формалізації задачі оптимізації розподілу різнорідних засобів обробки видової космічної інформації по об'єктах розвідки за сукупністю показників «оперативність інформаційного забезпечення – вартість – функціональна стійкість – безперервність функціонування» необхідно застосувати метод скалярізації задачі векторної оптимізації.

При цьому векторна, у загальному випадку, задача оптимізації складу угруповання сил та засобів ВКР набуває вигляду:

$$S_{\text{opt}}(Q_{ijk}) = \left\{ \begin{array}{l} S_{\Sigma}^{\text{скр}}(Q_{ijk}) = \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I C_{ijk} \cdot Q_{ijk} \rightarrow \min \\ U^{\text{скр}}(Q_{ijk}) = \sum_{\mu=1}^N \sum_{\nu=1}^N a_{\mu\nu}^{\text{скр}} P_{\mu\nu}^{\text{скр}} \rightarrow \max; \end{array} \right. \quad (1)$$

при обмеженнях на параметри критеріальних функцій (1) виду:

$$P_i^{\text{coi}}(Q_{ijk}) \geq P_{\text{потр}}^{\text{coi}}; \quad (2)$$

$$P_{\mu\nu}^{\text{скр}} \geq P_{\text{зад}}^{\text{скр}}, \quad (3)$$

де $P_{\mu\nu}$ – ймовірність зв'язності структури системи космічної розвідки;

$a_{\mu\nu}^{\text{скр}}$ – вагові коефіцієнти важливості інформаційних зв'язків структури системи космічної розвідки; та додаткових умовах

$$C_{ijk} \geq 0, \quad k = 1, 2, \dots, k. \quad (4)$$

В такій постановці задача (1) – (4) може бути зведена до задачі екстремізації, якій підлягає економічний показник $F(Q_{ijk})$ що характеризує сумарні ресурсні витрати на практичну реалізацію складу сил та засобів ВКР в операції [3]:

$$F(Q_{ijk}) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p C_{ijk} Q_{ijk} \rightarrow \min, \quad (5)$$

де Q_{ijk} – чисельно дорівнює кількості об'єктів обробки k -го типу i -м комплектом обробки j -го завдання (рівня управління);

C_{ijk} – вартість обробки знімка (сцени), яка залежить від кількості об'єктів різних типів на даному знімку та кількості знімків (сцен), які залежать від рівня задачі (управління).

Пропонується врахувати додаткові обмеження

$$\rho(Q_{ijk}) \geq \rho_{\text{зд}}, \quad (6)$$

де $\rho(Q_{ijk})$ – показник безперервності функціонування угруповання сил та засобів ВКР в умовах впливу противника.

Задача екстремізації (5) при обмеженнях виду (2) – (4), (6) в умовах припущення, що при оптимізації гіпотетично визначено максимальну кількість об'єктів розвідки Q_{ijk}^{max} , може бути зведена до триаксальної транспортної задачі лінійного програмування. Зокрема, сукупність обмежень (2) – (4) переформується до вигляду:

$$\sum_{i=1}^I Q_{ijk} = Q_{ijk}^{\text{max}}, \quad i = \overline{1, I}, \quad j = \overline{1, J}, \quad k = \overline{1, K}; \quad (7)$$

$$Q_{ijk} \geq 0. \quad (8)$$

Аналіз методів вирішення задачі (1), (5) – (8) показав необхідність використання на третьому етапі методики (рис. 1) методу потенціалів для екстремізації вартісної критеріальної функції (5).

На четвертому етапі формалізується порядок визначення критерію (3). Розрахунок ймовірності зв'язності $P_{\mu\nu}$ між вершинами \mathcal{G}_{μ} і \mathcal{G}_{ν} заданого

графа $G(V, E)$ методом перебору під графів [4]. Тут використані такі позначення теорії графів:

V – множина вершин графу $V = \{\vartheta_i\}$, $i = \overline{1, N}$;

E – множина ребер графу

$$E = \{e_{ij}\} = \{\vartheta_i, \vartheta_j\}, \quad i = \overline{1, N}, \quad j = \overline{1, N}.$$

Будемо вважати, що потужність множини E , тобто число ребер графа, дорівнює $|E| = n$. Підграфом є граф, який має N вершин та множину ребер $E_{\text{пг}} \subset E$.

Кожне ребро графа, тобто лінія інформаційного зв'язку у структурі ВКР, характеризується імовірністю правильної передачі інформації $p_j = [0, 1]$, $j = \overline{1, n}$.

Всі значення p_i є вихідними даними для розрахунку імовірності зв'язності $P_{\mu\nu}$ між вершинами (пунктами обробки або вузлами структури) ϑ_μ і ϑ_ν , $\mu = \overline{1, N}$, $\nu = \overline{1, N}$.

Для перебору всіх підграфів будується матриця двоїчних чисел, яку можна назвати матрицею існування [4]

$$D = \{d_{ij}\} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 1 \end{bmatrix},$$

де j – номер елемента матриці в строчці, $j = \overline{1, n}$;

n – число ребер графа;

i – номер строчки, яка описує підграф G_i ; $i = 1, 2, 3, \dots, 2^n$;

$$d_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } j\text{-е ребро існує в підграфі } G_i; \\ 0, & \text{якщо } j\text{-е ребро не існує в підграфі } G_i, \end{cases}$$

d_{ij} – елемент матриці існування, якій приймає будь-які значення та вказує на існування j -го ребра в i -му підграфі G_i .

Слід зауважити, що кожна строчка матриці D описує поточний підграф G_i з точки зору існування ($d_{ij} = 1$) або відсутності ($d_{ij} = 0$) відповідного j -го ребра.

Так, наприклад, у підграфі G_1 немає жодного ребра, у підграфі G_2 – тільки одне ребро з номером n , в підграфі G_{2^n} – присутні всі ребра графа $G(V, E)$.

Введемо до розгляду функцію $\delta(G_i)$ для кожного підграфа:

$$\delta(G_i) = \begin{cases} 1, & \text{якщо в підграфі } G_i \\ & \text{вершини } \vartheta_\mu \text{ і } \vartheta_\nu \text{ зв'язні}; \\ 0, & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

Властивість зв'язності двох вершин графа полягає в існуванні хоча б одного маршрута, за допомогою якого можна досягти вершину ϑ_ν із вершини ϑ_μ .

Таким чином, на основі викладеної математичної моделі можна розрухувати імовірність зв'язності $P_{\mu\nu}$ [5]:

$$P_{\mu\nu} = \sum_{i=1}^{2^n} \delta(G_i) \prod_{j=1}^n p_j^{d_{ij}} \cdot (1-p_j)^{1-d_{ij}}. \quad (9)$$

Потрібно зауважити, що з точки зору практичної реалізації даного методу, основні складності для алгоритмізації представляє розрахунок функції $\delta(G_i)$ та обмеження обчислювальної потужності, які пов'язані з великою розмірністю задачі.

На основі (9) в рамках виконання *четвертого етапу формується* множина векторів, які характеризують імовірність зв'язності множини підграфів, після чого обираємо структуру, яка задовольняє умові (3).

П'ятий етап методики має на меті формалізувати обмеження на показник ρ під час оптимізації складу угруповання сил та засобів видової космічної розвідки. Це надає змогу відповідному командувачу (командиру) в результаті вирішення задачі оптимізації методом потенціалів обґрунтувати склад та структуру сил і засобів обробки космічної іконічної інформації, що відповідає вимогам (6) безперервного застосування за призначенням угруповання сил та засобів видової космічної розвідки в ході підготовки та ведення операції в умовах впливу противника.

На шостому етапі методики здійснюється формалізація виконання вимоги своєчасності обробки розвідувальних даних про об'єкти космічної розвідки в операціях. Умовами своєчасної обробки є вираз [6]:

$$P^{\text{coi}} = P(T^{\text{oi}} < T^{\text{ct}}) = e^{-\beta}, \quad (10)$$

де $\beta = \frac{T^{\text{oi}}}{T^{\text{ct}}}$ – інтенсивність старіння інформації;

T^{oi} – час отримання інформації про зміни у обстановці;

T^{ct} – критичний час затримки інформації про обстановку при прийнятті рішення.

На сьомому етапі формалізується кількісно-якісний склад раціональної системи космічної розвідки в операції оперативного угруповання військ.

Після визначеного складу сил і засобів елементів системи космічної розвідки в операції здійснюється перевірка на відповідність отриманих результатів цільової функції та системі обмежень.

При виконанні всіх вимог до запропонованої системи на восьмому етапі обґрунтовуються рекомендації щодо структури системи космічної розвідки в операції оперативного угруповання військ (сил).

В результаті, після проведених операцій, методом синтезу формується оптимальна за мінімумом засобів при необхідній оперативності структура системи космічної розвідки та здійснюється воєнно-економічна оцінка (етап 9), в результаті чого визначається вартість обґрунтованої структури.

Висновки

Таким чином, розроблена методика дозволяє оптимізувати склад угруповання сил і засобів видової космічної розвідки в операціях. Методика на відміну від відомих враховує вимоги до безперервності та стійкості застосування угруповання за призначенням в умовах радіоелектронного, електромагнітного та вогневого впливу противника, своєчасного отримання інформації про противника командирами (штабами) при визначенні оптимального складу угруповань сил та засобів космічної розвідки.

В результаті використання методики очікується формування оптимального складу угруповання сил і засобів видової космічної розвідки, що забезпечує потрібний рівень ефективності виконання завдань за призначенням.

Одним з пріоритетних напрямків подальших досліджень є визначення у практичній площині оптимального складу угруповань сил та засобів видової космічної розвідки, а також, розробка на його основі рекомендацій щодо підвищення ефективності космічної розвідки в рамках ведення операцій в системі операцій Збройних Сил України.

Список літератури

1. Зуйко В.В. Постановка задачі обґрунтування раціонального складу сил та засобів видової космічної розвідки в операціях (бойових діях) / В.В. Зуйко, С.М. Шолохов // Труды академії. – К.: НАОУ, 2008. – № 82. – С. 67-72.
2. Методика оцінки ефективності військової розвідки в операції і бою: навчально-методичний посібник. – К.: АЗСУ, 1998. – 125 с.
3. Раскин Л.Г. Многоиндексные задачи линейного программирования / Л.Г. Раскин, И.О. Кириченко. – М.: Радио и связь, 1982. – 240 с.
4. Барабаш О.В. Методология построения функционально-устойчивых распределенных информационных систем / О.В. Барабаш. – К.: НАОУ, 2004. – 226 с.
5. Суздалев А.В. Сети передачи информации АСУ / А.В. Суздалев. – М.: Радио и связь, 1980. – 153 с.
6. Кудрявцев А.М. Обработка разведывательной информации / А.М. Кудрявцев. – М.: ВАС, 1989. – 332 с.

Надійшла до редколегії 17.02.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.А. Машков, Національна академія оборони України, Київ.

МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА ГРУППИРОВКИ СИЛ И СРЕДСТВ ВИДОВОЙ КОСМИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ В ОПЕРАЦИЯХ ПРИ УСЛОВИЯХ ДЕСТРУКТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ПРОТИВНИКА

О.В. Барабаш, В.В. Зуйко

На основе математического аппарата решения многоиндексных задач линейного программирования транспортного типа и оценки функциональной стойкости и непрерывности функционирования разработана методика оптимизации состава группировки сил и средств космической разведки в операции.

Ключевые слова: космическая разведка, методика, рациональная структура, деление сил и средств.

METHOD OF OPTIMIZATION OF COMPOSITION OF GROUPMENT OF FORCES AND FACILITIES OF SPECIFIC SPACE SECRET SERVICE IN OPERATIONS ON CONDITIONS OF DESTRUCTIVE INFLUENCING OF OPPONENT

O.V. Barabash, V.V. Zuyko

On the basis of mathematical vehicle of decision of multiindex tasks of the linear programming of a transport type and estimation of functional firmness and continuity of functioning the method of optimization of composition of groupment of forces and facilities of space secret service is developed in an operation.

Keywords: space secret service, method, rational structure, division of forces and facilities.