

УДК 355.9

Ю.М. Агафонов, С.М. Звиглянич, М.П. Ізюмський, М.Г. Шокін

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ЦІЛЕРОЗПОДІЛУ ДЛЯ ПІДРОЗДІЛІВ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК З ПУСКОВИМИ УСТАНОВКАМИ ПАКЕТНОГО ЗАРЯДЖАННЯ

У статті приводиться можливий підхід до постановки завдання цілерозподілу для підрозділів ракетних військ з пусковими установками пакетного заряджання. Як об'єкт, для якого вирішується завдання цілерозподілу, виступає батарея (підрозділ, що об'єднує декілька пускових установок). Саме завдання цілерозподілу зводиться до задачі лінійного програмування – транспортної задачі. Для безпосереднього розподілу ракет батареї в ударі приводяться розроблені алгоритми, що дозволяють автоматизувати роботу командира.

Ключові слова: пускова установка, транспортно-пусковий контейнер, цілерозподіл, ракета.

Вступ

Постановка проблеми. При ракетному ударі необхідний рівень збитку об'єктам ураження досягається за рахунок забезпечення як необхідної точності доставки головної частини (ГЧ) до цілі, так і живучості ракети у польоті.

Задана точність доставки ГЧ реалізується, як правило, шляхом використання головок самонаведення (ГСН).

Основним же чинником, що впливає на живучість ракети у польоті в даний час є наявність системи протиракетної оборони (ПРО) противника [4, 5]. Підвищити живучість ракети в умовах дії ПРО можна за рахунок вибору відповідних траєкторій руху ракети. При цьому раціональною траєкторією буде траєкторія, що забезпечує мінімальний час польоту ракети, тобто мінімальний час знаходження в зоні дії ПРО.

На сучасному етапі в області ракетобудування для тактичних (оперативно-тактичних) ракет спостерігається тенденція використання пакетного способу заряджання пускових установок (ПУ) [1, 2]. Пакет з ракетами є транспортно-пусковим контейнером (ТПК), в якому розташовується деяка кількість ракет. При веденні бойових дій виникатимуть ситуації, коли до виконання бойового завдання притягуються ПУ з неповністю спорядженими пакетами ракет.

На даний час спостерігається новий якісний скачок в області управління військами (зброєю). Непомірно зростає вплив чинника часу на характер діяльності командира, штабу, значно збільшується обсяг їх роботи [6, 8]. Рішення завдання цілерозподілу при плануванні ракетного удару є основним, за своєю суттю найбільш трудомістким, процесом. Можна сказати, що автоматизація цілерозподілу в рамках планування ракетного удару є актуальним завданням.

Аналіз літератури. При плануванні бойових дій частин (підрозділів) ракетних військ в сучасних умовах особливої актуальності набуває необхідність

обліку можливостей існуючих систем протиракетної оборони (ПРО), які по своєму призначенню можуть вирішувати і суто локальні завдання прикриття особливо важливих об'єктів [6].

Виділяючи завдання підвищення інтелектуалізації сучасної зброї як одне з головних, у ряді джерел [7, 8] розглядаються питання раціонального розподілу вогневих засобів РВіА. Як правило, авторами пропонується рішення задачі цілерозподілу в загальному вигляді, із залученням як початкових даних важко обчислюваних параметрів на рівні органів управління частин (підрозділів) РВіА.

Метою статті є обґрунтування алгоритмів рішення задачі цілерозподілу в частинах (підрозділах) РВіА як для забезпечення підвищення живучості ракет, що беруть участь в ударі при дії ПРО, так і розподілу ракет ПУ в пуску за мінімальний час з урахуванням використання неповністю споряджених пакетів з ракетами.

Основний матеріал

Хай є m батарей A_1, A_2, \dots, A_m , причому на кожній батареї є певна кількість боєготових ракет $a_i, i = \overline{1, m}$, і n об'єктів ураження B_1, B_2, \dots, B_n . Для ураження кожного з них із заданим рівнем збитку необхідна певна кількість бойових частин (БЧ) $b_j, j = \overline{1, n}$.

Як «вартість» доставки БЧ до об'єкту ураження визначимо підлітний час по обчисленій заздалегідь раціональній траєкторії. Вибір траєкторії визначається умовами, що реально складаються, і основним чинником тут є наявність або відсутність системи ПРО. За наявності системи ПРО можна припустити, що найбільш переважною є траєкторія, що максимально використовує можливості по енергетиці ракети і забезпечує проведення протиракетних маневрів. При цьому раціональною буде така траєкторія, яка забезпечує мінімальний час знаходження в зоні дії ПРО.

Хай підлітні часи БЧ від батареї A_i до об'єкту B_j відомі – $t_{ij} > 0, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$.

Крім того, вважатимемо, що виконується умова балансу між БЧ на батареї і необхідною кількістю БЧ для ураження із заданим збитком виділених об'єктів ураження:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j . \quad (1)$$

Потрібно:
знайти

$$X_{(m \times n)}^* = \|x_{ij}^*\|_{(m \times n)}$$

як матрицю, елементи якої визначають число БЧ і-ої батареї по j-му об'єкту ураження

з умови
$$L = \min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n t_{ij} x_{ij}$$

при обмеженнях:

- 1) $\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad i = \overline{1, m};$
- 2) $\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = \overline{1, n};$
- 3) $\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j;$
- 4) $a_i > 0; b_j > 0; t_{ij} > 0; x_{ij} \geq 0; i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}.$

Дане завдання відноситься до завдань лінійного програмування – транспортної задачі. Транспортна задача за умови балансу (1) завжди має хоч би одне оптимальне рішення [3].

Рішення задачі цілерозподілу в такій постановці забезпечує мінімальний сумарний час знаходження у польоті ракет, що беруть участь в ракетному ударі (ПУ), при забезпеченні необхідного рівня збитку за рахунок завдання удару по об'єктах ураження заданою кількістю ракет.

У разі невиконання умови балансу (1) виконуються стандартні дії при рішенні транспортної задачі – вводиться або фіктивна батарея, або фіктивна ціль.

При використанні існуючих пакетів прикладних програм, призначених для вирішення задач лінійного програмування, алгоритми рішення транспортної задачі інтерпретуються як симплекс-метод.

В результаті рішення задачі цілерозподілу для кожної батареї визначаються конкретні об'єкти ураження і необхідна кількість ракет для їх ураження із заданим ступенем збитку.

Розподіл ракет в батареї по ПУ залежить від багатьох чинників, що обумовлює безліч можливих варіантів такого розподілу. Але при безлічі таких варіантів можливо визначити ряд принципів, що лежать в основі розподілу ракет по цілях. До таких принципів слід віднести:

- 1) принцип «мінімального сумарного часу пуску батареєю»;
- 2) принцип «мінімального числа ПУ, що притягуються до пуску»;

3) принцип «максимального числа ТПК, що витратили боезапас повністю».

Будемо рахувати, що до складу батареї входить три ПУ. Введемо позначення:

- P1 – кількість ракет на ПУ №1;
- P2 – кількість ракет на ПУ №2;
- P3 – кількість ракет на ПУ №3;
- Y1 – кількість виділених ракет по цілях на ПУ №1;
- Y2 – кількість виділених ракет по цілях на ПУ №2;
- Y3 – кількість виділених ракет по цілях на ПУ №3;
- N – загальна кількість ракет батареї, що беруть участь в пуску.

Розглянемо реалізацію алгоритму №1, у основі якого лежить принцип «мінімального сумарного часу пуску батареї».

Якщо число необхідних ракет в точності співпадає з числом ракет, що знаходяться в батареї, то розподіл, як такий, відсутній. До пуску притягуються ПУ батареї зі всіма ракетами, що є на них.

Приведена вище постановка транспортної задачі виключає випадок, коли необхідне число ракет більше, ніж є в батареї.

Реально може скластися ситуація, коли після проведеного цілерозподілу на батареї є більше ракет, ніж потрібно (можливо для приведеної вище транспортної задачі в якості вихідних даних в реальній обстановці задавалося число ракет меншим, ніж знаходиться в наявності, або ж розподіл проводився іншим методом).

Розглянемо для цього випадку алгоритм розподілу ракет по ПУ (рис. 1).

Зробимо допущення, що число необхідних ракет більше трьох. Інакше розподіл ракет по ПУ не потребує ніяких зусиль.

У блоці 1 відбувається обнуління змінних Y1, Y2, Y3, які в процесі рішення формують кількість ракет, що виділяється, для кожної ПУ: Y1 – ПУ1; Y2 – ПУ2; Y3 – ПУ3. Вводиться службова змінна G як частка від ділення загальної кількості ракет батареї, що беруть участь в пуску N, на число ПУ батареї (в даному випадку – 3).

У блоці 2 відбувається порівняння числа ракет на ПУ1 (P1) із службовою змінною G. Якщо P1 більше або рівне G то на ПУ1 виділяється G ракет (блок 3). При цьому відповідно зменшується на G загальне число ракет N і число ракет на ПУ1 P1. Після цього переходимо до блоку 6. Інакше, коли P1 менше G, переходимо до блоку 4.

У блоці 4 перевіряється наявність ракет на ПУ1. Якщо ракет немає, то переходимо до блоку 6. Якщо ракети є, то на ПУ1 виділяється P1 ракет і відповідно на цю кількість (P1) зменшується загальна кількість ракет N, змінна P1 стає рівною нулю (блок 5).

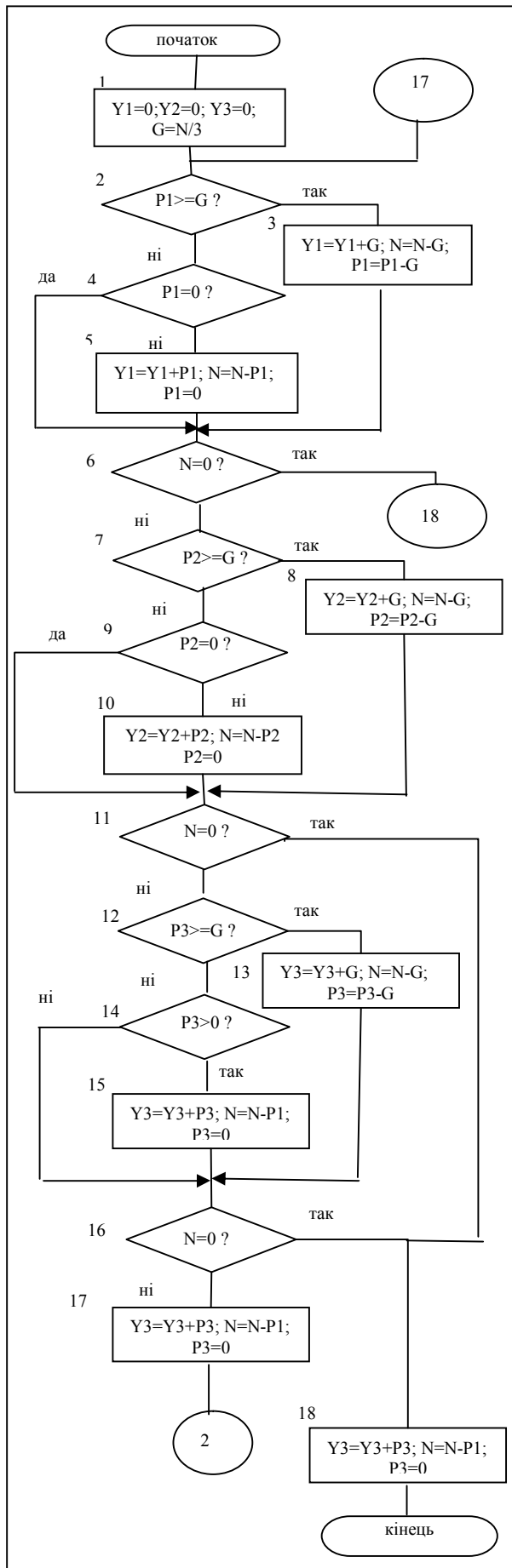


Рис. 1. Блок-схема алгоритму № 1

У блоці 6 перевіряється умова розподілу всіх ракет, тобто рівність змінної N нулю. Якщо всі ракети розподілені (N=0), то переходимо на кінець алгоритму до блоку 18. Інакше в блоках 7, 8, 9, 10, 11 проводяться аналогічні дії для ПУ2.

Якщо і після цього не всі ракети розподілені, то в блоках 12, 13, 14, 15, 16 проводяться аналогічні дії для ПУ3.

По результату перевірки в блоці 16, у разі виконання умови повного розподілу (N=0), переходимо до кінця алгоритму – блок 18, де здійснюється видача результату – набутих значень змінних Y1, Y2, Y3.

Якщо ж умова розподілу не виконана, то змінною G надається значення одиниці і здійснюється перехід до блоку 2.

Тепер, згідно алгоритму, проводиться розподіл між ПУ по одній ракеті до виконання умови повного розподілу – рівність N нулю.

Розглянемо реалізацію алгоритму №2, тобто розподілу ракет між ПУ на основі принципу «мінімального числа ПУ, що притягуються до пуску» у вигляді блок-схеми (рис. 2).

У блоці 1 перевіряється можливість залучення до виконання завдання тільки першої ПУ.

Якщо така можливість є, то в блоці 2 змінній Y1 надається значення N, відповідно Y2 і Y3 приймають нульові значення.

Аналогічно в блоках 3,4 така перевірка робиться для другої ПУ, а в блоках 5 і 6 для третьої.

Якщо немає можливості вирішити задачу із залученням однієї ПУ, то вибирається ПУ, яка має найбільшу кількість ракет.

У блоці 7 перевіряється умова наявності більшої кількості ракет на ПУ 1.

Якщо це так, то в блоці 8 змінна Y1 приймає значення P1, відповідно загальна кількість ракет N зменшується на величину P1.

У блоці 9 перевіряється умова рівності кількості ракет, що залишилася, кількості ракет на ПУ2. Якщо ця умова виконується, то в блоці 10 змінній Y2 надається значення N, а змінній Y3- значення нуль. На цьому розподіл ракет закінчується.

Аналогічні дії для ПУ3 проводяться в блоках 11, 12.

Якщо ні на другій, ні на третій ПУ кількість ракет не рівна необхідному значенню N, то переходиться до блоку 13.

У блоці 13 перевіряється умова того, що на другій ПУ число ракет більше, ніж необхідне N.

Якщо умова виконується, то змінній Y2 надається значення кількості нерозподілених ракет N і процес розподілу ракет, що залишилася, по ПУ закінчується.

Аналогічні дії для ПУ3 проводяться в блоках 15 і 16.

Якщо ракет двох ПУ недостатньо (ПУ1 і ПУ2, або ПУ1 і ПУ3), то в блоках 17, 18, 19, 20, 21 проводиться розподіл по одній ракеті поки всі ракети не будуть повністю розподілені по трьом ПУ.

Якщо кількість ракет на ПУ1 не максимальна, то в блоці 22 визначається ПУ з максимальною кількістю ракет.

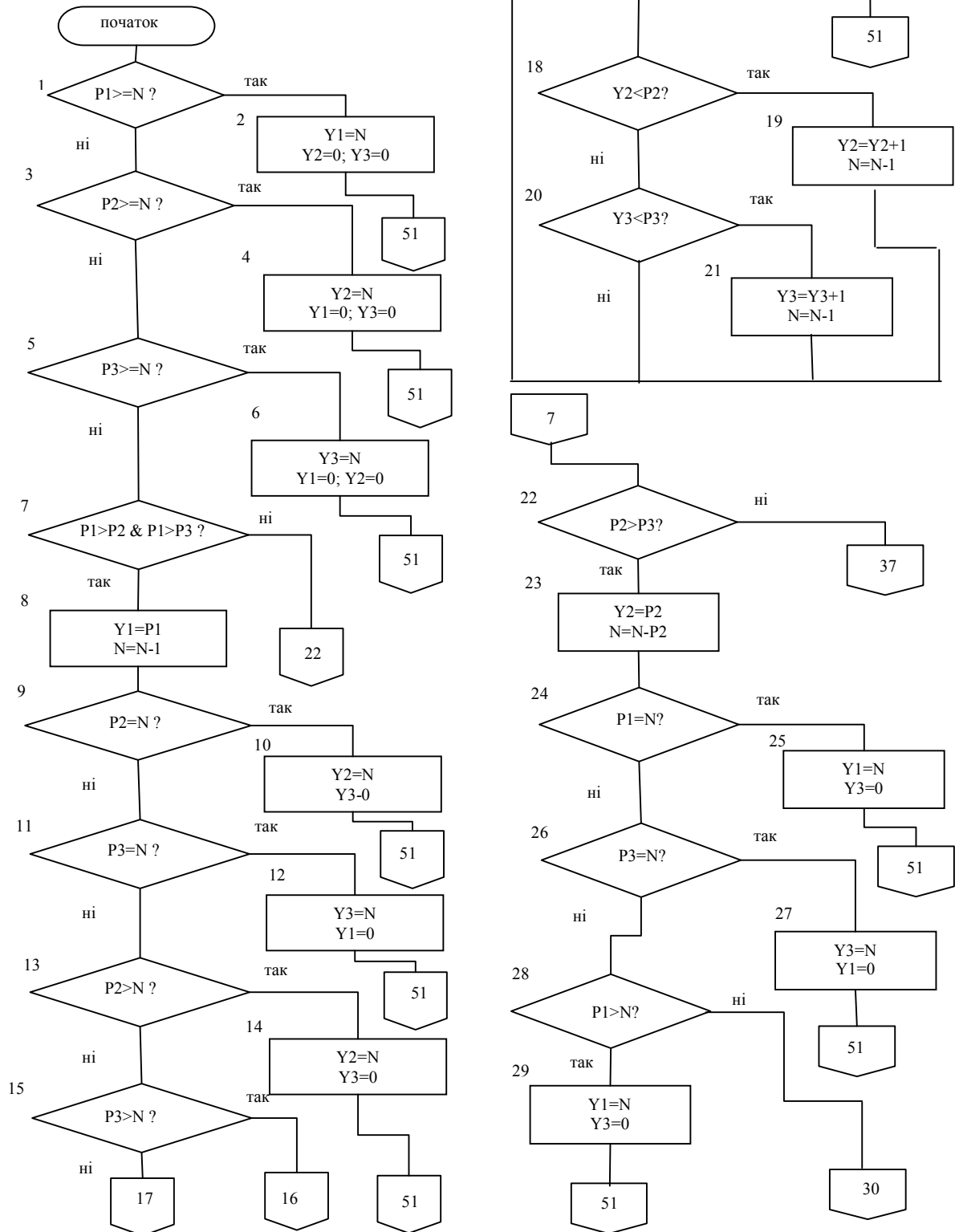


Рис. 2. Блок-схема алгоритму № 2 (початок)

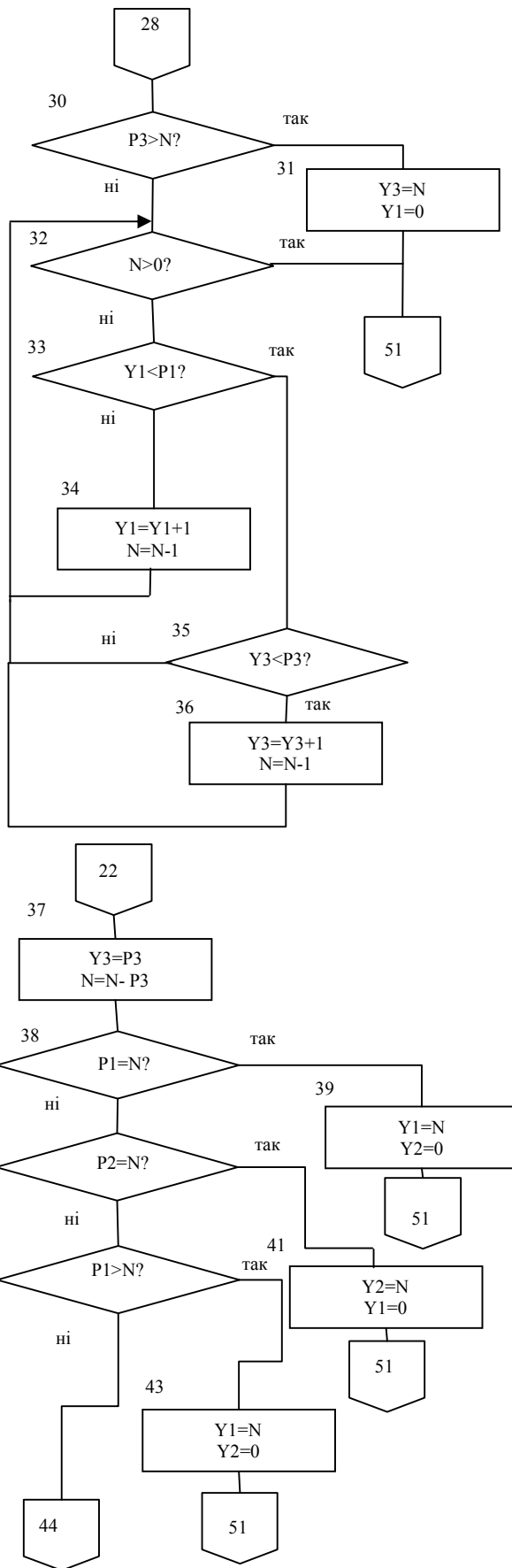


Рис. 2. Блок-схема алгоритму № 2 (продовження)

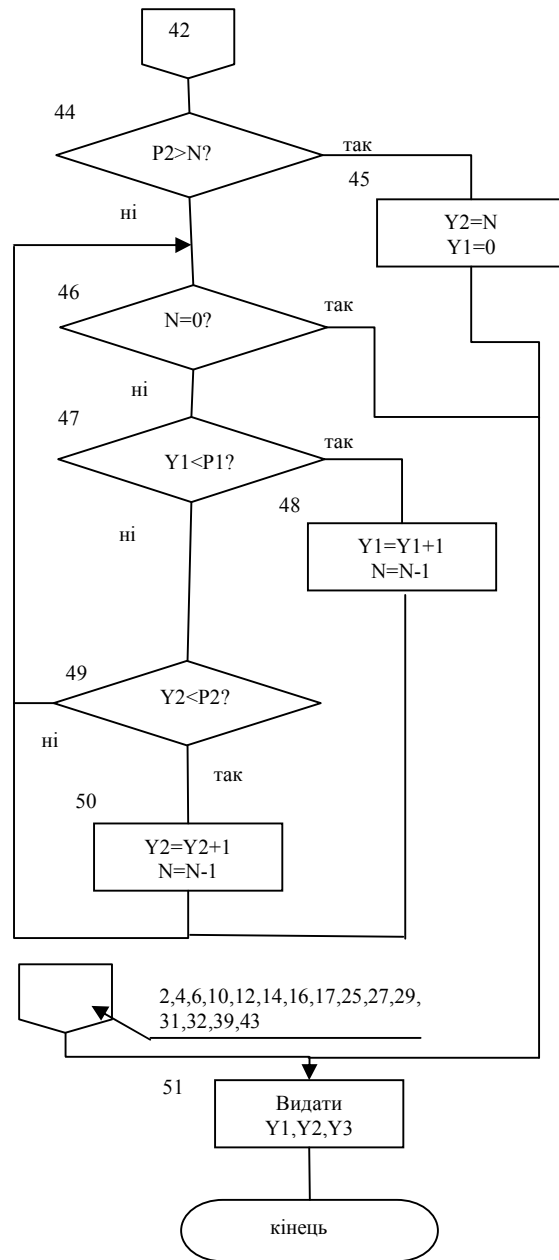


Рис. 2. Блок-схема алгоритму № 2 (закінчення)

Якщо це ПУ2, то в блоках 23 – 36 проводяться дії, аналогічні розглянутим вище.

Якщо максимальне число ракет на ПУ3, то такі ж дії проводяться в блоках 37 – 50.

У блоці 51 проводиться видача результату – набутих значень змінних Y_1, Y_2, Y_3 .

Розглянемо алгоритм №3 розподілу ракет по ПУ з урахуванням принципу «максимального числа ТПК, що витратили боезапас повністю» представлений на рис. 3 у вигляді блок-схеми.

У блоці 1 перевіряється умова рівності кількості ракет першої ПУ необхідній кількості ракет в ПУ N . Якщо рівність виконується, то до ПУ притягується тільки перша ПУ. Тоді в блоці 2 змінній Y_1 надається значення N , а змінним Y_2, Y_3 відповідно нуль.

У блоках 3 і 4 таких дії проводяться для ПУ2, а в блоках 5 і 6 для ПУ3.

Якщо немає можливості виділити необхідну кількість ракет із залученням тільки однієї ПУ, в блоці 7 проводимо наступні дії: створюємо службовий масив з трьох елементів - перший елемент масиву прирівнюється до кількості ракет першої ПУ (P1); другий елемент масиву – до кількості ракет другої ПУ (P2); третій елемент масиву – до кількості ракет третьої ПУ (P3).

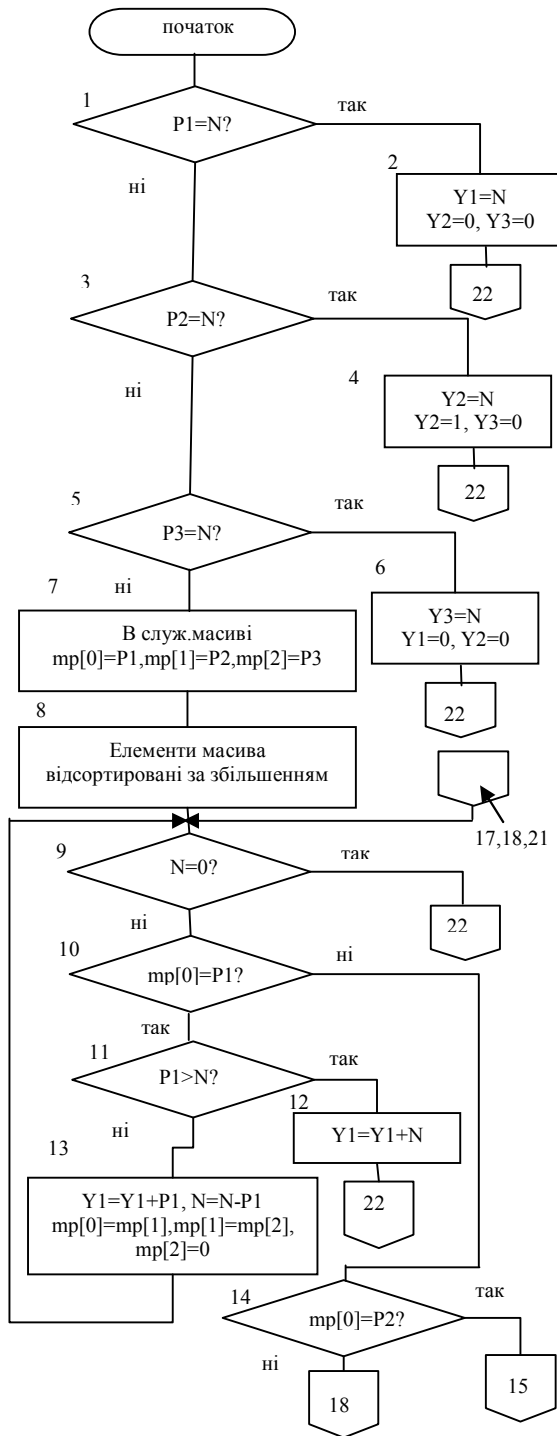


Рис. 3. Блок-схема алгоритму № 3 (початок)

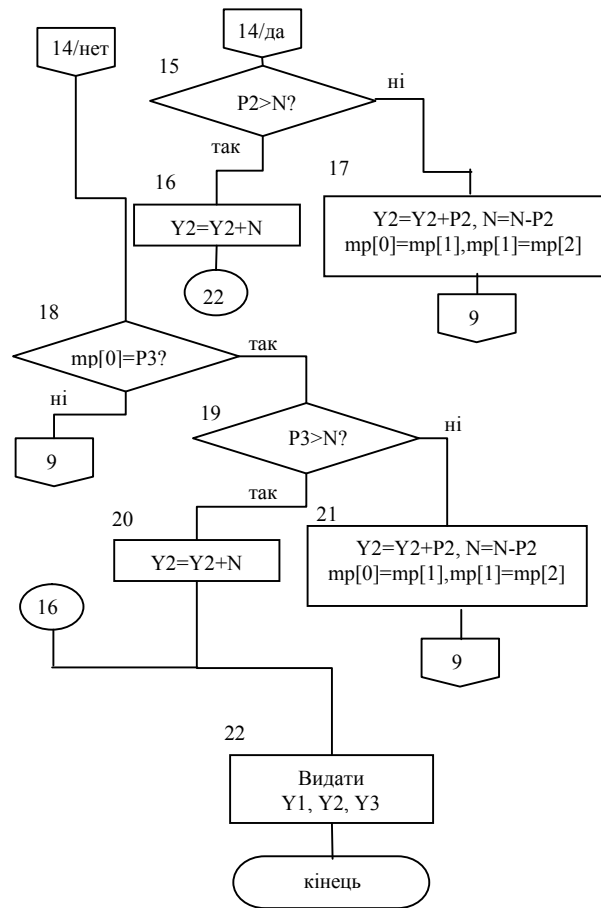


Рис. 3. Блок-схема алгоритму № 3 (закінчення)

У блоці 8 елементи службового масиву ранжируються за збільшенням.

У блоці 9 перевіряється умова кінця процесу розподілу ракет – рівність нулю нерозподілених ракет.

Якщо перший елемент службового масиву рівний кількості ракет першої ПУ (блок10), то в блоці 11 перевіряється умова того, що число ракет P1 більше поточного значення N нерозподілених ракет.

Якщо це так, то змінна Y1 збільшується на значення N, при цьому вважаємо, що розподіл закінчений.

Якщо число ракет першої ПУ менше потрібного, то в блоці 13 змінна Y1 збільшується на P1, а число нерозподілених ракет, що залишилися, відповідно зменшується на цю ж величину P1.

Проводиться зміщення елементів службового масиву вліво. Після цього переходимо до блоку 9 для перевірки закінчення процесу розподілу ракет по ПУ.

У блоках 14 – 17 аналогічні дії виконуються для ПУ2, а в 18 – 21 для ПУ3.

Після проведення розподілу ракет в блоці 22 здійснюється видача результату – набутих значень змінних Y1, Y2, Y3.

Висновки

Поява високоточної зброї вимагає нових підходів до процесу планування ракетних ударів. Слід зазначити, що центральне місце при плануванні ракетного удару займає завдання цілерозподілу. Причому, рішення даного завдання повинне проходити в стислий часовий термін.

Приведені в статті алгоритми, що дають оптимальне рішення в рамках поставленого завдання цілерозподілу, дозволяють з максимальною ефективністю за мінімальний час ухвалювати рішення по нанесенню ракетного удару.

У свою чергу, алгоритми розподілу ракет по цілях для пускових установок з пакетним заряджанням підвищують обґрунтованість залучення конкретних пускових установок до виконання бойового завдання безпосередньо в батареї.

Запропоновані в статті алгоритми можуть бути реалізовані як інформаційно-розрахункові задачі автоматизованої системи управління частями (підрозділами) РВіА.

Список літератури

1. Дмитриев В. Реактивные системы залпового огня иностранных государств / В. Дмитриев // Военная мысль. – 2004. – №7. – С. 35-39.

2. Макаровец Н. Реактивные системы залпового огня XXI века / Н. Макаровец // Военный парад. – 2001. – № 1. – С. 26-27.

3. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений / О.И. Ларичев. – М.: Логос, 2002. – 392 с.

4. Иващенко М.Е. Противоракетная оборона стран участников североатлантического блока / М.Е. Иващенко. – М.: Мир, 1995. – 278 с.

5. Галкин Д. Боевое применение зенитных ракетных комплексов «Петриот» в вооруженных конфликтах. / Д. Галкин // Зарубежное военное обозрение. – 2006. – №10. – С. 35-39.

6. Матвеев С.И. Высокоточные системы РВіА: перспективы и основные направления работ по созданию разведывательно-ударных и разведывательно-огневых комплексов / С.И. Матвеев // Военная мысль. – 1005. – № 2. – С. 22-27.

7. Зайцев А.С. Определение рационального состава огневых средств ракетных войск и артиллерии в операции (бою) / А.С. Зайцев, В.И. Гребенюк // Военная мысль. – 2003. – № 3. – С. 46-53.

8. Крупнов А. Автоматизированная система управления огнем артиллерии ADLER II Сухопутных войск германки / А. Крупнов // Зарубежное военное обозрение. – 2009. – № 10. – С. 45-46.

Поступила в редколлегию 27.05.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.І. Обод, Національний технічний університет «ХПІ», Харків.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ЦЕЛЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ РАКЕТНЫХ ВОЙСК С ПУСКОВЫМИ УСТАНОВКАМИ ПАКЕТНОЙ ЗАРЯДКИ

Ю.М. Агафонов, С.М. Звиглянич, М.П. Изюмский, М.Г. Шокин

В статье приводится возможный подход к постановке задания целераспределения для подразделений ракетных войск с пусковыми установками пакетной зарядки. Как объект, для которого решается задание целераспределения, выступает батарея (подраздел, который объединяет несколько пусковых установок). Именно задание целераспределения сводится к задаче линейного программирования – транспортной задаче. Для непосредственного распределения ракет батареи в ударе приводятся разработанные алгоритмы, которые позволяют автоматизировать работу командира.

Ключевые слова: пусковая установка, транспортно-пусковой контейнер, целераспределение, ракета.

RAISING OF TASK ALLOCATION OF TARGET FOR SUBDIVISIONS OF ROCKET TROOPS WITH STARTING OPTIONS OF PACKAGE CHARGING

Yu.M. Agafonov, S.M. Zviglyanich, M.P. Izyumskiy, M.G. Shokin

In the article the possible going is presented near raising of task of developed for subdivisions of rocket troops with the starting options of the package charging. As an object which the task of subdivisions decides for comes forward battery (subsection which unites a few starting options). Exactly the task of subdivisions is taken to the task of the linear programming – transport task. For the direct distributing of rockets of battery developed algorithms over, which allow to automatize work of commander, are brought in a blow.

Keywords: starting setting, transport-starting container, subdivisions, rocket.