УДК 681.3

О. О. Морозов

ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ РЕМОНТНИХ ОРГАНІВ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ТЕРИТОРІАЛЬНО РОЗОСЕРЕДЖЕНОЇ ТЕХНІКИ

Розглянуто задачу обґрунтування складу та розміщення ремонтних органів для відновлення територіально розосередженої техніки. Вихідними даними є місця розташування зразків техніки, що потребують відновлення працездатного стану, і склад ремонтних органів. Запропоновані постановка та алгоритми розв'язування задачі визначення раціональної кількості ремонтних органів, місць їх розміщення у зоні відновлення техніки, закріплення місць щільного зосередження техніки за цими органами.

К л ю ч о в і с л о в а: ремонтні органи, територіально розосереджена техніка, відновлення техніки, зона відновлення, розміщення ремонтних органів, місце щільного зосередження техніки

Постановка проблеми. Для відновлення територіально розосередженої на визначеній території (далі – зона відновлення або ЗВ) техніки необхідно вирішувати такі задачі: формування раціонального складу ремонтних органів (РмОр); їх розміщення в зоні відновлення техніки; закріплення за цими органами техніки, що потребує ремонту. При цьому слід враховувати виробничі можливості РмОр з відновлення техніки, які можуть бути або типовими, або такими, що відрізняються. Визначений склад та розміщення РмОр у ЗВ, закріплення техніки утворюють систему ремонтних органів.

Очевидно, що така система повинна враховувати номенклатуру (типи, види) техніки, яка потребує відновлення, її розміщення у ЗВ та відповідати умові мінімального або достатнього складу ремонтних органів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз науково-методичного апарату вирішення таких або подібних задач показав: по-перше, вони формулюються переважно як задачі визначення (оптимізації) організаційно-технічної структури (ОТС) системи РмОр, по-друге, уявляються як такі, що належать до класу комбінаторних, по-третє, методи їх вирішення поділяються на точні (комбінаторні) та наближені (включаючи евристичні) [1–4].

Комбінаторні методи передбачають повний або направлений перебір усіляких варіантів ОТС системи РмОр. Методи відсікання можуть бути використані тільки в тих випадках, коли цільова функція та функції обмежень лінійні. Тоді задача може розглядатися як окремий випадок задачі цілочисельного лінійного програмування, що істотно звужує область їх практичного застосування [2, 3]. До найбільш застосовуємих методів цієї групи належать також методи, в яких використано схеми направленого перебору. При цьому передбачається, що в системі РмОр використовують однотипні ремонтні органи, а обвідна локальних екстремумів функції витрат від кількості територіально розосередженої техніки є одноекстремальною [5, 6]. Реалізація цього підходу може здійснюватися шляхом послідовної оптимізації варіантів ОТС у напрямку збільшення або зменшення кількості ремонтних органів [3].

Можливість деякого розширення області застосування комбінаторних методів з'являється при використанні підходу, заснованого на виключенні ізоморфних варіантів [7].

Серед наближених методів, що знаходять широке застосування у розв'язуванні задач великої розмірності, виділяються методи, в яких використовують випадковий пошук, методи, що використовують випадковий пошук з локальною оптимізацією і методи, схеми яких враховують специфіку задач. До найбільш ефективних методів цієї групи можуть бути віднесені методи еволюційного синтезу, реалізовані за допомогою генетичних алгоритмів [8, 9] і методи, в яких використовують схеми покоординатної оптимізації [1, 6]. При цьому методи еволюційного синтезу добре пристосовані для розв'язування багатокритеріальних задач, але поступаються методам на основі покоординатної оптимізації за комплексним показником "точність-складність" при розв'язуванні задач за показником витрат. Методи на основі покоординатної оптимізації мають відносно низьку часову складність, однак, не гарантують одержання точних рішень.

У розв'язуванні задач оптимізації ОТС систем з регулярним розподілом РмОр отримані оцінки оптимальної кількості елементів вищого рівня в них на основі аналітичної моделі Нокера і

© О. О. Морозов, 2016

попереднього оцінювання витрат для систем з радіально-вузловими структурами [10]. При цьому територіальне розміщення таких органів не визначається.

Метою статті є розроблення алгоритмів рішення задачі з формування ОТС системи РмОр для обслуговування територіально розосередженої техніки, яка представлена сукупністю місць її компактного зосередження у ЗВ з урахуванням виробничих можливостей таких органів.

Виклад основного матеріалу. Для рішення сформульованої задачі вважатимемо, що площа ЗВ техніки і місця щільного зосередження техніки (МЩЗТ), що вимагає відновлення, відомі. Кожне МЩЗТ може відрізнятися типами (видами) техніки, що вимагає відновлення (далі – типи МЩЗТ). При рішенні першої задачі вважатимемо, що необхідна кількість РмОр кожного виду повністю визначається складом МЩЗТ у ЗВ техніки. Це дозволить вирішувати дану задачу незалежно від двох наступних. Зауважимо, що задачі розміщення РмОр і закріплення за ними МЩЗТ взаємозалежні, їх необхідно вирішувати разом.

Розв'язком задачі визначення кількості РмОр повинна бути мінімальна кількість таких органів, здатних забезпечити відновлення техніки у всіх МЩЗТ. Отримана в такий спосіб кількість РмОр вважається вихідною величиною, яка при пошуку рішень може лише зростати.

Сукупність МЩЗТ у ЗВ позначимо множиною E, при цьому

$$W = \bigcup W_r,\ \bigcap W_{\text{г}} = \varnothing,\ \left|W_{\text{г}}\right| = b_r,\ r = \overline{1,R},$$

де W_r – підмножина МЩЗТ r-го типу у множині W; b_r – кількість МЩЗТ r-го типу в множині W; R – кількість типів МЩЗТ у ЗВ.

Кількість видів РмОр, які можуть бути використані для формування відповідної системи, позначимо величиною S. Для РмОр s-го виду введемо вектори закріплення МЩЗТ

$$A_s = \{a_{rs}\},\ s = \overline{1,S},$$

де a_{rs} – припустима кількість місць закріплення МЩЗТ r-го типу за РмОр s-го виду.

Здатність РмОр відновлювати техніку в місцях її щільного зосередження відповідно до векторів A_s представимо матрицею $A = \left\|a_{rs}\right\|_{R\times S}$.

Введемо змінну x_s, яка визначає кількість РмОр s-го виду, використовуваних при закріпленні МЩЗТ множини W. Тоді задачу визначення мінімальної кількості ремонтних органів, необхідних для закріплення всіх МЩЗТ множини W, можна записати у вигляді

$$\sum_{s=1}^{S} x_s \to \min; \tag{1}$$

$$\sum_{s=1}^{S} a_{rs}x_s \geq b,\ r = \overline{1,R}; \tag{2}$$

$$x_s > 0 \text{ для всіх } s = \overline{1,S}. \tag{3}$$

Задача (1–3) відноситься до класу задач цілочисельного лінійного програмування. Величини a_{rs} і b_r в обмеженнях (2) – позитивні числа, як правило цілі, для багатьох прикладних задач – булеві. Дана задача більше відома як задача покриття [11]. Тобто нашу задачу можна представити як задачу закріплення МЩЗТ множини W, заданої вектором $B = \{b_r\}$, векторами закріплення РмОр $A_s = \{a_{rs}\}$. У результаті розв'язування задачі (1–3) одержимо вектор $X^* = \{x_s^*\}$, компоненти x_s^* якого визначають мінімальну кількість РмОр s-го виду, необхідних для відновлення техніки у МЩЗТ множини W.

Розв'язування задачі щодо визначення місць розміщення ремонтних органів доцільно здійснювати у два етапи. На першому етапі множина МЩЗТ W поділяється на P підмножин W_p, $p = \overline{1,P}$:

$$\bigcup W_p = W;,\ W_p \bigcap W_q = \varnothing;\ (p,\ q) = \overline{1,P};$$

$$P = \sum_{s=1}^{S} x_s^*;\ \left|W_p\right| = \left|W\right|/P.$$

Другий етап включає процедури аналізу складу типів МЩЗТ множини W_p та вибору для неї

підходящого за виробничими можливостями РмОр і місця його розміщення. Поділ множини W на підмножини W_p може бути виконаний так, що між сукупністю МЩЗТ множин W_p і векторами закріплення ремонтних органів має місце взаємно однозначна відповідність. У цьому випадку поділ можна розглядати як припустиме рішення задачі закріплення МЩЗТ за РмОр. Оптимальному рішенню відповідатиме такий варіант закріплення, при якому сума відстаней між МЩЗТ у множинах W_p буде мінімальною. Таке закріплення визначатимемо як щільне, а підмножини W_p щільного поділу – щільними. Введена умова щільності еквівалентна умові, за якою сума відстаней між МЩЗТ у кожній множині W_p замінена на суму відстаней від центра ЗВ до його МЩЗТ. Отримане щільне закріплення дає рішення обох задач. У центрах компактних множин W_p розміщуються відповідні РмОр, за якими закріплюються МЩЗТ множин W_p. Аналіз наукових джерел свідчить, що алгоритмів одержання компактного поділу немає [1, 5]. Тому виникає необхідність розроблення наближеного алгоритму рішення даної задачі.

Для поділу множини W на підмножини W_p можна використати два варіанти алгоритму. Вони обидва є евристичними алгоритмами послідовного типу. У першому варіанті поділ множини W на підмножини W_p здійснюється з урахуванням типів МЩЗТ. Формування чергової множини W_p відбувається з урахуванням вектора закріплення вибраного виду ремонтного органа. У результаті роботи алгоритму за кожною множиною W_p закріплюється РмОр певного виду, тобто операції формування множин W_p і вибору виду ремонтного органа поєднуються.

За другим варіантом алгоритм попередньо поділяє множину W на підмножини W_p без урахування типів МЩЗТ, а потім для множин W_p підбираються підходящі за виробничими можливостями РмОр.

Формування першої множини W_{p1} за першим варіантом алгоритму починається з вибору МЩЗТ $w_{p1}^r \in W$ максимально віддаленого від місць щільного зосередження техніки множини $W \setminus w_{p1}^r$, тобто з максимальною сумою відстаней від w_{p1}^r до МЩЗТ $w_t \in W \setminus w_{p1}^r$, $\max\limits_{w_{p1}^r \in W} \sum\limits_{w_t \in W \setminus w_{p1}^r} \mathrm{d}\left(w_t,\, w_{p1}^r\right)$, де $\mathrm{d}\left(w_t,\, w_{p1}^r\right)$ – відстань від МЩЗТ $w_t \in W \setminus w_{p1}^r$ до МЩЗТ W_{p1}^r у зоні відновлення техніки.

Місце розміщення МЩЗТ w_{p1}^r назвемо координатою точкою (КТ) і позначимо p_1. Координатна точка p_1 приймається як тимчасове місце розміщення ремонтних органів одного з видів S, для яких $x_s^* \neq 0$, а вектор закріплення A_s має компоненту $a_{rs} \neq 0$. Умова $a_{rs} \neq 0$ забезпечує можливість закріплення МЩЗТ w_{p1}^r r-го типу за вибраним РмОр s-го виду.

Вибір виду РмОр здійснюється на основі формування множини W_{p1}^s і її оцінки. До множини W_{p1}^s включаються прилеглі до КТ місця щільного зосередження техніки множини $W \setminus w_{p1}^r$, які разом із МЩЗТ w_{p1}^r можуть бути закріплені за РмОр відповідно до його вектора закріплення A_s. Кількість МЩЗТ у множині W_{p1}^s або її потужність буде визначатися як $\left|W_{p1}^s\right| = \sum\limits_{r=1}^{R} a_{rs}$. Якість множини W_{p1}^s оцінюється сумою відстаней $\mathrm{d}(q, p_1)$ від МЩЗТ $q \in W_{p1}^s$ до КТ p_1 і дорівнює величині $L_s = \sum\limits_{q \in W_{p1}^s} \mathrm{d}(q,\, \mathrm{p}_1)$. Ремонтний орган S-го виду з множиною W_{p1}^s, для якого відношення $L_s \Big/ \left|W_{p1}^s\right|$ є мінімальним, приймається як тимчасово розміщений у КТ p_1. Величина x_s^* зменшується на 1, і із множини W виключається підмножина W_{p1}^s.

За аналогією із множиною W_{p1}^s на множині $W \setminus W_{p1}^s$ формується множина W_{p2}^s і у КТ p_2 тимчасово розміщується другий РмОр. Процес поділу множини W на підмножини W_p триває доти, поки для всіх ремонтних органів $\left\{x_s^*\right\}$ не будуть визначені координатні точки і сформовані множини W_p.

За другим варіантом алгоритму множини W_p формуються без урахування типів МЩЗТ. Потужність множин W_p приймається однаковою і визначається величиною $|W|/P$. Формування множини W_{p1} за аналогією з першим варіантом алгоритму починається з місця розташування КТ p_1. Потім за КТ p_1 закріплюються найближчі МЩЗТ так, щоб їх кількість не перевищувала потужність множини W_p. На наступному кроці на множині $W \setminus W_{p1}$ формується множина W_{p2}, і цей процес триває до повного поділу множини W. Можна припустити, що сформовані в такий спосіб множини W_p, порівняно із множинами W_p, отриманими за першим варіантом алгоритму, будуть більш щільними. Разом з тим множини W_p, сформовані за даним алгоритмом, за складом і типами МЩЗТ можуть істотно відрізнятися від складу МЩЗТ векторів закріплення РмОр. Тому виникає необхідність у розподілі РмОр за множинами W_p так, щоб склади МЩЗТ були максимально погоджені.

Для цього для кожної множини W_p формується вектор $A_p = \left\{a_{rp}\right\}$, компоненти a_{rp} якого дорівнюють кількості МЩЗТ r-го типу у множині W_p. Ремонтні органи, що ввійшли у рішення $X^* = \left\{x_s^*\right\}$, пронумеруємо порядковими номерами $v = \overline{1,V}$, $V = \sum_{s=1}^{S} x_s^*$. Кожному v-му РмОр s-го виду поставимо у відповідність вектор закріплення $A_v = A_s$. Вектори A_v і A_p віднормуємо відносно максимальних елементів. Отримані вектори $A'_v = \{a'_{rv}\}$ і $A'_p = \left\{a'_{rp}\right\}$, де $a'_{rv} = a_{rv} \Big/ \max\limits_r a_{rv}$, $a'_{rp} = a_{rp} \Big/ \max\limits_r a_{rp}$, можна зіставляти на відповідність місць закріплення МЩЗТ різного типу із РмОр і складом МЩЗТ у множинах W_p. Відповідність векторів A'_v і A'_p можна оцінювати величиною

$$d_{vp} = \sum_{r=1}^{R} \left| a'_{rv} - a'_{rp} \right|, \tag{4}$$

яка підсумовує модулі різниць відповідних компонентів векторів, що зіставляються. Величини d_{vp} оформимо у вигляді матриці $D = \left\| d_{vp} \right\|$, $V = P$ – матриці відхилень векторів. Рядки матриці відповідають РмОр v, а стовпці – множинам W_p. Елементи d_{vp} вказують на ступінь переваги закріплення v-го РмОр у МЩЗТ множини W_p. Чим менше значення елемента d_{vp}, тим вище пріоритет.

Для встановлення найкращої відповідності між ремонтними органами, представленими векторами A_v, $v = \overline{1,V}$, і множинами W_p, представленими векторами A_p, вирішимо задачу закріплення РмОр за множинами так, щоб мінімізувати суму відхилень векторів

$$\sum_{v=1}^{V} \sum_{p=1}^{P} d_{vp} x_{vp} \to \min; \tag{5}$$

$$\sum_{p=1}^{P} x_{vp} = 1, \quad v = \overline{1,V}; \tag{6}$$

$$\sum_{v=1}^{V} x_{vp} = 1, \quad p = \overline{1,P}. \tag{7}$$

Тут $x_{vp} = 1$, якщо v-й ремонтний орган закріплюється за множиною W_p, і $x_{vp} = 0$, в іншому випадку. Задача (5–7) є класичною задачею про призначення, для її розв'язування існують ефективні алгоритми [12].

Зіставляючи між собою обидва варіанти алгоритму поділу множини W на підмножини W_p, важко віддати перевагу якомусь з них. Із зростанням регулярності розміщення у ЗВ місць щільного зосередження техніки множин W_r переважним виявляється другий варіант. Навпаки, якщо МЩЗТ множин W_r розміщені нерегулярно, то перевагу має перший варіант.

Місце розміщення РмОр у множині W_p визначається або в МЩЗТ зони відновлення, координати якого обчислюються як координати центра мас МЩЗТ множини W_p, або в місці щільного зосередження техніки множини W_p, що відповідає мінімальній сумі відстаней від цього МЩЗТ до всіх інших МЩЗТ множини W_p.

Множини W_p не можуть розглядатися як варіанти закріплення МЩЗТ за відповідними РмОр. Причин тут декілька. Якщо множини W_p сформовані за другим варіантом алгоритму, то невідповідність векторів A_v і A_p, яка визначається за виразом (4), може бути значною. При переміщенні ремонтних органів з координатних точок множин W_p у їх центри також з'являється можливість оптимізації закріплення МЩЗТ за РмОр. Слід зауважити, що обидва варіанти алгоритму є наближеними і не гарантують одержання найкращого поділу множини W на підмножини W_p. Тому вирішення задачі закріплення МЩЗТ за ремонтними органами дозволяє зменшити недоліки попереднього етапу визначення місць розміщення РмОр.

Множина МЩЗТ W, які необхідно закріпити за РмОр, складається з підмножин W_r, що містять МЩЗТ r-го типу. За кожним v-м РмОр потрібно закріпити МЩЗТ певних типів і у припустимій кількості відповідно до його вектора закріплення A_v так, щоб сума відстаней від ремонтних органів до закріплених за ними місць щільного зосередження техніки була мінімальною.

Можна помітити, що при вирішенні даної задачі точки r-го типу не можуть претендувати на місця закріплення МЩЗТ будь-якого іншого типу. Із цього випливає, що задачу закріплення МЩЗТ за РмОр можна вирішувати окремо для МЩЗТ кожної підмножини W_r. Загальне рішення для множини W, отримане в результаті об'єднання оптимальних рішень задач для підмножин W_r, є оптимальним. Даний висновок має суттєве значення, тому що дає можливість істотно спростити задачу та скоротити її розмірність.

Припустимо, що для кожного v-го РмОр, розміщеного у зоні відновлення техніки в МЩЗТ w_v, відомі координати x_v, y_v його місця розташування. Відомі також координати x_i, y_i МЩЗТ $w_i \in W_r$, $i = \overline{1, n_r}$, де n_r – кількість МЩЗТ у підмножині W_r. Відстань між МЩЗТ w_v і w_i позначимо величиною c_{vi} та сформуємо матрицю відстаней $C = \|c_{vi}\|_{V \times n_r}$, де $c_{vi} = \left[\left(x_v - x_i\right)^2 + \left(y_v - y_i\right)^2 \right]^{1/2}$.

Введемо змінну x_{vi}, яка дорівнює 1, якщо МЩЗТ закріплюється за РмОр, розміщеним у МЩЗТ, або 0 в іншому випадку.

У прийнятих позначеннях задачу закріплення МЩЗТ множини W_r можна представити у такому вигляді:

$$\sum_{v=1}^{V} \sum_{i=1}^{n_r} c_{vi} x_{vi} \to \min; \tag{8}$$

$$\sum_{i=1}^{n_r} x_{vi} = a_{rv}, \ \ v = \overline{1, V}; \tag{9}$$

$$\sum_{v=1}^{V} x_{vi} = 1, \ \ i = \overline{1, n_r}. \tag{10}$$

Тут a_{rv} – r-та компонента вектора закріплення v-го РмОр. Передбачається також, що виконується умова $\sum_{v=1}^{V} a_{rv} = n_r$. Виконання умови (9) забезпечує закріплення МЩЗТ за ремонтними органами

згідно з їх векторами закріплення. Умова (10) вимагає закріплення кожного МЩЗТ за одним із вибраних РмОр. Задача (8–10) відноситься до класу транспортних задач лінійного програмування (ТЗЛП) і може бути розв'язана за одним з відомих ефективних алгоритмів [13].

Закріплення МЩЗТ за РмОр, отримане після вирішення ТЗЛП, не можна визнати оптимальним, тому що безпосередньо пов'язана з нею задача визначення місць розміщення ремонтних органів у зоні відновлення техніки була вирішена за допомогою наближеного алгоритму. При цьому слід зауважити, що оптимальні місця розміщення РмОр відповідають центрам щільних множин. Ураховуючи, що множини W_p не є щільними, розміщення РмОр у їх центрах не є оптимальним. Разом з тим рішення ТЗЛП щодо ремонтних органів, розміщених у центрах множин W_p, може привести до двох результатів. У першому закріплення МЩЗТ за РмОр відповідає вихідному поділу множини W на підмножини W_p. Тобто за кожним РмОр, розміщеним у центрі множини W_p, закріплюються МЩЗТ тієї ж множини.

Другий результат відповідає ситуації, коли закріплення МЩЗТ за РмОр не збігається із поділом множини W на підмножини W_p. Нові підмножини, позначимо їх як W_p', очевидно відповідають більш щільному закріпленню, тому що значення цільової функції (8) у ТЗЛП для множин W_p' буде менше, ніж значення, обчислене для множин W_p. Із цього випливає, що процедуру перенесення ремонтних органів у множинах W_p' і рішення ТЗЛП можна повторити, сподіваючись одержати більш щільне закріплення з підмножинами W_p''. Таку процедуру доцільно повторювати доти, поки підмножини чергового закріплення не збігатимуться з підмножинами попереднього закріплення. Це буде означати, що отримано локальне щільне закріплення, якість якого залежить від вихідного закріплення ремонтних органів.

Висновки

Основні процедури щодо формування ОТС системи РмОр вдалося сформулювати як задачу лінійного математичного програмування. Всі запропоновані задачі: закріплення при визначенні кількості РмОр, призначення при визначенні місць їх розміщення, транспортну – при закріпленні МЩЗТ за ремонтними органами, мають ефективні алгоритми рішення. Така обставина стає важливою у використанні ітераційної процедури переходу від вихідного поділу МЩЗТ до локального щільного поділу, а також при використанні зворотної процедури для генерації і пошуку нового вихідного варіанта поділу, здатного привести до іншого щільного поділу із кращою оцінкою.

Список використаних джерел

1. Петров, Э. Г. Территориально распределенные системы обслуживания [Текст] / Э. Г. Петров, В. П. Писклакова, В. В. Бескоровайный. – К. : Техника, 1992. – 208 с.

2. Алгоритм оптимізації розміщення пожежних депо при проектуванні нових районів міст (реконструкції існуючих) [Текст] / В. М. Комяк, А. Г. Косе, О. К. Пандорін, О. В. Панкратов // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К. : КНУБА, 2000. – Вип. 68. – С. 62–64.

3. Годлевский, М. Д. Принципы структурно-параметрического синтеза модели транспортно-складской системы транснациональной логистической компании [Текст] / М. Д. Годлевский, В. В. Дыбская // Вестник НТУ "ХПИ" : сб. науч. тр. – Х. : НТУ "ХПИ", 2009. – № 10. – С. 23–30. – (Серия "Системный анализ, управление и информационные технологии").

4. Годлевский, М. Д. Модель статической задачи структурного синтеза корпоративной информационно-вычислительной системы [Текст] / М. Д. Годлевский, В. Ю. Воловщиков // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2006. – № 2/2 (20). – С. 110–113.

5. Петров, Э. Г. Алгоритм структурно-топологической оптимизации централизованных сетевых систем [Текст] / Э. Г. Петров, А. Б. Болотов, В. В. Бескоровайный // Механизация и автоматизация управления. – 1986. – № 1. – С. 28–31.

6. Бескоровайный, В. В. Модификация метода направленного перебора для синтеза топологии систем с радиально-узловыми структурами [Текст] / В. В. Бескоровайный // АСУ и приборы автоматики. – 2003. – Вып. 123. – С. 110–116.

7. Свирщева, Э. А. Структурный синтез неизоморфных систем с однородными компонентами [Текст] / Э. А. Свирщева. – Х. : ХТУРЭ, 1998. – 256 с.

8. Бескоровайный, В. В. Генетический алгоритм структурной оптимизации централизованных многоуровневых ИВС [Текст] / В. В. Бескоровайный, З. А. Имангулова // Новые решения в современных технологиях. – Х. : ХГПУ, 2000. – Вып. 83. – С. 4–7.

9. Годлевский, М. Д. СППР управления развитием корпоративной информационно-вычислительной системы при нечеткой исходной информации [Текст] / М. Д. Годлевский, В. Ю. Воловщиков // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2006. – № 2/2 (20). – С. 3–6.

10. Бескоровайный, В. В. Оценка оптимального количества подсистем при проектировании систем с регулярно распределенными элементами [Текст] / В. В. Бескоровайный // АСУ и приборы автоматики. – 2003. – Вып. 122. – С. 141–144.

11. Погребной, В. К. Покрытие схем вычислительных устройств блоками унифицированного набора [Текст] / В. К. Погребной // Известия Томского политехнического института. – 1970. – Т. 211. – С. 81–87.

12. Кристофидес, Н. Теория графов. Алгоритмический подход [Текст] / Н. Кристофидес. – М. : Мир, 1978. – 432 с.

13. Дегтярев, Ю. И. Методы оптимизации [Текст] / Ю. И. Дегтярев. – М. : Советское радио, 1980. – 272 с.

Стаття надійшла до редакції 14.11.2016 р.

УДК 681.3

А. А. Морозов

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕМОНТНЫХ ОРГАНОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНО РАССРЕДОТОЧЕННОЙ ТЕХНИКИ

Рассмотрена задача обоснования состава и размещения ремонтных органов для восстановления территориально рассредоточенной техники. Исходными данными являются местоположение образцов техники, требующих восстановления работоспособного состояния, и состав ремонтных органов. Предложены постановка и алгоритмы решения задачи определения рационального количества ремонтных органов, мест их размещения в зоне восстановления техники, закрепление мест компактного сосредоточения техники за этими органами.

К л ю ч е в ы е с л о в а: ремонтные органы, территориально рассредоточенная техника, восстановление техники, зона восстановления, размещение ремонтных органов, место компактного сосредоточения техники.

UDC 681.3

O. O. Morozov

FORMATION OF SYSTEM OF MAINTENANCE AUTHORITIES FOR THE RESTORATION OF GEOGRAPHICALLY DISTRIBUTED EQUIPMENT

The problem of substantiation of composition and arrangement of repair bodies for the restoration of geographically distributed technique. Input data are the location of the technique requiring a restoration of an efficient condition, and part of the repair and organs. The proposed formulation of the algorithms for solving the problem of determining the rational number of repair agencies, their location in the area of recovery technique, securing areas with a high concentration of technique for these bodies.

K e y w o r d s: repair organs, geographically dispersed technique, recovery technique, recovery zone, the location of the repair authorities, the place of compact concentration technique.

Морозов Олександр Олександрович – доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник науково-дослідного центру службово-бойової діяльності НГУ Національної академії Національної гвардії України**.**