

Л. А. Тарандушка, *к.т.н., доцент*
Черкаський державний технологічний університет,
б-р Шевченка, 460, Черкаси, Україна
Tarandushkalyuda@rambler.ru

І. П. Тарандушка, *аспірант*
Черкаський національний університет імені Б. Хмельницького,
б-р Шевченка, 81, Черкаси, Україна
Tarandushka@ukr.net

АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ РОБОТИ СТАНЦІЙ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Розроблена аналітична модель спрямована на вирішення багатокритеріальної задачі оптимізації роботи станцій технічного обслуговування та на задоволення потреб споживачів у якісно виконаних послугах, враховуючи місце розташування і можливості обслуговування станції. Тобто, для якісного обслуговування та виконання пропонованих послуг станції технічного обслуговування повинні мати форму організації, яка якнайкраще відповідає місцю її розташування, найчастіше виконуваним послугам, її технологічним можливостям. Також при цьому станція технічного обслуговування повинна отримувати прибуток. Пропонована модель може бути використана при проектуванні організаційно-технологічної структури майбутньої станції технічного обслуговування.

Ключові слова: математична модель, якість виконаних робіт, оптимізація роботи СТО.

Вступ. В умовах ринкових трансформацій національної системи господарювання гостро постають питання підвищення ефективності виробництва автосервісних підприємств, зокрема щодо надання якісних послуг з ремонту і технічного обслуговування автомобілів, застосування передових методів організації і управління виробництвом, що вимагає науково обґрунтованих підходів до їх вирішення. При математичному моделюванні процесів, для яких характерна багатокритеріальність, класичні методи точного кількісного аналізу завдань виявляються недостатніми через слабку структурованість і невизначеність їх параметрів. Вирішенням задач в умовах багатокритеріальності та невизначеності даних займались Алтунін А. Е., Семухін М. В., Сааті Т, Риков А. С., Кернс К. Вони пропонують концепцію дворівневого підходу в моделюванні таких процесів, яка полягає в наступному [1, 2]:

1) розробка загальної схеми дворівневого моделювання і вибір чисельних методів її реалізації;

2) розробка моделі нижнього рівня, тобто моделювання початкових даних і параметрів завдання на базі апарату інтервальної ма-

тематики, теорії ймовірності та математичної статистики, а також фрактального аналізу [3, 4]. Таким чином, на нижньому рівні здійснюється моделювання початкових даних для моделі верхнього рівня;

3) розробка моделі верхнього рівня, тобто формулювання і дослідження векторної задачі з нечіткими або інтервально заданими параметрами, які були отримані на нижньому рівні моделювання [5, 6]. Математична модель верхнього рівня – це модель теорії оптимізації, на базі якої будується і обґрунтовується найбільш доцільне рішення поставленої задачі.

Одним із таких підходів є розробка верхнього рівня моделі для вирішення задачі оптимізації процесу роботи на станції технічного обслуговування за допомогою теорії дискретної оптимізації завдання «про призначення».

Метою роботи є розробка аналітичної моделі оптимізації організаційно-технологічного процесу роботи на станції технічного обслуговування (СТО), яка є другим рівнем дворівневої моделі, на базі якої будується і обґрунтовується найбільш доцільне рішення поставленої задачі.

Виклад основного матеріалу. В роботі [7] були визначені відносні оцінки важливості множини запропонованих критеріїв: K_1 – економічність процесу виконання робіт; K_2 – прибутковість проведених робіт; K_3 – термін виконання робіт; K_4 – трудомісткість робіт; C_1 – методи виконання робіт; C_2 – кваліфікація персоналу; C_3 – швидкість виконання робіт; C_4 – обладнання для виконання робіт. Визначена матриця порівнянь критеріїв рівня якості виконання роботи на автопідприємствах з різними формами організації за допомогою методів: «інтегральний (F_1)» – оцінює якість продукції як відношення корисного ефекту від її використання до сукупних витрат на її створення і використання. Інтегральний показник – це кількість корисного ефекту, що припадає на одиницю витрат; «диференціальний (F_2)» – використовує сукупність одиничних і базових показників якості. Диференціальний метод передбачає, що всі властивості, що враховуються, однаково важливі. Таким чином при закінченні моделювання на нижньому рівні були також розраховані показники рівня якості виконаних робіт на підприємствах з відповідною формою організації Q_j , показники споживчої якості S_j , можливі комбінації виконуваних послуг з використанням певного виду технічного контролю L_j , $j = 1 \dots 16$, що використовуються як вхідні дані для верхнього рівня моделювання.

На верхньому рівні моделювання розглядається аналітична модель оптимізації процесу роботи на СТО. Об'єкти моделювання представлені у вигляді трьох множин:

$B = \{b\}$ – множина форм організації виробництва з технічного обслуговування і ремонту B_j , $j = 1 \dots 4$: b_1 – операційно-постова; b_2 – агрегатно-зональна; b_3 – комплексна форма; b_4 – агрегатно-дільнична. Причому форми організації b_1 , b_2 бажано використовувати для послуг h_1 та h_2 , а b_3 , b_4 – для послуг h_3 та h_4 ;

$H = \{h\}$ – множина виконуваних послуг, на СТО, де h_1 – діагностика стану автомобілів, h_2 – технічне обслуговування автомобілів, h_3 – поточний ремонт автомобілів, h_4 – переобладнання автомобілів;

$U = \{u\}$ – множина можливих регіонів, де може розташовуватися станція технічного обслуговування, де u_1 – столиця; u_2 – район-

ний центр, u_3 – обласний центр; u_4 – туристичний центр.

Сформулюємо таке завдання: визначити форму організації виробництва станції технічного обслуговування $b \in B$ для якісного виконання можливих послуг $h \in H$, враховуючи регіон розташування автотранспортного підприємства $u \in U$. Тобто для максимально якісного виконання послуг станція технічного обслуговування повинна мати таку форму організації, яка максимально відповідає для проведення найчастіше виконуваних послуг з урахуванням регіону розташування. З погляду математичного моделювання це завдання є узагальненням відомої теорії дискретної оптимізації завдання «про призначення» [5].

Математичне відображення цього завдання базується на 3-дольному 3-однорідному гіперграфі $G = (V_1, V_2, V_3, E)$, який визначається таким чином. Вершини першої долі $v \in V_1$ поставлені у взаємно однозначну відповідність вказаній вище множині форм організації виробництва B . Кожна вершина другої долі $v \in V_2$ однозначно відповідає деякому елементу з множини H – найчастіше виконуваних послуг на станції технічного обслуговування. Вершини третьої долі $v \in V_3$ відображають можливі регіони розташування автосервісного підприємства. Для побудови множини ребер $E = \{e\}$ розглянемо можливі трійки вершин (v_1, v_2, v_3) такі, що $v_1 \in V_1$, $v_2 \in V_2$, $v_3 \in V_3$. Всяку трійку називаємо допустимою, якщо форма організації підприємства v_1 може проводити виконання робіт v_2 , враховуючи місце розташування v_3 . Множина всіх ребер $E = \{e\}$ визначається як множина всіх допустимих трійок $e = (v_1, v_2, v_3)$, $v_i \in V_i$, $i = 1 \dots 3$. Кожному ребру $e \in E$ гіперграфа $G = (V_1, V_2, V_3, E)$, приписані дві ваги $w_v(e)$, $v = 1, 2$, які означають наступне: $w_1(e) = f_1(v_1, v_2, v_3)$ – показник споживчої якості S_j , $w_2(e) = f_2(v_1, v_2, v_3)$ – показник рівня якості виконання робіт на підприємстві з відповідною формою організації R_{jk} . Показники S_j , R_{jk} визначені на нижньому рівні моделювання і представлені в [7].

Допустимим розв'язком цієї задачі є досконале поєднання $x = (V, E_x)$, $E_x \subseteq E$ на гіперграфі $G = (V_1, V_2, V_3, E)$. Визначене поєднання являє собою одну із стратегій призначення форми організації для виконання

певних робіт з урахуванням регіону розташування СТО. Через $X = X(G) = \{x\}$ позначимо множину всіх допустимих рішень (МДР) задачі при досконалих поєднаннях на гіперграфі G . Змістовно МДР представляє для АТП множину всіляких стратегій вибору форм організації.

Якість допустимих рішень задачі $x \in X$, що оцінюється за допомогою векторної цільової функції (ВЦФ) $F(x) = (F_1(x), F_2(x))$, що складається з критеріїв виду *MAXSUM* і *MAXMIN*: $F_1(x) = \sum_{e \in E_x} w_1(e) \rightarrow \max$,

$$F_2(x) = \min_{e \in E_x} w_2(e) \rightarrow \max.$$

Критерій $F_1(x)$ означає сумарний показник споживчої якості цієї стратегії, критерій $F_2(x)$ – найнижчий показник якості реалізації процесу виконання робіт у вибраній стратегії. ВЦФ $F(x)$ визначається в МДР як X паретовська множина (ПМ) \tilde{X} , що складається

з паретовських оптимумів (ПО) \tilde{x} [8]. У випадку, якщо однакові за значенням ВЦФ розв'язки $x', x'' \in X$ вважаються еквівалентними, то з ПМ \tilde{X} виділяється повна множина альтернатив (ПМА) X^0 . ПМА X^0 являє собою максимальну систему векторно-непорівнюваних ПО, що складається з \tilde{X} , $X^0 \subseteq \tilde{X}$. Найбільш доцільне рішення вибирається з ПМА за допомогою процедур теорії вибору та прийняття рішень [9].

Для представленого завдання множина ребер $E = \{e\}$ гіперграфа $G = (V_1, V_2, V_3, E)$ і ваги ребер $w_v(e)$, $v = 1, 2$ з урахуванням розрахунків показників споживчої якості S_j , комбінацій L_j та показників якості R_{jk} для виконання робіт H_j на виробництві з формою організації B_k задані в табл. 1.

Таблиця 1

Ребра гіперграфа та їх розрахована вага

Ребро	Вершини	w_1	w_2
e_1	1,5,9	0,117	0,115
e_2	1,5,11	0,064	0,115
e_3	1,5,12	0,350	0,115
e_4	1,6,9	0,116	0,118
e_5	1,6,11	0,063	0,118
e_6	2,5,9	0,117	0,092
e_7	2,5,11	0,064	0,092
e_8	2,5,12	0,350	0,092
e_9	2,6,9	0,116	0,075
e_{10}	2,6,11	0,063	0,075
e_{11}	3,7,9	0,134	0,048
e_{12}	3,7,10	0,039	0,048
e_{13}	3,7,11	0,075	0,048
e_{14}	3,7,12	0,047	0,048
e_{15}	3,8,9	0,093	0,029
e_{16}	3,8,11	0,062	0,029
e_{17}	4,7,9	0,134	0,020
e_{18}	4,7,10	0,039	0,020
e_{19}	4,7,11	0,075	0,020
e_{20}	4,7,12	0,047	0,020
e_{21}	4,8,9	0,093	0,012
e_{22}	4,8,11	0,062	0,012

Знаходимо МДР $X = \{x\}$ – досконалі поєднання в гіперграфі $G = (V_1, V_2, V_3, E)$. МДР

$X = \{x\}$ і значення критеріїв $F_1(x)$ і $F_2(x)$ для кожного розв'язку заносимо в табл. 2.

Таблиця 2

Допустимі рішення та розраховані значення показників якості цих рішень

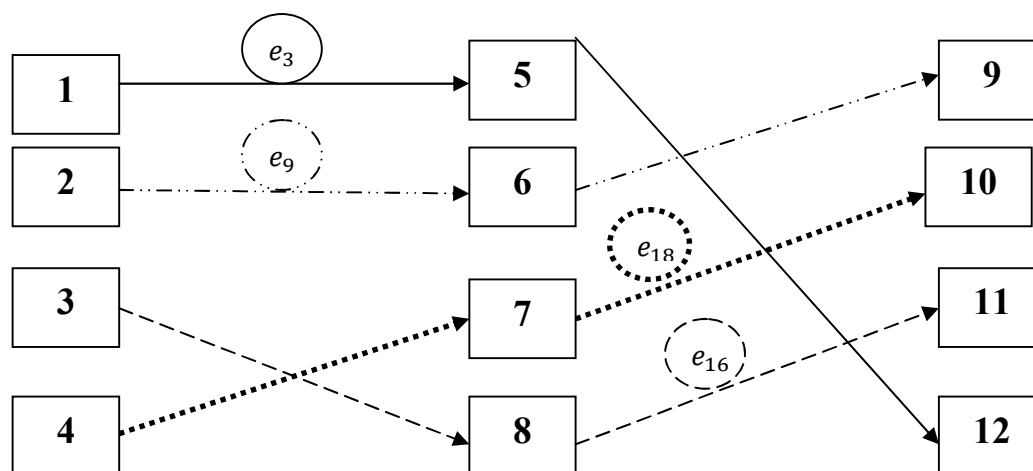
Рішення x	Множина ребер	Показник якості $F_1(x)$	Показник якості $F_2(x)$
x_1	$\{e_1, e_9, e_{12}, e_{22}\}$	0,334	0,012
x_2	$\{e_3, e_{10}, e_{12}, e_{21}\}$	0,545	0,012
x_3	$\{e_3, e_9, e_{16}, e_{18}\}$	0,567	0,020
x_4	$\{e_3, e_{10}, e_{15}, e_{18}\}$	0,545	0,020
x_5	$\{e_4, e_8, e_{12}, e_{22}\}$	0,567	0,012
x_6	$\{e_5, e_8, e_{12}, e_{21}\}$	0,545	0,012
x_7	$\{e_4, e_8, e_{16}, e_{18}\}$	0,567	0,020
x_8	$\{e_5, e_8, e_{15}, e_{18}\}$	0,545	0,020

Використовуючи табл. 2, знаходимо рішення представлені задачі.

Розв'язком задачі є ПМ і ПМА

$$\tilde{X} = X^0 = \{x_3, x_7\}.$$

На рис. 1 зображено один із альтернативних розв'язків x_3 .

Рис. 1. Альтернативний розв'язок x_3 ,

де: 1 – операційно-постова форма організації виробництва, 2 – агрегатно-зональна форма організації виробництва, 3 – комплексна форма організації виробництва, 4 – агрегатно-дільнична форма організації виробництва, 5 – найчастіше виконувана послуга – діагностика стану автомобілів, 6 – найчастіше виконувана послуга – технічне обслуговування автомобілів, 7 – найчастіше виконувана послуга – поточний ремонт автомобілів, 8 – найчастіше виконувана послуга – переобладнання автомобілів, 9 – розташування СТО в столиці, 10 – розташування СТО в районному центрі, 11 – розташування СТО в обласному центрі, 12 – розташування СТО в туристичному центрі

Цей розв'язок відображає таку стратегію: СТО з операційно-постовою формою організації якісно проводить роботи по діагностиці стану автомобілів, якщо СТО розташована в туристичному центрі; СТО з агрегатно-зональною формою організації якісно проводить роботи по технічному обслуговуванню автомобілів, якщо СТО розташована в столиці; СТО з комплексною формою організації якісно проводить роботи по переобладнанню автомобілів, якщо СТО розташована в облас-

ному центрі; СТО з агрегатно-дільничною формою організації якісно проводить роботи по поточному ремонту автомобілів, якщо СТО розташована в районному центрі. Інший альтернативний розв'язок x_7 відповідає такій стратегії: СТО з операційно-постовою формою організації якісно проводить роботи по технічному обслуговуванню автомобілів, якщо СТО розташована в столиці; СТО з агрегатно-зональною формою організації якісно проводить роботи по діагностиці автомобілів,

якщо СТО розташована в туристичному центрі; СТО з комплексною формою організації якісно проводить роботи по переобладнанню автомобілів, якщо СТО розташована в обласному центрі; а СТО з агрегатно-

дільничною формою організації якісно проводить роботи по поточному ремонту автомобілів, якщо СТО розташована в районному центрі. Розв'язок x_7 зображено на рис. 2.

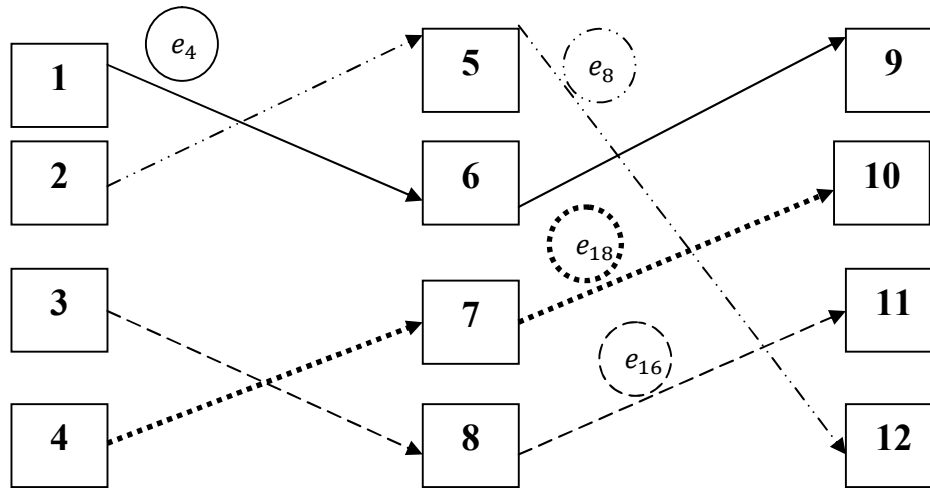


Рис. 2. Альтернативний розв'язок x_7 ,

де: 1 – операційно-постова форма організації виробництва, 2 – агрегатно-зональна форма організації виробництва, 3 – комплексна форма організації виробництва, 4 – агрегатно-дільнична форма організації виробництва, 5 – найчастіше виконувана послуга – діагностика стану автомобілів, 6 – найчастіше виконувана послуга – технічне обслуговування автомобілів, 7 – найчастіше виконувана послуга – поточний ремонт автомобілів, 8 – найчастіше виконувана послуга – переобладнання автомобілів, 9 – розташування СТО в столиці, 10 – розташування СТО в районному центрі, 11 – розташування СТО в обласному центрі, 12 – розташування СТО в туристичному центрі

Висновок. Запропонована аналітична модель оптимізації процесу роботи СТО дозволяє визначати найбільш пріоритетні форми організації СТО, враховуючи найчастіше виконувані роботи та регіон її розташування, економічність процесу виконання робіт, прибутковість, термін виконання, трудомісткість, методи виконання робіт, кваліфікацію персоналу, обладнання. Ця модель базується на оцінках рівнів відносної важливості кожного критерію та вибору з повної множини альтернатив найбільш доцільного рішення.

Використання цієї моделі при проектуванні СТО дозволяє збільшити прибуток майбутньої СТО приблизно на 30 %.

Список літератури

1. Алтунин А. Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях / А. Алтунин, М. Семухин. – Тюмень : Изд-во ТГУ, 2000. – 352 с.
2. Рыков А. С. Системный анализ: модели и методы принятия решений и поисковой оптимизации / А. С. Рыков. – М. : Издат. дом МИСиС, 2009. – 608 с.
3. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем / Т. Саати., К. Кернс. – М. : Радио и связь, 1991. – 156 с.
4. Gallo G. Directed hypergraphs and applications / G. Gallo, G. Longo, S. Pallottino // Discrete Applied Mathematics. – 1993. – № 2. – P. 177–201.
5. Gibson D. Clustering categorical data : an approach based on dynamical systems / D. Gibson, J. Kleinberg, P. Raghavan // VLDB Journal. – 2000. – № 8. – P. 222–236.
6. Савельева В. С. Организационная поведінка: навч. посіб. для вищої школи / В. С. Савельева. – К. : Центр учбової літератури, 2012. – 240 с.
7. Тарандушка Л. А. Математична модель вибору форми організації виробництва для якісного виконання послуг на станції тех-

- нічного обслуговування / Л. А. Тарандушка, І. П. Тарандушка // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2015. – № 2. – С. 64–70.
8. Емеличев В. А. Сложность дискретных многокритериальных задач / В. А. Емеличев, В. А. Перепелица // Дискретная математика. – 1994. – № 1. – С. 3–8.
 9. Василенко В. А. Теорія і практика розробки управлінських рішень : навч. посіб. / В. А. Василенко. – К. : ЦУЛ, 2003. – 420 с.
 4. Gallo, G., Longo, G. and Pallottino, S. (1993) Directed hypergraphs and applications. *Discrete Applied Mathematics*, (2), pp. 177–201.
 5. Gibson, D., Kleinberg, J. and Raghavan, P. (2000) Clustering categorical data: an approach based on dynamical systems. *VLDB Journal*, (8), pp. 222–236.
 6. Savelyeva, V. S. (2012) Organizational behaviour. Kyiv: Centr uchbovoyi literatury, 240 p. [in Ukrainian].
 7. Tarandushka, L. A. and Tarandushka, I. P. (2015) Mathematical model for choosing the form of organization's production for qualitative implementation of services at technical service station. *Visnyk Cherkaskogo derzhavnogo tehnologichnogo universytetu*, (2), pp. 64-70 [in Ukrainian].
 8. Emelichev, V. A. and Perepelitsa, V. A. (1994) Complexity of discrete multicriteria problems. *Discretnaya matematika*, (1), pp. 3–8 [in Russian].
 9. Vasylenko, V. A. (2003) Theory and practice of the development of management decisions. Kyiv: TsUL, 420 p. [in Ukrainian].

References

1. Altunin, A. E. and Semukhin, M. V. (2000) Models and algorithms for decision-making in fuzzy conditions. Tyumen: Izd-vo TGU, 352 p. [in Russian].
2. Rykov, A. S. (2009) System analysis: models and methods of decision-making and search optimization. Moscow: Izdat. dom MISiS, 2009. – 608 p. [in Russian].
3. Saaty, T. and Kerns, K. (1991) Analytical planning. Organization of systems– Moscow: Radio i svyaz', 156 p. [in Russian].

L. A. Tarandushka, Ph.D., associate professor

Cherkasy State Technological University,
Shevchenko blvd, 460, Cherkasy, Ukraine

I. P. Tarandushka, postgraduate student

Cherkasy National University named after Bogdan Khmelnytsky,
Shevchenko blvd, 81, Cherkasy, Ukraine

ANALITIC MODEL FOR OPTIMIZATION OF SERVICE STATIONS WORK

In the developed mathematical model for determining the forms of organization of production the following problem is formulated: to determine the form of organization on service stations for qualitative implementation of possible services given, considering the region of service station location. The result of this appointment is to meet the quality of services to consumers, given the location and the possibility of a service station, that is for the best possible execution a service station should have a form of organization that best corresponds for the most often executable services, considering the location of the service station, the possibility of its so service station should choose the form of organization that can satisfy not only the quality of the services, but also the profit for service stations.

The decision of work optimization of a service station is based on 3-parts 3-homogeneous hypergraph $G = (V_1, V_2, V_3, E)$, which is determined in the following way. The tops of the first part $v \in V_1$ answer multiple organization's forms of production (B). Every top of the second part $v \in V_2$ simply answers some element from the set of H – the most often executable services at the service station. The tops of the third part $v \in V_3$ represent possible regions of the location of autoservice enterprise.

The set of all ribs $E=\{e\}$ is determined as a set of all possible three parts $e=(v_1, v_2, v_3)$, $v_i \in V_i$, $i=1 \dots 3$. Feasible solution of this task consists in perfect combination $x=(V, E_x)$, $E_x \subseteq E$ in gipergraph $G=(V_1, V_2, V_3, E)$. This combination presents one of strategies of organization's forms for implementation of certain works taking into account the region's location of a service station.

The proposed analytical model for optimization of services stations work allows to determine higher-priority forms of organization of services stations, including the most frequently executed works and the region of its location, the efficiency of implementation of the process of work, profitability, deadline, complexity, methods of work execution, qualifications of personnel and equipment. This model is based on the estimates of levels of relative importance of each criterion and the choice of the most appropriate solution from the full set of alternatives.

The use of this model during the designing of services stations increases the income of future service station by about 30%.

Keywords: *mathematical model, quality of executed work, optimization of service stations work.*

*Рецензенти: Г. В. Канашевич, д.т.н., професор,
С. В. Поздєєв, д.т.н., професор*