

## МАТЕМАТИЧНЕ І КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

## MATHEMATICAL AND COMPUTER MODELING

DOI: 10.20998/2079-0023.2023.01.07

УДК 004.42:519.8

**О. Ю. МЕЛЬНИКОВ**, кандидат технічних наук (PhD), доцент, Донбаська державна машинобудівна академія, доцент кафедри інтелектуальних систем прийняття рішень; м. Краматорськ, Україна; e-mail: alexandr@melnikov.in.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2701-8051>

**О. Ю. ЗАКАБУЛА**, студент, Донбаська державна машинобудівна академія; м. Краматорськ, Україна; e-mail: superuser254@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4139-2326>

### МОДЕЛЮВАННЯ РІВНЯ НЕЗАДОВОЛЕННЯ ПОТРЕБ МЕШКАНЦІВ МАЛИХ МІСТ У СИСТЕМІ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ВИПАДКАХ

Розглядається проблема забезпечення водопостачання малих населених пунктів в екстремальних випадках. Наведено, що автори раніше сформулювали та розв'язали задачу створення системи підтримки прийняття рішень, яка дозволяє при наявності даних про кількість мешканців у кожному районі та відстанях між районами розрахувати оптимальний маршрут пересування цистерни з водою. З використанням низки параметрів (середній час обслуговування, об'єм цистерни, середній відсоток населення, що виходить за водою, обмеження на обсяг видаваної води тощо) система дозволяє скласти розклад (графік) руху цистерни, а також дати рекомендації щодо збільшення кількості цих цистерн і оптимального їхнього розподілу по районах, визначити місця їх найкращого розташування в кожному районі для максимального задоволення всіх його мешканців. Наразі розроблено математичну модель для розрахунку спеціального коефіцієнта, який дозволяє оцінити рівень незадоволення потреб мешканців в забезпеченні питною водою. Пропонований коефіцієнт містить три складові частини, а саме – віднесення об'єму рекомендованої видачі максимально можливої кількості літрів на одну людину до розрахункової; віднесення реального «часу у дорозі» до оптимально розрахованого; середня відносна віддаленість від розрахованого центру району. Створена модель додана як додатковий модуль до наявної системи підтримки прийняття рішень, наведено приклади роботи системи під час розрахунку маршруту та положення цистерн, що забезпечують м. Торезьк Донецької області. Приклади свідчать, що причиною найбільшого незадоволення є недостатня кількість машин, на другому місці – їх не дуже вдале розташування; наявний час майже не впливає на результат. Збільшення кількості машин до двох знижує першу складову коефіцієнту до одиниці. Результати свідчать про можливість зниження показника з 1,305 до 1,087.

**Ключові слова:** забезпечення водою, оптимальний маршрут, гугл-карти, центри кластерів, задоволення потреб, математична модель.

**Вступ.** Система водопостачання, яка діє у більшості невеликих українських міст, може бути порушена в результаті екстремальних подій, і доставляння води споживачеві буде здійснюватися за допомогою спеціалізованого автотранспорту. У районах (мікрорайонах, окремих кварталах) міста розташовуються тимчасові пункти розливу питної води з автоцистерн у тару споживача [1–5].

**Постановка задачі та огляд літератури.** Автори сформулювали [6] та розв'язали задачу створення системи підтримки прийняття рішень, яка дозволяє при наявності даних про кількість мешканців у кожному районі та відстанях між районами розрахувати оптимальний маршрут пересування цистерни з водою. З використанням таких параметрів, як середній час обслуговування, об'єм цистерни, середній відсоток населення, що виходить за водою, і обмеження на обсяг видаваної води, система дозволяє скласти розклад (графік) руху цистерни, а також дати рекомендації

щодо збільшення кількості цих цистерн і оптимального їхнього розподілу по районах [7]. Також було поставлено та вирішено [8] наступне завдання: визначити в кожному районі таке місце розміщення цистерни, щоб воно було рівновіддаленим від усіх прилеглих будинків з урахуванням кількості мешканців. Ще одна можливість, яку надав новий модуль користувачам – це визначення точних координат розташування цистерни на місцевості за допомогою гугл-карт. У роботі [9] було сформульоване нове завдання: за наявності статистичних даних про аварії, що сталися раніше на водопроводі даного міста, і тривалості ремонтних робіт у кожному випадку потрібно передбачити (тобто спрогнозувати) тривалість ремонтних робіт з відновлення водопостачання міста.

**Формулювання нової математичної моделі.** Було поставлене завдання визначення нового коефіцієнта, що дозволив би оцінити рівень незадоволення потреб населення в забезпеченні питною водою. Відомі

© Мельников О. Ю., Закабула О. Ю., 2023



Дослідницька стаття: Цю статтю опубліковано видавництвом *НТУ «ХПІ»* у збірнику «Вісник Національного технічного університету «ХПІ» Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології». Ця стаття поширюється за міжнародною ліцензією [Creative Commons Attribution \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). **Конфлікт інтересів:** Автор/и заявив/или про відсутність конфлікту.



рішення розрахунку (найпоширеніший спосіб – індекс споживчої задоволеності) базуються на опитуванні споживачів [10], тому неприйнятні.

Визначимо такі дані:

$N$  – кількість факторів, що впливають на якість виконання завдання;

$d_{iReal}$ ,  $i = 1 \dots N$  – значення  $i$ -го фактора, розрахованого для реальних даних;

$d_{iOptimal}$ ,  $i = 1 \dots N$  – значення  $i$ -го фактора, розрахованого для оптимальних даних;

$k_i$ ,  $i = 1 \dots N$  – коефіцієнт перевищення значення фактора, який можна розрахувати як  $d_{iReal} / d_{iOptimal}$  (приймаємо  $k_{iOptimal} = 1$ ).

Таким чином, коефіцієнт оцінки рівня задоволення потреб населення в забезпеченні питною водою в загальній постановці можна записати так (зважаючи на його прагнення до оптимального значення, тобто до одиниці):

$$K = \frac{\sum_{i=1}^N k_i}{N} \geq 1. \quad (1)$$

У [6–8] було визначено трійку впливових факторів, а саме:

– кількість спеціалізованих машин (автоцистерн), які доставляють воду;

– маршрут руху спеціалізованої техніки;

– місце розташування цистерни у районі (таке, щоб воно було рівновіддаленим від усіх прилеглих будинків та максимально зручним для мешканців).

Бажана кількість спеціалізованих машин розраховується в [7], тому першим фактором приймаємо віднесення об'єму рекомендованої видачі максимально можливої кількості літрів на одну людину до розрахункової:

$$k_1 = \begin{cases} V_{rec} / V_{calc}, & \text{якщо } > 1 \\ 1, & \text{інакше} \end{cases}, \quad (2)$$

$$V_{calc} = \frac{N_c \cdot V_{auto}}{S_{hab} \cdot Out}, \quad (3)$$

де  $V_{rec}$  – рекомендована видача максимально можливої кількості літрів на одну людину;

$V_{calc}$  – розрахована видача максимально можливої кількості літрів на одну людину;

$N_c$  – кількість цистерн;

$V_{auto}$  – місткість однієї цистерни;

$S_{hab}$  – кількість населення, яке мешкає в означених районах;

$Out$  – доля населення, яке виходить за водою.

Параметри  $V_{rec}$  та  $Out$  визначаються заздалегідь та є константами, інші мають бути розраховані.

Розглянемо наш приклад [6–8]:  $V_{rec} = 18$  літрів,  $V_{auto} = 4000$  літрів,  $Out = 0,01$  (приймаємо як константи),  $V_{calc} = 4000 / (34378 \cdot 0,01) = 11,64$  літра,  $k_1 = 18 / 11,64 = 1,55$ . Якщо взяти до уваги рекомендацію збільшення кількості цистерн хоча б до двох, то на кожну цистерну

прийдеться менша кількість населення, і  $V_{calc}$  прийме значення від 23,27 літра, а  $k_1 = 1$ .

Розрахунок оптимального маршруту руху спеціалізованої техніки та складання його графіку наведено в [2–3]; також там є список  $M$  районів міста із зазначенням чисельності населення  $S_i$  в кожному (всього в

місті  $S_{sum} = \sum_{i=1}^M S_i$  мешканців) та таблиця відстаней

між районами з урахуванням можливості або заборони прямого проїзду між кожною парою районів:

$$F(X) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M C_{ij} X_{ij} \rightarrow \min, \quad (4)$$

де  $M$  – кількість мікрорайонів з зупинками цистерни для споживачів води;

$C_{ij}$ ,  $i, j = 1 \dots M$  – «матриця витрат»,  $C_{ij}$  – «витрати на перехід» з  $i$ -го мікрорайону в  $j$ -й, тобто відстань між цими мікрорайонами;

$X_{ij}$  – матриця переходів з компонентами:  $X_{ij} = 1$ , якщо цистерна робить переїзд з  $i$ -го мікрорайону в  $j$ -й,  $X_{ij} = 0$ , якщо цистерна не виконує переїзд;  $i, j = 1 \dots M$ ,  $i \neq j$ .

Маємо обмеження:

$$\sum_{i=1}^M X_{ij} = 1, j = 1 \dots M, \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^M X_{ij} = 1, i = 1 \dots M, \quad (6)$$

$$U_i - U_j + M \cdot X_{ij} \leq M - 1, i, j = 1 \dots M, i \neq j. \quad (7)$$

Умова (5) означає, що цистерна кожний район залишає тільки один раз; умова (6) – входить в кожен район тільки один раз; умова (7) забезпечує закритість маршруту, що містить мікрорайони  $M$ , і не має закритих внутрішніх петель. Оскільки кількість мікрорайонів у місті Торезьку дорівнює 6 [6–8], для вирішення завдання можна використовувати метод повного перебору, що вимагає перебору максимум  $(n - 1)!$  варіантів ( $5! = 120$ ).

Для розрахунку другої складової коефіцієнту можна використати «час у дорозі», тобто скільки часу потрібно цистерні для переміщення та видачі води:

$$k_2 = \frac{t_{real}}{t_{optm}}, \quad (8)$$

де  $t_{real}$  – наявний час у дорозі;

$t_{optm}$  – час, який було розраховано у [7].

У нашому прикладі ці параметри майже однакові:  $t_{real} = 540$  хвилин,  $t_{optm} = 526$  хвилин,  $k_1 = 540 / 526 = 1,03$ .

Останній пункт математично описано так [8]. У кожному з  $M$  районів є  $H_i$  будинків ( $i = 1 \dots M$ ), кожен

будинку  $D_j$  ( $j = 1..H_i$ ) має умовні координати  $D_{jx}$  та  $D_{jy}$ , Необхідно визначити такі  $C_{ix}$  та  $C_{iy}$ , щоб середня відстань від будинку до центру збору (розташування машини) була мінімальною:

$$F_i(C_{ix}, C_{iy}) = \frac{\sum_{j=1}^{H_i} \sqrt{(D_{jx} - C_{ix})^2 + (D_{jy} - C_{iy})^2}}{M_i} \rightarrow \min, \quad (9)$$

$i = 1..M$ .

Знаходження центрів сукупностей будинків здійснюватимемо в такий спосіб. Спочатку знаходимо попередні координати:

$$C_{ix} = \frac{\sum_{j=1}^{M_i} D_{jx}}{H_i}, C_{iy} = \frac{\sum_{j=1}^{M_i} D_{jy}}{H_i}, i = 1..M. \quad (10)$$

Потім уточнюємо ці координати одним із методів [11–13]. Також використовуємо такі припущення: координатами будинку вважаємо його «геометричний центр» (кількість будинків «особливої форми» невелика, і їх не приймаємо); оскільки в кожному районі розташовані будинки приблизно однакової поверховості, кількість мешканців у кожному будинку розраховуємо пропорційно до площі цього будинку. Центри сукупностей будинків можуть бути розраховані трьома способами [8]: «звичайний» геометричний центр кластера; центр, що враховує кількість будинків; центр, що враховує кількість мешканців.

Для розрахунку третьої складової нашого коефіцієнта використаємо середню відносну віддаленість від розрахованого центру, тобто (для приведення даних) – відносні координати:

$$k_3 = 1 + \left( \sum_{i=1}^M \left( \frac{|R_{ix} - C_{ix}|}{C_{ix}} + \frac{|R_{iy} - C_{iy}|}{C_{iy}} \right) / 2 \right) / M, \quad (11)$$

де  $C_{ix}, C_{iy}$  – розраховані координати оптимального центру  $i$ -го району,  $i = 1..M$ ;

$R_{ix}, R_{iy}$  – реальні координати розміщення цистерни в  $i$ -му районі.

Остаточно формула коефіцієнта оцінки рівня задоволення потреб населення під час постачання жителям малих міст питної води в екстремальних випадках буде виглядати таким чином:

$$K = \begin{cases} V_{\text{rec}} / \left( \frac{N_c \cdot V_{\text{auto}}}{S_{\text{hab}} \cdot \text{Out}} \right), \text{ якщо } > 1 \\ 1, \text{ інакше} \end{cases} + \frac{t_{\text{real}}}{t_{\text{optm}}} + 1 + \left( \sum_{i=1}^M \left( \frac{|R_{ix} - C_{ix}|}{C_{ix}} + \frac{|R_{iy} - C_{iy}|}{C_{iy}} \right) / 2 \right) / M \geq 1. \quad (12)$$

**Результати розрахунків.** Далі потрібно внести зміни в наявний додаток для можливості здійснення розрахунків.

Перший варіант для міста Торецьк [14] наведено на рис. 1. Він свідчить, що причиною найбільшого незадоволення є недостатня кількість машин, на другому місці – їх не дуже вдале розташування. Найвний час майже не впливає на результат.

Далі збільшимо кількість машин до двох. Це знижує першу складову коефіцієнту до одиниці (рис. 2).

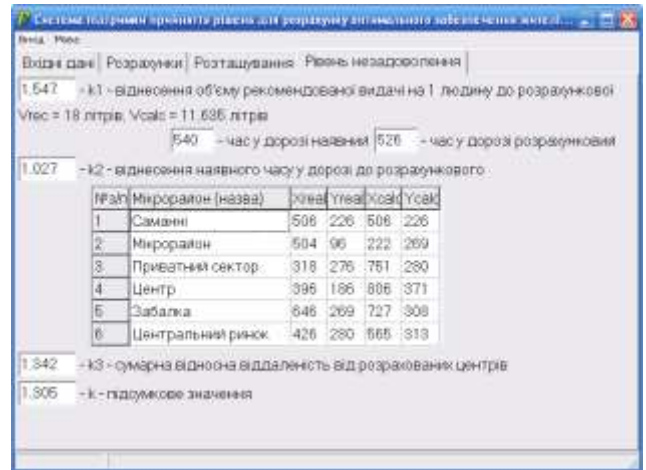


Рис. 1. Розрахунки у системі, варіант 1

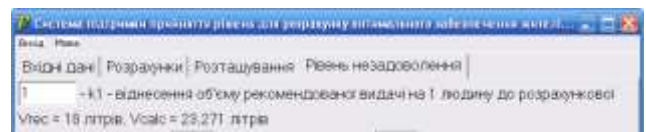


Рис. 2. Розрахунки у системі, варіант 2

Для корегування розташування машин здійснимо переміщення червоного кола найближче до синього (приклад двох районів наведено на рис. 3 та рис. 4, інші за аналогією).

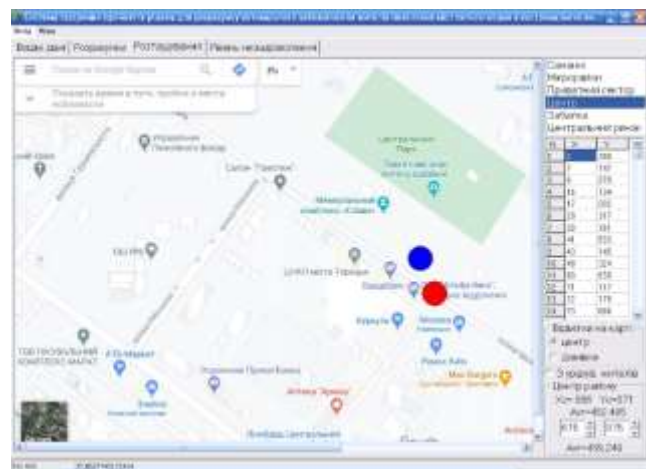


Рис. 3. Зміна розташування машини у районі Центр

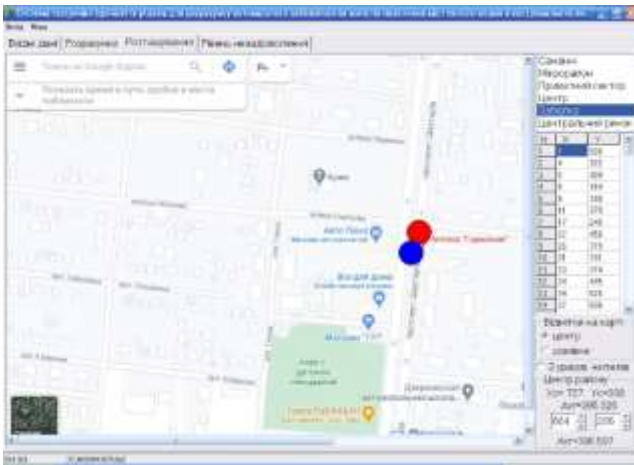


Рис. 4. Зміна розташування машини у районі Забалка

Остаточний варіант розрахунків див. на рис. 5.

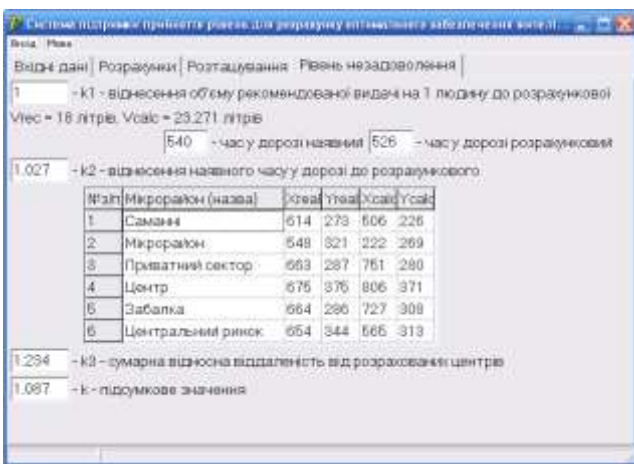


Рис. 5. Розрахунки в системі, остаточний варіант

**Висновки.** Наведено математичну модель розрахунку спеціального коефіцієнта, який дозволяє оцінити рівень незадоволення потреб мешканців. Приклад використання розробленої моделі для розрахунку маршруту та положення цистерн, що забезпечують м. Торезьк Донецької області, свідчить про можливість зниження показника з 1,305 до 1,087.

#### Список використаної літератури

1. Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення: Закон України від 10.01.2002 р. № 2918-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2918-14> (дата звернення: 21.10.2022).
2. Про затвердження Порядку визначення потреб населення адміністративно-територіальної одиниці у соціальних послугах: Наказ Міністерства соціальної політики України від 20.01.2014 р. №28. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0253-14> (дата звернення: 21.03.2023).
3. Свинцов А. П., Малов А. Н., Масри Г. Х. Реализация водопроводно-канализационной продукции на сегментированном рынке для жилищного фонда. *Водоснабжение и санитарная техника*. 2009. № 2. С. 23–27.
4. Синиси Л., Эртгеертс Р. *Руководство по вопросам водоснабжения, канализации и санитарно-профилактических мероприятий при чрезвычайных погодных явлениях*. URL: <https://www.google.com.ua/maps/place/Торезьк,+Донецкая+область,+85200> (дата звернення: 21.03.2023).

- [https://unece.org/DAM/env/water/whmop2/Guidance\\_on\\_water\\_supply\\_sanitation\\_final\\_ru.pdf](https://unece.org/DAM/env/water/whmop2/Guidance_on_water_supply_sanitation_final_ru.pdf) (дата звернення: 21.03.2023).
5. De Graaf R. E., Van de Ven F. H. M. Transitions to more sustainable concepts of urban water management and water supply. *10<sup>th</sup> International Conference on Urban Drainage*. Copenhagen, Denmark, 21–26 August, 2005. URL: [https://www.academia.edu/2825827/10\\_th\\_International\\_Conference\\_on\\_Urban\\_Drainage](https://www.academia.edu/2825827/10_th_International_Conference_on_Urban_Drainage) (дата звернення: 21.03.2023).
  6. Закабула О. Ю. Задача розрахунку оптимального забезпечення жителів невеликих міст питною водою в екстремальних випадках. *Наукові записки молодих учених*. 2020. № 6. URL: <https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/SNYS/article/view/1749> (дата звернення: 21.02.2023).
  7. Zakabula Olexij, Melynykov Oleksandr. Decision Support System for calculating the Optimal Provision of Residents of Small Towns with Drinking Water in Extreme Cases. *Central European Researchers Journal*. CERES, 2021, volume 7, issue 73, pp. 89–94. URL: [http://ceres-journal.eu/download.php?file=2021\\_01\\_10.pdf](http://ceres-journal.eu/download.php?file=2021_01_10.pdf) (дата звернення: 21.02.2023).
  8. Мельников О. Ю., Закабула О. Ю. Модуль визначення розташування цистерн в системі підтримки прийняття рішень для оптимального забезпечення жителів невеликих міст питною водою в екстремальних випадках. *Сучасні інформаційні технології, засоби автоматизації та електропривод: матеріали V Всеукраїнської науково-технічної конференції*. Краматорськ: ДДМА, 2021. URL: <http://dSPACE.dgma.donetsk.ua/handle/DSEA/799> (дата звернення: 21.03.2023).
  9. Мельников О. Ю., Закабула О. Ю. Застосування нейронних мереж для прогнозування тривалості ремонтних робіт під час пошкодження водопроводу в невеликому місті. *Нейромережні технології та їх застосування НМТі3-2021: збірник наукових праць XX Міжнародної наукової конференції «Нейромережні технології та їх застосування НМТі3-2021»*. Краматорськ: ДДМА, 2021. С. 99–102.
  10. Бест Роджер. *Маркетинг от потребителя*. Москва: Манн, Иванов і Фербер, 2019. 696 с.
  11. Григорків В. С., Григорків М. В. *Оптимізаційні методи та моделі: підручник*. Чернівці: Чернівецький нап. ун-т, 2016. 400 с.
  12. Зайченко Ю. П. *Дослідження операцій*. Київ: ЗАТ «ВІПОЛ», 2000. 688 с.
  13. Наконечний С. І., Савіна С. С. *Математичне програмування: навчальний посібник*. Київ: КНЕУ, 2003. 452 с.
  14. Місто Торезьк. Google Maps. URL: <https://www.google.com.ua/maps/place/Торезьк,+Донецкая+область,+85200> (дата звернення: 21.03.2023).

#### References (transliterated)

1. *Pro pytnu vodu, pytne vodopostachannia ta vodovidvedennia: Zakon Ukrainy vid 10.01.2002 r. #2918-III* [On drinking water, drinking water supply and drainage: Law of Ukraine of 01.04.2014 r. #2918-III]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2918-14> (accessed 21.10.2022).
2. *Pro zatverdzhennia Poriadku vyznachennia potreb naseleння адміністративно-територіальної одиниці у соціальних послугах: Nakaz Ministerstva sotsialnoi polityky Ukrainy vid 20.01.2014r. #28* [On approval of the Procedure for determining the needs of the population of an administrative-territorial unit in social services: Order of the Ministry of Social Policy of Ukraine from 20.01.2014 # 28]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0253-14> (accessed 21.03.2023).
3. Svynstov A. P., Malov A. N., Masry H. Kh. Realyzatsiya vodoprovodno-kanalizatsyonnoi produktsyy na sehmentyrovannom rynke dlia zhylyshchnoho fonda. [Sales of water and sewer products on a segmented housing market]. *Vodosnabzhenie y sanytarnaia tekhnika* [Water supply and sanitary engineering]. 2009, no 2, pp. 23–27.
4. Synysy L., Ertheerts R. *Rukovodstvo po voprosam vodosnabzhenija, kanalizacii i sanitarno-profilakticheskikh meroprijatij pri chrezvyčajnykh pogodnykh javlenijah*. [Guidance on Water Supply, Sanitation and Sanitation in Extreme Weather Events]. Available at: [https://unece.org/DAM/env/water/whmop2/Guidance\\_on\\_water\\_supply\\_sanitation\\_final\\_ru.pdf](https://unece.org/DAM/env/water/whmop2/Guidance_on_water_supply_sanitation_final_ru.pdf) (accessed 21.03.2023).



5. De Graaf R. E., Van de Ven F. H. M. Transitions to more sustainable concepts of urban water management and water supply. *10<sup>th</sup> International Conference on Urban Drainage*. Copenhagen, Denmark, 21–26 August, 2005. URI: [https://www.academia.edu/2825827/10\\_th\\_International\\_Conference\\_on\\_Urban\\_Drainage](https://www.academia.edu/2825827/10_th_International_Conference_on_Urban_Drainage) (accessed 21.03.2023).
6. Zakabula O. Yu. Zadacha rozrakhunku optimalnogo zabezpechennia zhyteliv nevelykykh mist pytnoiu vodoiu v ekstremalnykh vypadkakh. [The task of calculating the optimal provision of drinking water for residents of small towns in extreme cases]. *Naukovi zapysky molodykh uchenykh*. [Scientific notes of young scientists]. 2020, no 6. Available at: <https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/SNYS/article/view/1749> (accessed 21.02.2023).
7. Zakabula Olexij, Melnykov Oleksandr. Decision Support System for calculating the Optimal Provision of Residents of Small Towns with Drinking Water in Extreme Cases. *Central European Researchers Journal*. CERES, 2021, volume 7, issue 73, pp. 89–94. Available at: [http://ceres-journal.eu/download.php?file=2021\\_01\\_10.pdf](http://ceres-journal.eu/download.php?file=2021_01_10.pdf) (accessed 21.02.2023).
8. Melnykov O. Yu., Zakabula O. Yu. Modul vyznachennia roztashuvannia tsystem v systemi pidtrymky pryiniattia rishen dlia optimalnogo zabezpechennia zhyteliv nevelykykh mist pytnoiu vodoiu v ekstremalnykh vypadkakh. [The module for determining the location of tanks in the decision support system for optimal provision of drinking water to residents of small towns in extreme cases]. *Suchasni informatsiini tekhnologii, zasoby avtomatyzatsii ta elektropryvod: materialy V Vseukrainskoi nauko-tekhnichnoi konferentsii* [Proc. of the Int. Conf. "Modern information technologies, automation tools and electric drive"]. Kramatorsk, DDMA Publ., 2021. Available at: <http://dspace.dgma.donetsk.ua/handle/DSEA/799> (accessed 21.03.2023).
9. Melnykov O. Yu., Zakabula O. Yu. Zastosuvannia neironnykh merezh dlia prohnozuvannia tryvalosti remontnykh robit pid chas poskodzhennia vodoprovodu v nevelykomu misti. [Application of neural networks for predicting the duration of repair work during water main damage in a small city]. *Neiromerezni tekhnologii ta yikh zastosuvannia NMTiZ-2021: zbirnyk naukovykh prats XX Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii "Neiromerezni tekhnologii ta yikh zastosuvannia NMTiZ-2021"*. [Proc. of the Int. Conf. "Neural network technologies and their applications"]. Kramatorsk, DDMA Publ., 2021, pp. 99–102.
10. Best Roger. *Marketing ot potrebitelja*. [Marketing from the consumer]. Moscow, Mann, Ivanov i Ferber Publ., 2019. 696 p.
11. Hryhorkiv V. S., Hryhorkiv M. V. *Optymizatsiini metody ta modeli: pidruchnyk*. [Optimization methods and models: a textbook]. Chernivtsi, Chernivetskyi nats. un-t Publ., 2016. 400 p.
12. Zaichenko Yu. P. *Doslidzhennia operatsii*. [Operations Research]. Kyiv, ZAT "VIPOL" Publ., 2000. 688 p.
13. Nakonechnyi S. I., Savina S. S. *Matematychni prohramuvannia: navchalnyi posibnyk*. [Mathematical programming: a study guide]. Kyiv, KNEU Publ., 2003. 452 p.
14. *Misto Toretsk. GoogleMaps*. [The city of Toretsk]. Available at: <https://www.google.com.ua/maps/place/Торецк,+Донецкая+область,+85200> (accessed 21.03.2023).

*Hadziuua (received) 27.03.2023*

UDC 004.42:519.8

**O. YU. MELNYKOV**, Candidate of Technical Sciences (PhD), docent, Donbas State Engineering Academy, Associate Professor at the Department of Intelligent Decision Making Systems; Kramatorsk, Ukraine; e-mail: alexandr@melnikov.in.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2701-8051>

**O. JU. ZAKABULA**, student, Donbas State Engineering Academy; Kramatorsk, Ukraine; e-mail: superuser254@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4139-2326>

### MODELING THE LEVEL OF DISSATISFACTION OF THE NEEDS OF RESIDENTS OF SMALL TOWNS IN THE DECISION SUPPORT SYSTEM FOR WATER SUPPLY IN EXTREME CASES

The problem of ensuring water supply to small settlements in extreme cases is considered. It is stated that the authors previously formulated and solved the problem of creating a decision support system, which allows to calculate the optimal route of movement of a water tank with data on the number of residents in each district and the distances between districts. Using a number of parameters (average service time, tank volume, average percentage of the population going out for water, restrictions on the volume of water dispensed, etc.), the system allows you to make a schedule (schedule) of the movement of the tank, as well as give recommendations on increasing the number of these tanks and their optimal distribution by districts, to determine the places of their best location in each district for the maximum satisfaction of all its residents. Currently, a mathematical model has been developed for calculating a special coefficient that allows to assess the level of dissatisfaction of residents' needs in the provision of drinking water. The proposed coefficient contains three components, namely, the ratio of the volume of the recommended dispensing of the maximum possible number of liters per person to the calculated one; assignment of real "time on the road" to optimally calculated; the average relative distance from the calculated center of the district. The created model is added as an additional module to the existing decision-making support system, examples of the system's operation during route calculation and the position of tanks supplying the city of Toretsk, Donetsk region are given. The examples show that the reason for the biggest dissatisfaction is the insufficient number of cars, in second place is their not very good location; available time has almost no effect on the result. Increasing the number of machines to two reduces the first component of the coefficient to unity. The results indicate the possibility of reducing the indicator from 1.305 to 1.087.

**Keywords:** water supply, optimal route, Google maps, cluster centers, satisfaction of needs, mathematical model.

*Повні імена авторів / Author's full names*

**Автор 1 / Author 1:** Мельников Олександр Юрійович, Melnykov Oleksandr Yuriyovych

**Автор 2 / Author 2:** Закабула Олексій Юрійович, Zakabula Oleksij Yuriyovych