

УДК: 697.431, 65.012.123

ОЦІНКА ВПРОВАДЖЕННЯ ДИСКРЕТНОЇ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ ЕКСПРЕС-МЕТОДОМ ЗЕ

Демченко В.Г., канд. техн. наук, Трубачев А.С., канд. техн. наук, Гронь С.С.

Інститут технічної теплофізики НАН України, вул. Желябова, 2а, Київ, 03057, Україна

<https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2019.6>

При аналізі системи теплопостачання населеного пункту було визначено її тип, структуру та умови функціонування, основні ризики та переваги. Проведено дослідження наявних систем прийняття рішень та представлено експрес-метод, що ставить на меті швидко визначення доцільності впровадження нових продуктів, систем, технологій тощо.

При анализе системы теплоснабжения населенного пункта был определен ее тип, структура и условия функционирования, основные риски и преимущества. Проведено исследование существующих систем принятия решений и представлен экспресс метод, который позволяет в короткие сроки определить целесообразность внедрения новых продуктов, систем, технологий.

During analyzing the heat supply system of a settlement, was discovered type, structure and operating conditions, main risks and benefits. Has been conducted the existing decision-making systems and has been introduced an express method that allows us to quickly determine the feasibility of introducing new products, systems and technologies.

Бібл. 13, табл. 2, рис. 10.

Ключові слова: критерій, метод, прийняття рішень, система, теплопостачання, ефективність.

S – повна площа вірогідних результатів;
 c – шукане значення функції;
 R_1, R_2, R_i – множина вірогідно-оптимальних рішень;
 m_i – маси точок координат;
 F_1, F_2, F_3 – критерії за яким проводиться пошук задовільних результатів;
 M – барицентр (центр мас або центр ваги);
 kE_1 – коефіцієнт зведеного значення показників енергетики;
 kE_2 – коефіцієнт зведеного значення показників екології;

kE_3 – коефіцієнт зведеного значення показників економіки;
 G – середньомісячна вартість палива, доларів США;
 I – вартість однієї Гкал, в залежності від виду опалення, доларів США;
ДСО – дискретна система опалення;
«ЗЕ» – авторський багатокритеріальний метод прийняття рішень;
ОТГ – об'єднана територіальна громада;
МТП – міське теплопостачання;
РСМ – теплоакмуляційна речовина з фазовим переходом.

Вступ

Світова система енергетики проходить етап значних змін, через стрімке збільшення населення, глобальне погіршення екології, переорієнтацію геополітичних сил виникає потреба у швидкому прийнятті рішень щодо змін в енергетичній галузі в цілому та розвитку енергоменеджменту на рівні державних установ, територіальних об'єднань тощо.

У теперішній час Україна не є винятком та окрім цього має ряд економічних обмежень, що є додатковими мотиваційними чинниками для розвитку нових енергоощадних технологій. За умов сучасного стрімкого розвитку маркетингових технологій та конкуренції на ринку вітчизняної енергетики з'являються нові товари та послуги. Окремо виділяють дискретну систему опалення (ДСО), що призначена зменшити навантаження на теперішню систему теплозабезпечення, поліпшити екологічне становище у районі та зменшити щорічні витрати на опалення [1,2].

Для прийняття управлінського рішення щодо впровадження ДСО у селищі міського типу Чернігівської області та порівняння його з іншими джерелами теплової енергії є необхідність у гнучкому, адаптивному будь яких заданих умов методу. Наявні класичні методи прийняття рішень на жаль мають ряд недоліків, такі як: велика похибка та нездатність обробити велику кількість критеріїв при скаляризації, або обмеженість результатів при методі зважених сум. Таким чином необхідно розробити інструментарій, за допомогою якого за короткий проміжок часу можна прийняти стратегічні управлінські рішення.

2. Об'єкт дослідження

Об'єктом даного дослідження є модернізація системи теплопостачання на конкретному прикладі – об'єднаної територіальної громади Михайло-Коцюбинське (надалі по тексту – ОТГ), що розташоване у Чернігівському районі Чернігівської області України.

3. Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є систематизація основних сучасних наукових підходів до прийняття стратегічного рішення, на прикладі визначення доцільності впровадження новітньої енергоефективної дискретної системи опалення та охолодження (ДСО) за допомогою авторського методу «ЗЕ».

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Визначити сучасний стан теплопостачання населеного пункту та надати пропозиції щодо її модернізації з урахуванням географічних, інфраструктурних та соціальних особливостей.

2. Проаналізувати підходи та наявні методи до прийняття стратегічних рішень, розкрити їх сутність та зміст, порівняти результати розрахунків з багатокритеріальним методом «ЗЕ». Проаналізувати переваги та недоліки усіх методів для визначення доцільності проведення енергоефективних заходів.

3. Вирішити оптимізаційну задачу використання мобільних теплоаккумуляторів та надати рекомендації щодо впровадження дискретної системи опалення.

4. На основі отриманих результатів обґрунтувати переваги авторського методу прийняття рішень.

4. Дослідження існуючих рішень проблеми

Класичним підходом до вирішення задачі прийняття рішень за умови багатокритерійності є скаляризація. При цьому багатокритеріальна задача (2) зводиться до однокритеріальної (1)

$$f(x) \rightarrow \min, x \in \Omega - \text{однокритеріальна задача}, \quad (1)$$

$$(f_1(x), \dots, f_k(x)) \rightarrow \min, x \in \Omega - \text{багатокритеріальна задача}. \quad (2)$$

Одним із методів скаляризації є побудова допоміжної функції $h: R^k \rightarrow R$, що приймає значення компоненту

векторної цільової функції, що зводить, таким чином задачу до однокритеріальної. [3]

$$f(x) = h(f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)). \quad (3)$$

Даний метод є відносно простим, але з урахуванням складності поставленої задачі існує велика ймовірність отримати результат з похибкою, що не зможе коректно дати відповідь щодо прийняття рішень. Іншим відомим підходом до розв'язання даної проблеми є метод зважених сум в якому функціонал береться лінійним:

$$f(x) = \sum_{i=1}^k \omega_i \cdot f_i(x) \quad \omega_i > 0, i = 1, \dots, k, \sum_{i=1}^k \omega_i = 1. \quad (4)$$

Геометрична інтерпретація у випадку двох цільових функцій зображена на рис. 1. Мінімізація інтерпретується як пошук такого значення c , при котрому лінія $\omega \cdot f^T = c$, проходить по дотичній до границі множини допустимих значень цільових функцій. Даний метод також має суттєвий недолік, тому що за допомогою нього не можна оцінити результати, що знаходяться у межах поля допустимих значень.

Ще один метод зведення багатокритеріальної задачі до однокритеріальної називається метод ϵ – обмежень, графічно зображений на рис. 2.

$$\min f_p(x) \text{ при обмеженні } f_i(x) \leq \epsilon_i, \quad i = 1, \dots, k.$$

Змінюючи ϵ_i можна отримати різні результативні точки. Одним із недоліків цього методу є те, що для отримання двох точок необхідно окремо вирішити дві однокритеріальні задачі. Таким чином для досягнення задовільної точності необхідно провести велику кількість ітерацій. [4]

При якісному зіставленні критеріїв, коли неможливо визначити вагові коефіцієнти, але при цьому є можливість ранжування їх по зменшенню важливості використовується метод переваг. Спочатку формується множина вірогідних рішень з урахуванням усіх кри-

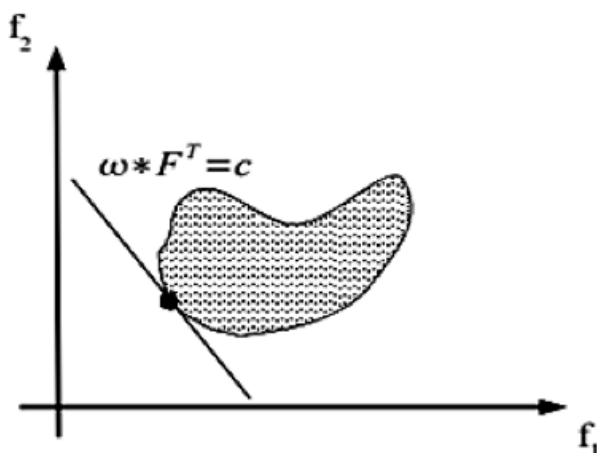


Рис. 1. Метод зважених сум.

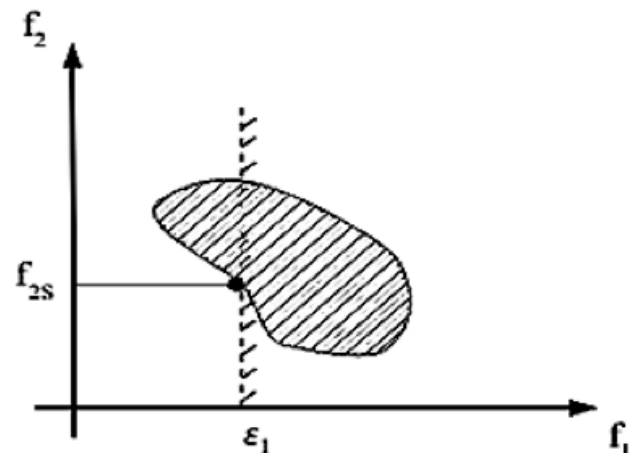


Рис. 2. Метод ϵ – обмежень.

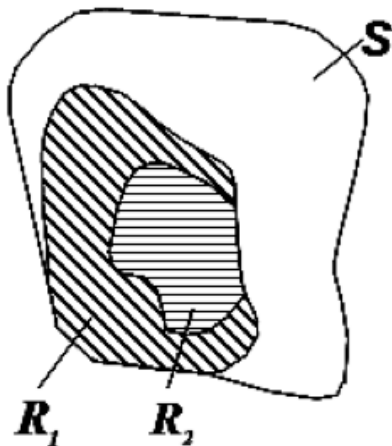


Рис. 3. Метод переваг.

теріїв. Далі на побудованій площині проводиться одно-критеріальна вибірка по найбільш важливому критерію і з урахуванням даного критерію будується наступна площина рішень у межах основної площини. Наступним кроком є аналіз наступного по важливості критерію та визначення меж рішень з врахуванням останнього.

Схематичне зображення алгоритму застосування методу переваг приведено на рис. 3 (S – повна множина усіх рішень, що можуть бути запропоновані щодо даного предмету дослідження; R_1, R_2 – множина вірогідно-оптимальних рішень за відповідними критеріями F_1, F_2, \dots, F_n ; $F_1 > F_2 > \dots > F_n$).

Недоліком даного методу є його громіздкість та необхідність чіткого розуміння важливості усіх критеріїв за якими проводиться пошук рішень для отримання вірогідної відповіді. [5]

При складних випадках прийняття рішень в умовах багатокритеріальної ситуації, коли критерії не можна зіставити як кількісно так і якісно, застосовують метод Парето. Основним принципом Парето є визначення, що альтернативи не можна розрізнити по оптимальності, якщо жодну з них не можна покращити хоча б по одному з критеріїв, при цьому не погіршивши хоча б по одному з інших критеріїв.

Принцип пошуку множини компромісів – попарне порівняння альтернатив. Таким чином $F_1, F_2 \rightarrow \min$. Альтернатива 4, як зображено на рис. 4, має переваги над альтернативою 1, через те, що $F_{11} > F_{41}, F_{12} > F_{42}$. Так як альтернатива 3 має перевагу у порівнянні з 2, тому що $F_{22} = F_{32}, F_{21} > F_{31}$.

Тобто альтернативи 3 та 4 задовольняють умовам згідно з принципом Парето та вважаються рівнооптимальними. При цьому альтернативи 1 і 2 не дають правильне рішення. Основним недоліком методу Парето являється: – складність структурування діаграми, що

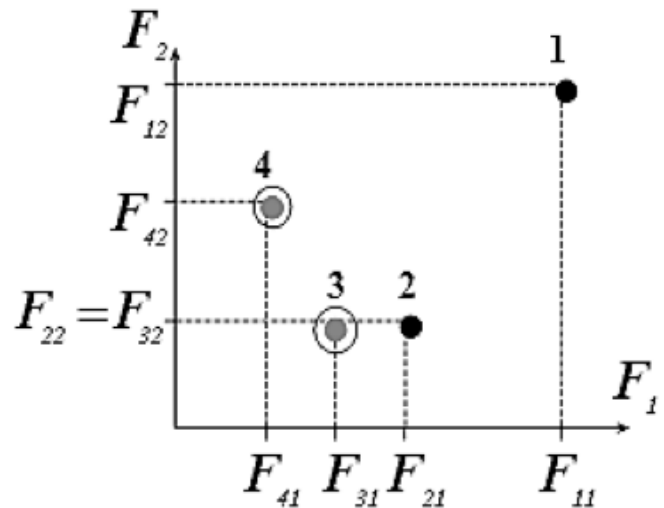


Рис. 4. Метод Парето (мінімізація критеріїв).

може призвести до невірних висновків; – наявність лише двох факторів порівняння [6].

5. Метод центрів мас «3Е»

У даній роботі, для прийняття рішення щодо впровадження дискретної системи опалення, було використано новітній багатокритеріальний метод оцінювання 3Е (метод центрів мас). В математиці і фізиці барицентр, або геометричний центр, двовимірної області – це середнє арифметичне положень всіх точок фігури. Визначення поширюється на будь-який об'єкт в n -мірному просторі. Барицентр є середнім положенням усіх точок фігури за всіма координатними напрямками. Метод центра мас "3Е" ґрунтується на тому, що координати центра мас однорідної трикутної пластинки, якщо не враховувати її товщину, дорівнюють середньому арифметичному однорідних координат її вершин. Барицентр трикутника лежить на перетині трьох медіан [7].

$$F_1 \cong F_2 \cong \dots \cong F_n \quad R_1 > R_2 > \dots > R_i \quad (5)$$

$$R_c = \frac{\sum_i R_i m_i}{\sum_i m_i}; \quad R_c = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{3}; \quad \sum_i (R_i - R_c) m_i = 0. \quad (6)$$

Усі порівнювані процеси або вироби розглядаються за трьома основними ваговими критеріями, які найточніше показують їх якість. Попереднє вираження кожного критерію в чисельному безрозмірному вираженні дозволяє отримати рішення, прийняте графо-аналітичним способом. Це дозволяє визначити основні фактори впливу на об'єкт дослідження та зведення прийняття рішення до трьох рівнозважених коефіцієнтів, а саме: kE_1 – енергетика, kE_2 – економіка та kE_3 – екологія. Отримані показники являються гранями трикутної діаграми (рис.5), що утворює загальну площину, у межах якої знаходяться усі досліджувані об'єкти або про-

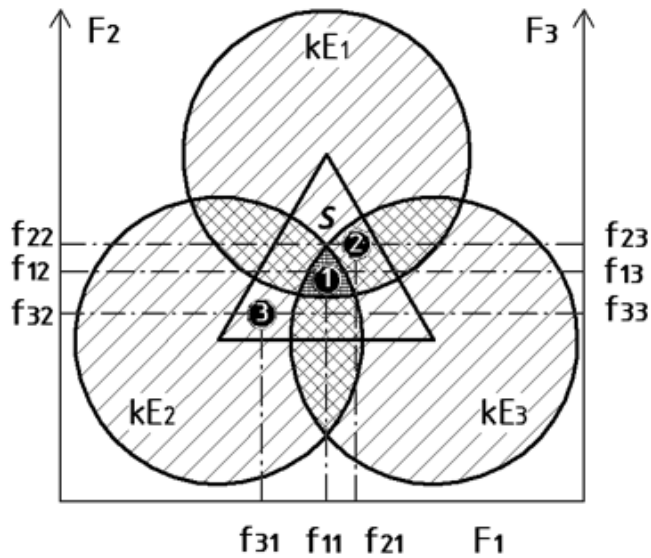


Рис. 5. Метод «3Е» (метод центрів мас).

цеси. Наступним етапом являється визначення поля задовільних результатів, що має гнучку систему побудови, яка точно показує межі з урахуванням умов конкретної задачі та цілей [8, 9, 10].

Як виразно видно на рис. 5, тільки центр 1 потрапляє в зону S , центри 2 і 3 лежать за межами границь повної площини вірогідних результатів.

Для побудови поля результатів, що задовольняє поставленим цілям аналізуємо критерії за наступним алгоритмом:

1. Коефіцієнт kE_1 , показує мінімальну та максимальну кількість акумульованої енергії. Для коректного порівняння різних енергетичних складових за допомогою багатокритеріального методу мас необхідно привести усі джерела теплової енергії до єдиного показника. Додатково враховується, що теплові втрати в процесі акумуляції теплоти можуть сягати 25 % згідно зі статистичними та емпіричними показниками. [2]

2. Коефіцієнт kE_2 , безпосередньо залежить від об'єму привнесеної шляхом акумуляції енергії в систему теплопостачання й холодопостачання. Він являється відображенням об'єму скорочення шкідливих викидів в атмосферу при генерації теплоти, шляхом зменшення об'єму димових газів від стаціонарних джерел теплопостачання, які функціонують на території ОТГ. Попередньо проведені розрахунки показали, що об'єм димових газів при скороченні генерації теплоти на 25% зменшується на 30%. [2]

3. Коефіцієнт kE_3 – це економічна привабливість проекту. При визначенні нижньої межі ефективності керуємося тим, що на законодавчому рівні в Україні прийнята практика зменшення тарифу на 10% для теплопостачальних організацій, що використовують для генерації поновлювані джерела енергії. Крім того кон'юнктура ринку має на увазі, що пропонувана тепло-

ва енергія і холод мають бути дешевші централізованої генерації не менш, ніж на 10%. Рентабельність підприємства прийнята в розрахунках на рівні 20% і ще 10% приймається на непередбачені витрати пов'язані з транспортуванням та акумуляцією енергії. Таким чином, довірчий інтервал за економічними показниками приймається в межах від 40 до 100%.

Даний підхід надає змогу з високою точністю та у короткий термін вирішити наступні задачі:

1. Оцінити привабливість проекту за трьома базовими показниками для визначення доцільності проведення заходів щодо подальшої розробки та впровадження проекту.

2. Надати графічно відображене порівняння ефективності різних видів матеріалів, корисних моделей, методів, технологій, підходів тощо.

3. Визначити рейтинг будь якої кількості об'єктів порівняння з метою подальшого вибору найоптимальнішого варіанту або чітку послідовність проведення дій враховуючи їх вагову складову.

4. Отримати кількісні значення коефіцієнтів ефективності, що полегшує процес ухвалення рішень.

5. Визначити узагальнений інтегральний показник для системи, що вивчається, по якому можна оцінити тісноту зв'язку між ознаками вагових коефіцієнтів, провести вибір оптимального варіанту фінансування проекту по індексам привабливості та пропорційності [2].

Детальний опис даного методу та приклади застосування його на практиці у різних сферах діяльності висвітлено у роботах [8, 9, 10].

6. Результати дослідження

Об'єкт досліджень займає площу 6513,6 га, з них земель державної власності – 2381,14 га, земель приватної власності – 4132,46 га, земель запасу – 530,52 га та земель резерву – 161,7 га. Загальна чисельність населення – 8423, згідно з офіційною інформацією [10]. Більшість прилеглих територій займають поля, крім двох ділянок лісосмуг у південно-західному та південно-східному напрямках від ОТГ Михайло-Коцюбинське. Слід зазначити географічні переваги регіону через те, що він розташований безпосередньо біля кордону з Республікою Білорусь та усього в 140 км від м. Києва, що дає можливість розвиватися міжнародним логістичним центром. Але розвиток регіону лімітований комплексом загальнонаціональних проблем та обмежень, однією з базових експерти виділяють енергетичну проблему.

На території громади на сьогодні виділяють дві галузеві групи підприємств, що мають пріоритети розвитку: сільськогосподарські (обробка землі, вирощування зернових культур та розведення великої рогатої худоби), деревообробні (виробництво меблів та інша обробка деревини). Селище газифіковане. Зведений енергобаланс джерел теплоти ОТГ по видах палива, приведено у табл. 1.

Таблиця 1. Середньомісячний енергобаланс ОТГ Михайло-Коцюбинське

Джерело теплоти	Кількість отриманої теплоти, Гкал	Кількість палива для 1 Гкал	Собівартість Гкал, \$
Тепловий акумулятор	14,5	312 кг	34
Дрова	36	555 кг	38
Природний газ	93	140 м ³	64
Пелети	46,9	285 кг	52
Покупна теплова енергія	70,1	140 м ³	74,5
Електроенергія	0,24	1163 кВт	99,7

Згідно з даними щодо джерел теплової енергії ОТГ можна побудувати структуру перспективного теплопостачання, зображену на рис. 6.

Аналізуючи сучасний стан надійності та ефективності теплопостачання можна зробити висновок, що система має змішаний тип (рис. 7). Даний тип енергосистеми – місцевого теплопостачання (МТП), з невеликою протяжністю транспортної тепломережі, є оптимальною для не дуже великих населених пунктів, щільність забудови в яких є невисокою. Удосконалення МТП та підвищення її надійності може бути проведено шляхом залучення додаткових джерел енергії та впровадження дискретної системи опалення (ДСО), що дасть змогу залучити до генерації теплоти місцеві види палива та зменшити негативний вплив на її функціонування аварій та надзвичайних ситуацій.

Аналіз впровадження дискретної системи опалення, в об'ємі всього 5% від загального теплоспоживан-

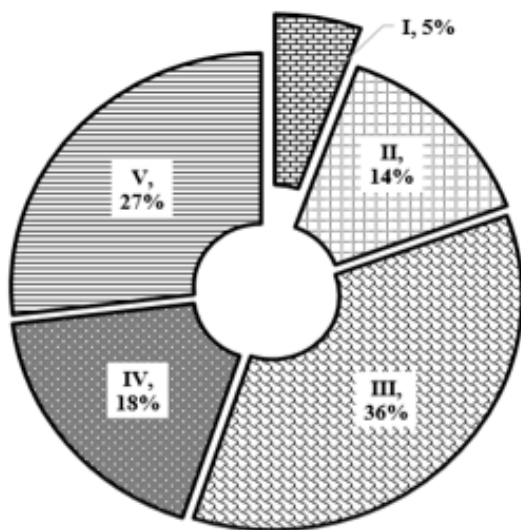


Рис. 6. Структура теплозабезпечення ОТГ Михайло-Коцюбинське по видах палива, де: I – тепловий акумулятор; II – дрова; III – природний газ; IV – пелети; V – покупна теплова енергія.

ня, на конкретному прикладі ОТГ (рис. 8) показує, що її впровадження покращить параметри оптимізації теплозабезпечення, ризикозахищеності та живучості об'єктів у випадках надзвичайних ситуацій.

Окрім використання мобільної котельні для зменшення пікових навантажень та аварійного режиму опалення об'єктів з впровадженням ДСО з'являється можливість передачі теплоти без трубопровідного транспорту, від стаціонарних джерел з меншою одиничною вартістю теплової енергії на об'єкти з більшою, шляхом використання тільки мобільного теплоакумулятора. Ще одна опція впровадження ДСО – це можливість використання місцевих видів палива і вогневого знищення твердого сміття організованих і несанкціонованих звалищ, з передачею теплоти споживачеві. У випадку довгострокового використання є можливість стаціонарного розміщення елементів ДСО, а саме пересувної котельні та мобільного теплоакумулятора для теплозабезпечення окремих об'єктів. Проектом впровадження ДСО пропонується використання автомобільного транспорту, однак транспортування теплоносія можна забезпечи-

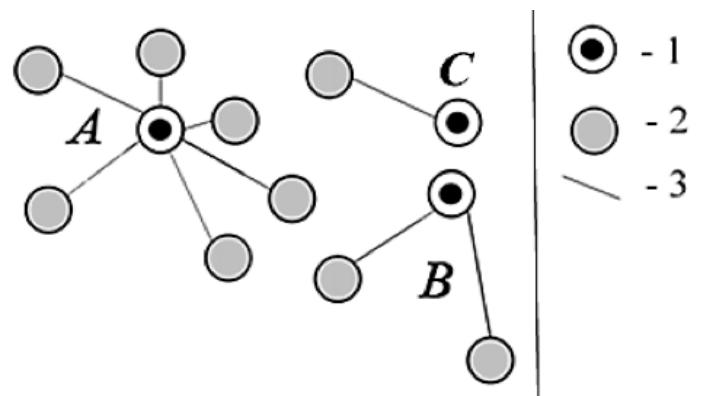


Рис. 7. Графи, що показують сучасний стан, тип та властивості системи теплопостачання ОТГ до модернізації, де: 1 – джерело опалення (A – закупівельна теплова енергія від ПАТ «Чернігівоблтеплокомуненерго», B – газові котли, C – твердопаливні котли), 2 – споживачі теплової енергії, 3 – наявна тепломережа.

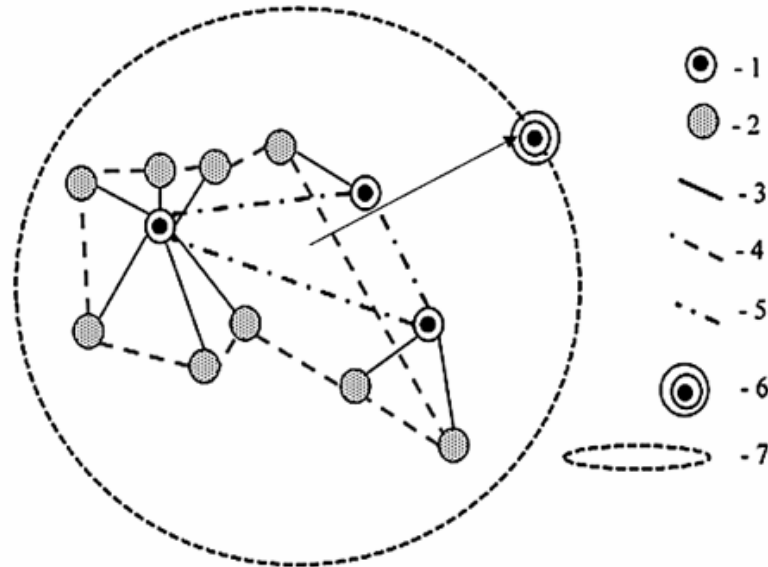


Рис. 8. Графи, що показують тип та властивості енергосистеми населеного пункту після впровадження ДСО, де: 1 – джерело теплопостачання, 2 – споживачі теплової енергії, 3 – наявна тепलोмережа, 4 – використання мобільної котельні ДСО споживачами, 5 – використання мобільного теплоакумулятора ДСО між джерелами теплопостачання, 6 – мобільне джерело з теплоакумулятором, 7 – межа дії ДСО.

ти наземним, морським, річковим та навіть повітряним транспортом.

Запропонована технологічна схема ДСО дозволяє використовувати всі відомі види газових та рідких палив, твердих відходів, біологічних палив, альтернативних джерел теплоти, тощо [12].

Проведене дослідження дозволяє вирішити оптимізаційну задачу по визначенню економічної привабливості транспортування теплової енергії мобільними акумуляторами (рис. 9).

Вартість доставлення теплоти тепловими акумуляторами має пряму залежність від транспортних та

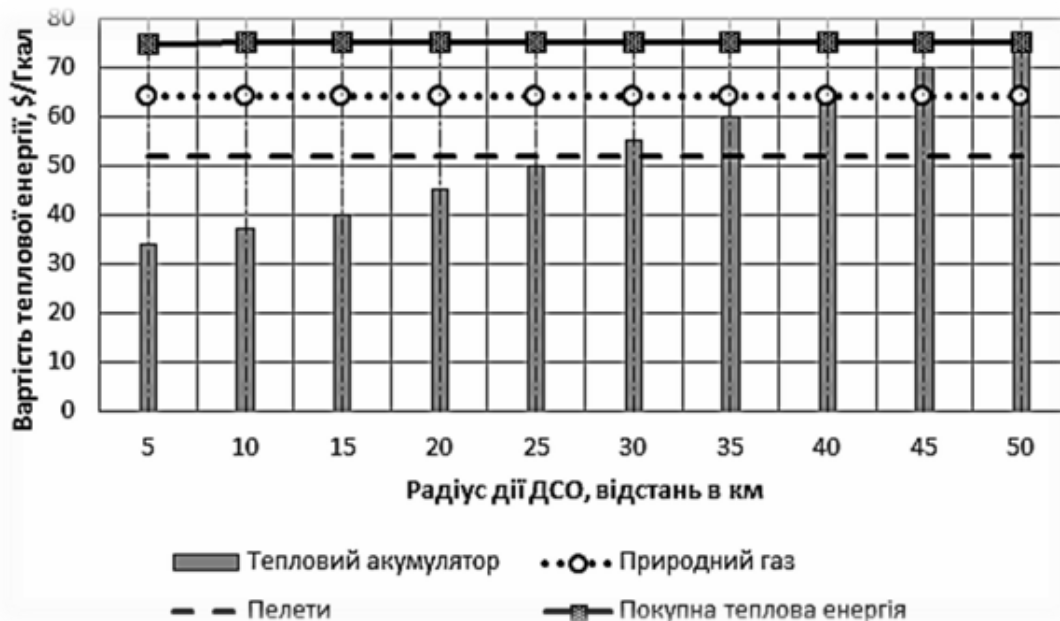


Рис. 9. Залежність ціни теплової енергії від відстані до споживача.

операційних витрат. Аналіз графика на рис. 9 показав, що використання мобільного теплоакумулятора на відстані до 25 км до споживача вигідніше генерації теплоти з використанням пелет, відповідно до 40 км генерації на природному газі, та до 50 км вартості покупної теплоти від центральної котельної. Теплова енергія, отримана шляхом використання ДСО, транспортується за допомогою мобільного акумулятора, об'єм якого може варіюватися в залежності від цілей та технічних особливостей транспортного засобу. Враховуючи динаміку зростання цін на пелети та природний газ оптимальним об'ємом баку-акумулятору є 5...10 м³ РСМ.

Алгоритм проведення розрахунків вагових коефіцієнтів здійснюється наступним чином:

1. Головним показником енергетичної ефективності kE_1 є якість і кількість виробленої теплоти (Гкал). Як можна бачити з таблиці 1 та рис. 6, найбільший об'єм складає покупна теплова енергія, адже за допомогою неї опалюється більша частина об'єктів. На першому етапі впровадження проекту пропонується використання теплового акумулятора ємністю 5,0 м³ РСМ, що дозволить компенсувати пікові навантаження, покращити тепловий баланс та використовувати місцеві види палива. Кількість виробленої в середньому за місяць опалювального періоду теплоти прийнято з початкових даних статистичної звітності ОТГ.

2. Економічний коефіцієнт kE_2 пропонується обчислювати як співвідношення вартості 1,0 (Гкал) та прийнятого місцевого тарифу теплової енергії. На основі попередніх, багаторічних, натурних досліджень, авторами зроблено висновок, що приблизно 80% вартості 1,0 Гкал теплоти складає вартість палива. Ґрунтуючись на цьому, можна з великою долею вірогідності визначити вартість 1,0 Гкал теплової енергії. Вартість палива у 2018 році в ОТГ складала: Природний газ – 1,0 м³ – 12,18 грн.; Електроенергія – 1,0 кВт·г – 2,864 грн.; Вода 1,0 м³ – 15,00 грн.; 1,0 тонна пеллет – 3800,00 грн.; 1,0 скл.метр дров – 480,00 грн. Розрахунки проведені в доларах США, по курсу 1 \$ = 27 грн., що дає змогу враховувати зміни вартості палива. Економічний коефіцієнт визначається співвідношенням вартості палива плюс

20% операційних витрат до вартості 1,0 Гкал, за формулою:

$$kE_2 = 1,2 G / I, \% . \quad (7)$$

3. Екологічний коефіцієнт kE_3 визначався як відношення шкідливих викидів в атмосферу за рахунок певного виду опалення, до допустимих норм [2, 13]. Проведені розрахунки представлені в таблиці 2.

Зауважимо, що для певного виду отримання теплової енергії врахована різна вартість палива. Найбільше значення вартості 1,0 Гкал було отримано для електроенергії, найменше – для теплового акумулятора. При визначенні вартості отриманої теплової енергії враховано, що енергія, яка отримана від теплового акумулятора, повинна коштувати мінімум на 10% менше ніж від найдешевшого стаціонарного джерела теплоти, працюючого на дровах.

На основі отриманих даних щодо використання різних видів палива для обігріву будівель в ОТГ було виконано розрахунки за допомогою експрес-методу «3Е» для визначення ефективності різних джерел опалення та прийняття рішення щодо впровадження системи ДСО.

Як можна бачити на рисунку 10, трикутна діаграма більше інформативно відображає реальну ситуацію тепlopостачання об'єктів ОТГ різними джерелами теплоти. Результати графоаналітичного дослідження представлені на рис. 10,а у вигляді традиційної криволінійної діаграми та для порівняння у вигляді «3Е» діаграми (рис.10,б) з критерійним полем задовільного інтервалу, що знаходиться у межах трикутної діаграми.

Використання мобільного джерела тепlopостачання з мобільним акумулятором найвигідніше. Джерела тепlopостачання на дровах, що використовують як паливо, найпривабливіші по економічним параметрам, проте програють іншим джерелам теплоти з екологічної і енергетичної точки зору. Теплова енергія, генерована автономними газовими котлами, з енергетичної та екологічної точки зору вигідніша, ніж генерована котлами що використовують деревні пелети. Генерація теплоти центральними котельними та електроенергією не доцільна та виходить за межі критеріального поля.

Таблиця 2. Значення коефіцієнтів ефективності, економічності та екологічності

Джерело теплоти	$kE1\%$	$kE2\%$	$kE3\%$
Тепловий акумулятор	31	25	91
Дрова	42	30	81
Природний газ	65	8,97	62
Пелети	53	24,3	57
Покупна теплова енергія	72	8,54	44
Електроенергія	27	4,5	25

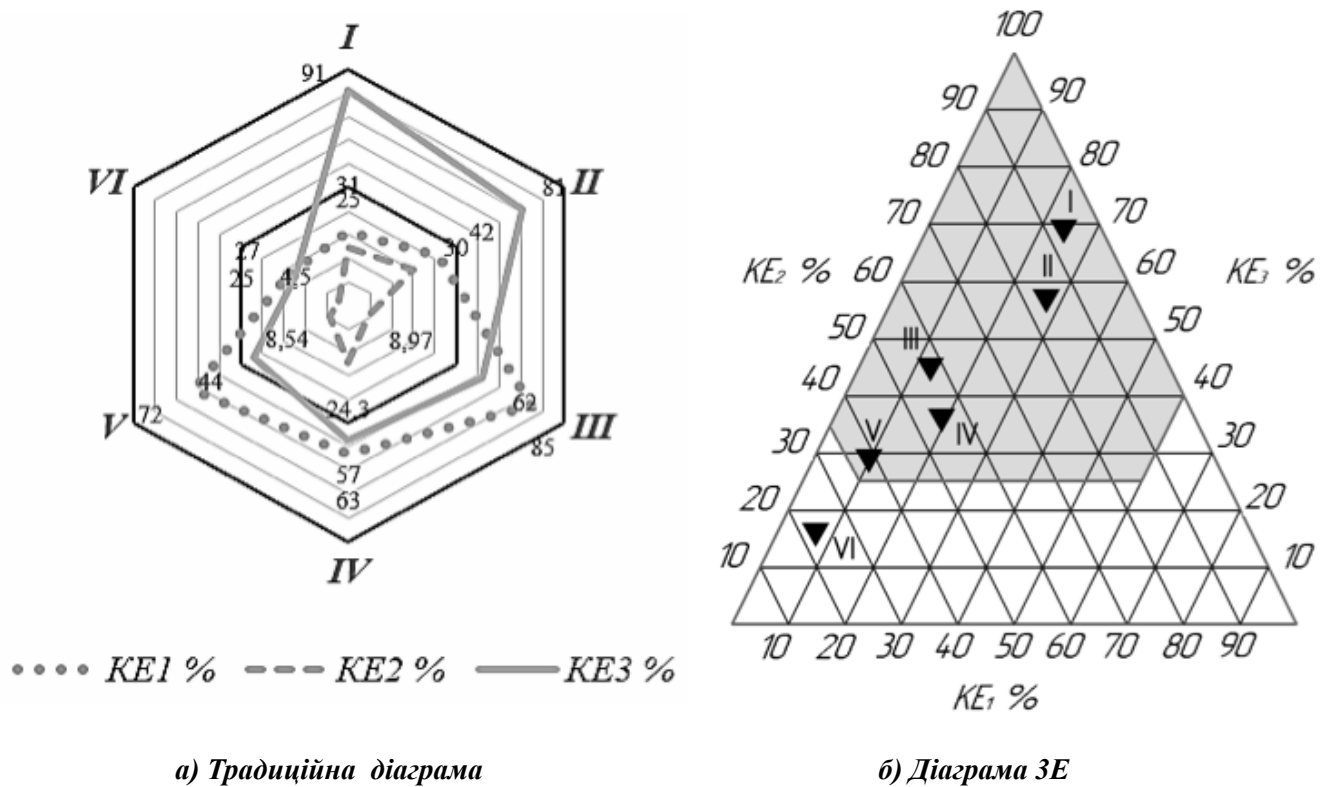


Рис. 10. Порівняння ефективності отримання теплоти різними джерелами, де: I – тепловий акумулятор ДСО; II – дрова; III – природний газ; IV – пілетки; V – покупна теплова енергія; VI – електроенергія.

7. SWOT-аналіз результатів дослідження

Strengths. Сильними сторонами запропонованого методу є його гнучкість та можливість застосування в будь-якій сфері діяльності при стратегічному плануванні та прийнятті управлінських рішень; легкість застосування без проходження спеціальних підготовчих курсів та отримання додаткової освіти; швидкість та висока точність отримання результату.

Weaknesses. Запропонований метод на сьогодні не є стандартизованим в Україні, таким чином результат експрес-аналізу має інформативний характер.

Opportunities. Для всебічної інтеграції даного методу доцільним є створення спеціалізованого програмного забезпечення, що може бути використано на підприємствах та в органах влади для систематичного користування. Автоматизація представленого методу у вигляді програмного забезпечення дасть змогу проводити аналіз в режимі реального часу та визначати динаміку змін поля задовільних інтервалів та рейтингу досліджуваних об'єктів. Дані властивості можуть бути корисні при використанні на фондовій біржі, штабі збройних сил і таке інше.

Threats. У зв'язку з нестабільністю економічного середовища може виникнути необхідність проведення експрес-аналізу повторно, з урахуванням змін в

економіці країни, а таким чином і змін у полі задовільних інтервалів.

Висновки

1. У даній статті детально проаналізовано систему опалення населеного пункту та визначено її сильні та слабкі сторони. Побудовано графи, що описують стан системи опалення до та після впровадження системи ДСО.

2. Проведено дослідження сучасних методів прийняття рішень в умовах багатокритерійності. Сформульовані слабкі і сильні сторони наявних класичних багатокритерійних методів оцінки. Надано опис нового методу, який запропоновано назвати методом центру мас "3Е", який має низку вагомих переваг.

3. Аналіз впровадження інвестиційного проекту на реальному об'єкті проведений методом "3Е" показав, в порівнянні з відомими методами прийняття рішень, більш високу збіжність результатів і кращий результат, проілюстрований на трикутній діаграмі.

4. Проведені дослідження показали, що при використанні методу «3Е» непотрібно проводити велику кількість ітерацій для отримання результатів із задовільною вірогідністю. Перевагою даного методу є одночасне отримання наочного поля задовільних

результатів та рейтингу об'єктів дослідження, окрім того, з'являється можливість подальшого використання методу «ЗЕ» в будь-якій сфері діяльності.

5. Результати дослідження показали, що тепло-ва енергія, яка отримана за допомогою дискретної системи опалення, найкраще задовольняє потреби населеного пункту. При цьому додатково збільшує ризикозахищеність та живучість системи опалення, покращується екологічний стан навколишнього середовища тощо. Наочно результат представлений на трикутній діаграмі та обгрунтовано оптимальне плече підвезення теплоти тепловими акумуляторами для заміщення традиційних видів палива.

ЛІТЕРАТУРА

1. Демченко В.Г., Фалько В.Ю., Гронь С.С. Мобільні акумулятори для дискретних систем теплохолодосточання. Частина 1. Пром. теплотехніка, 2018, т. 40, №2, с. 20-26. <https://doi.org/10.31472/ihe.2.2018.03>
2. Демченко В.Г., Трубачев А.С., Фалько В.Ю., Гронь С.С., Мобільні акумулятори для дискретних систем теплохолодосточання. Частина 2, Промислова теплотехніка, 2018, т. 40, №3, с. 57-69. <https://doi.org/10.31472/ihe.3.2018.08>
3. Jorge Nocedal and Stephen J. Wright : Numerical optimization. Springer Science + Business Media, 2006.
4. Gabriele Eichfelder: Adaptive scalarization methods in multiobjective optimization. Springer, 2008.
5. Орлов А.И. Теория принятия решений. Учебное пособие // М. : «Март», 2004. 656 с
6. Кох Р. Принцип 80/20. // К. : видавнична група КМ- БУКС, 2017, 336 с
7. Roger A. Johnson. Advanced Euclidean Geometry. – Dover, 2007, p. 173.
8. Демченко В.Г., Трубачев А. С., Експрес-аналіз доцільності проведення енергозберігаючих заходів, The scientific method, ISSN 2708-5341, (Warszawa, Poland), №20/ 2018, с.74-77
9. Demchenko V., Trubachev A., Hron S., Comparative analysis of the Efficiency of gas Boilers by express method of multi-criteria Assessment / V. Demchenko, A. Trubachev, S. Hron // Technology audit and production reserves – № 5/1(43). 2018. p. 34 – 41.
10. Демченко В.Г., Макаренко Л.А., Гронь С.С. Визначення ефективності ізоляційних матеріалів, Danish Scientific Journal, ISSN 3375-2389, (Copenhagen, Denmark), № 20, 2018, с. 21 – 27.
11. Офіційний портал Михайло-Коцюбинської об'єднаної громади <https://mkocubynska-gromada.gov.ua/istorichna-dovidka-17-38-47-19-04-2017/>
12. Демченко В.Г., Усунення загроз забезпечення теплом інфраструктурних об'єктів, Промышленная теплотехника, 2017, т. 39, №2 с. 70-74.
13. Постанова КМУ від 28.12.2001 № 1780 «Про затвердження Порядку розроблення та затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел».

**ESTIMATION INTRODUCTION OF THE
DISCRETE HEATING SYSTEM OF THE
SETTLEMENT USING THE EXPRESS-METHOD
«3E»**

Demchenko V.G., Trubachev A.S., Hron S.S.

*Institute of Technical Thermophysics of the National
Academy of Sciences of Ukraine, vul. Zhelubova, 2a,
Kyiv, 03057, Ukraine*

<https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2019.6>

The energy system of Ukraine, as well as the world power industry now in a phase of change related to the deterioration of the environment, a large number of new technologies and a change in global geopolitics. Thus, there is a need for quick decision-making when introducing new products, technologies and methods. The article proposes a modern approach to solving key strategic issues at the enterprise. A comparative analysis of existing classical methods of making management decisions is made and a number of advantages of the author's method are revealed. In this article, with the help of the proposed method, the feasibility of introducing a discrete heating system in the village is determined. In order to achieve this goal, the structure of the heat sources used in the settlement is determined, an analysis of the users of heating and comparison of the prices for heat energy is obtained using natural gas, pellets and a discrete heating system. The next step is to compare all sources of heat energy by the three main weighting criteria that most accurately reflect their quality. The preliminary expression of each criterion in a numerical dimensionless expression allows us to obtain a decision to make an optimal decision by graph-analytical method. This allows us to determine the main factors influencing the object of research and the decision making decision to three equally weighted coefficients: energy, ecology, economics. The obtained indicators are the faces of a triangular diagram, which forms the general plane within which all investigated objects or processes are located. The next step is to determine the field of satisfactory results, which has a flexible system of construction, which accurately shows the limits, taking into account the conditions of a specific task and goals. The triangular diagram has a visually accessible structure, so it is easy to understand to untrained people. As can be seen from the rating, the use of mobile heat supply with mobile battery is the most advantageous. Sources of heat supply on wood used as fuel, the most attractive from an economic point of view, however, lose to other sources of heat from the ecological and energy point of view.

References 13, figure 10, table 2.

Keywords: criterion, method, making decision, system, heat supply, efficiency.

1. *Demchenko V.G., Falko V.U., Hron S.S.* [Mobile accumulators for discrete systems of heat-supplying. Part 1.], *Prom. Teplotekhnika* [Industrial Heat Engineering], 2018, vol.40. No. 2, P. 20-26 (Ukr.) <https://doi.org/10.31472/ihe.2.2018.03>

2. *Demchenko V.G., Trubachev A.S., Falko V.Y., Hron S.S.* [Mobile accumulators for discrete systems of heat-and-water supply. Part 2], *Prom. Teplotekhnika* [Industrial Heat Engineering], 2018, vol. 40, No. 3, P. 57-69 (Ukr.) <https://doi.org/10.31472/ihe.3.2018.08>

3. *Jorge Nocedal and Stephen J Wright:* Numerical optimization. Springer Science+ Business Media, 2006.

4. *Gabriele Eichfelder:* Adaptive scalarization methods in multiobjective optimization. Springer, 2008.

5. *Orlov A.Y.* [The theory of decision-making. Tutorial], M.: «Mart» [Moscow: "March"], 2014. 656 p. (Rus.)

6. *Koch P.* [Principle 80/20.] Kiev: publishing group of «KM-Books», 2017, 336 p. (Ukr.)

7. *Roger A. Johnson.* [Advanced Euclidean Geometry], Dover, 2007, 173 p.

8. *Demchenko V.G., Trubachev A.S.,* [Express-analysis of expediency of energy saving measures], *The scientific method*, ISSN 2708-5341, (Warszawa, Poland), No. 20/2018, p.74-77 (Ukr.)

9. *Demchenko V., Trubachev A., Hron S.,* [Comparative analysis of the Efficiency of Gas Boilers by the express method of multi-criteria evaluation], *Tekhnolohichnyy audyt ta rezervy vyrobnytstva* [Technology audit and production reserves] No. 5/1 (43). 2018, p. 34 - 41. (Ukr.)

10. *Demchenko V.G., Makarenko L.A., Hron S.S.* [Determination of the Efficiency of Insulating Materials], *Danish Scientific Journal*, ISSN 3375-2389, (Copenhagen, Denmark), № 20, 2018, P. 21 – 27. (Ukr.)

11. *The official portal of the Mykhailo-Kotsiubynsky united community* <https://mkocubynska-gromada.gov.ua/istorichna-dovidka-17-38-47-19-04-2017/>, 2017 (Ukr.)

12. *Demchenko V.G.,* [Removing the Threats to Provide Heat to Infrastructure Objects], *Promyshlennaya teplotekhnika* [Industrial Thermal Engineering], 2017, vol. 39, No. 2 P. 70-74 (Ukr.)

13. [Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 28.12.2001 No. 1780 "On Approval of the Procedure for the Development and Approval of Permitted Permits for Pollutants from Stationary Sources"], 2001 (Ukr.)

Отримано 15.01.2019

Received 15.01.2019