

corresponding system of equations is given as a mathematical model, which was supplemented with auxiliary dependencies that determine the boundary conditions of the operation of individual subsystems of transport machines, their control conditions and transitions of the model from a dynamic state based on a simulation model, the characteristics of machines and their structural elements in time are calculated for cases of partial high-speed and loading modes and transitions between them.

Matching the characteristics of transport vehicles with the operating conditions, justifying their optimal design parameters, was carried out by selecting the transmission parameters, which ensure the improvement of conditions by partial damping of load fluctuations. The results of the parameters of the damping assembly of the transmission of the KamAZ-4308 car for different driving modes are presented. For these conditions, basic, theoretical, and experimental evaluations of the consistency coefficient were carried out, as well as recommended driving modes of transport vehicles when removing grain from the КамАЗ-4308 combine for cars and МТЗ-82+2ПТЦ4 tractor units.

**efficiency, transport machine, agricultural production, operational characteristics, structural model, simulation model, consistency coefficient, transmission**

*Одержано (Received) 19.11.2022*

*Прорецензовано (Reviewed) 29.11.2022*

*Прийнято до друку (Approved) 29.12.2022*

**УДК 519.8**

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.6\(37\).2.57-67](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.6(37).2.57-67)

**Л.А. Тарандушка**, доц., д-р техн. наук, **Н.Л. Костьян**, доц., канд. техн. наук,

**І.П. Тарандушка**, ст. викл., **С.С. Курко**

*Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна*

*e-mail: tarandushkal@ukr.net; 438knl@gmail.com; tarandushka@ukr.net, s.s.kurko.fktdm21@chdtu.edu.ua*

**Е.С. Клімов**, доц., канд. техн. наук

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчуцьк, Україна*

*e-mail: edward.klimov@gmail.com*

**М.В. Мельниченко**

*Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України, м. Черкаси, Україна*

*e-mail: 24\_kdtz@ukr.net*

## Методика визначення та розташування оптимальної кількості зарядних станцій для електротранспорту в населеному пункті

Досліджується проблема визначення оптимальної кількості та розташування зарядних станцій для електротранспорту в межах міста. Для вирішення цієї проблеми було визначено критерії, фактори та обмеження оптимального розміщення зарядних станцій. Так як задача включала в себе забезпечити комфортну експлуатацію електромобілів містянами до 2025 року, то була необхідність спрогнозувати кількість електромобілів, що будуть зареєстровані в місті Черкаси. Для цього було складено портрет потенційного споживача, визначено потенційні потужності ринку транспорту. Також було визначено ключові місця концентрації потенційних клієнтів, виконано підбір рівня зарядних станцій для електромобілів, що будуть забезпечувати їх експлуатацію в місті Черкаси та виконано розрахунок оптимальної кількості зарядних станцій для Південно-Західного району міста Черкаси.

**електромобілі, зарядні станції, оптимальна кількість, розташування**

**Постановка проблеми.** Використання електромобілів населенням країни є важливим і перспективним фактором без якого не можливо уявити розвиток транспортної галузі України. Для забезпечення комфортного використання електромобілів населенням необхідно передбачити оптимальну кількість та розташування електростанцій. При плануванні зарядної інфраструктури для електромобілів необхідно враховувати безліч факторів та обмежень. По перше, необхідно виходити з того, хто і для чого збирається встановити зарядні станції. Це може бути приватна організація – власник мережі зарядних станцій для електромобілів. Її метою, найімовірніше, є максимізація прибутку за мінімальних витрат. Така організація постарається розмістити станції в місцях максимального попиту, найбільш зручні для ймовірного користувача. Якщо ж розгортанням інфраструктури займаються муніципальні органи влади, то особи, приймаючі рішення повинні взяти до уваги логістичні та соціальні фактори. Шляхом встановлення зарядних станцій у відповідних місцях можна якоюсь мірою перенаправляти міський трафік, розвантажувати проблемні ділянки доріг, стимулювати розвиток окремих районів міста.

**Постановка завдання.** Метою роботи є виявлення методики визначення оптимальної кількості та розташування зарядних станцій для електромобілів в межах міста для забезпечення комфортного користування місцевими жителями.

**Аналіз останніх досліджень публікацій.** У різних джерелах, присвячених плануванню зарядної інфраструктури для електромобілів, згадується поняття «радіус обслуговування» зарядної станції [1]. Власне, під цим параметром мається на увазі просто величина пробігу транспортного засобу в кілометрах або відстань, яку може проїхати електромобіль після однієї зарядки протягом заданого часу. Припустимо, що у точках А та В (рис. 1), які розташовані на відстані 100 км, знаходяться зарядні станції. Електромобіль, маючи спочатку повний заряд, цілком може дістатися з пункту А до пункту В. Проте, найчастіше, власник транспортного засобу хоче дістатись деякого пункту С і повернутися назад. В такому випадку, фактична відстань пересування виходить більшою.

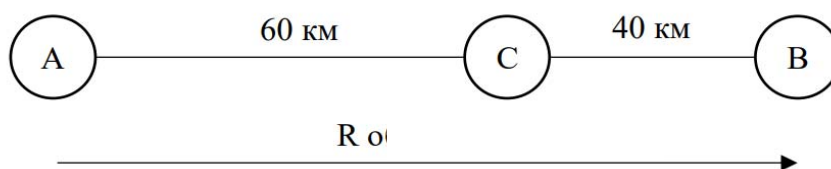


Рисунок 1 – Радіус обслуговування зарядної станції

*Джерело: розроблено авторами*

Крім того, відстань між вихідним та кінцевим пунктом не можна вважати лінійною, оскільки фактична траєкторія руху автомобіля не є прямолінійною.

Існує безліч математичних підходів щодо оптимального розміщення будь-яких об'єктів. В роботі [2] аналізуються вимоги до інфраструктури для розміщення електростанцій в житлових будинках для однієї сім'ї, багатоквартирних житлових будинках і комерційних будинках, що є вихідними даними для математичних моделей. В роботі [3] пропонується модель розташування зарядних станцій для електромобілів, що базується на основі моделі покриття існуючих АЗС як потенційних місць для визначення розподілу зарядних станцій та заміни акумуляторів. В роботі [4] для аналізу феномена інтеграції електромобілів з'явився підхід моделювання на основі агентів, в якості яких розглядаються власники транспортних засобів, виробники транспортних засобів, власники домоволодінь, політики, маркетологи. Найбільш

вдалим способом визначення оптимального розташування зарядних станцій для електромобілів є метод ієрархічної кластеризації [5]. Автори пропонують підхід, якому місто розбивається на кластери, а «точки попиту» – потрібне місце установки зарядної станції, визначаються виходячи з обсягу трафіку автомобілів. Для цього пропонується використовувати дані з камер спостереження за дорожнім рухом або якісь датчики/лічильники, встановлені, наприклад, під дорожнім полотном.

**Виклад основного матеріалу.** Істотним обмеженням для розташування зарядної станції є доступність точок підключення до електромережі. Трансформаторні підстанції повинні розташовуватися як якомога ближче до передбачуваного місця встановлення зарядної станції, що дозволить скоротити втрати в лінії живлення і знизить витрати на організацію підведення. Але у будь-якому випадку, головним обмеженням є вартість розгортання мережі зарядних станцій.

Кількість зарядних станцій або точок підключення, а також їх пропускна спроможність має бути достатньою для зарядки всіх наявних у місті електромобілів. Місткість батарей сучасних електромобілів становить 25-40 кВт \* год, пробіг за повного заряду становить 120-180 км. Вважатимемо, що кожен електромобіль заряджається щодня, незважаючи на те, що його добовий пробіг може бути менше максимально можливого.

Таким чином, ставиться завдання: розмістити мінімально необхідну кількість зарядних станцій для електромобілів таким чином, щоб задовольнити попит, забезпечити фактичний радіус обслуговування при умови мінімальних витрат за їх установку.

Обмежимо область досліджень станціями повільного заряду, тобто виберемо станції, що працюють на змінному струмі та видають потужність близько 7 кВт. У такому режимі електромобіль може повністю зарядитись за 3-4 години. Власники можуть заряджати свої електромобілі у такому режимі вночі, коли автомобіль знаходиться на прибудинковій території або в гаражі, також у денний час, коли електромобіль знаходиться на парковці, обладнаній електрозарядним пристроєм.

Оскільки ми розглядаємо проблему розміщення станцій повільної зарядки, а не швидкої, то більш правильним буде виходити з кількості мешканців, в кожному районі. Припускатимемо, що кількість необхідних точок для зарядки електромобілів пропорційна кількості населення району. Тоді, модифікований метод кластеризації полягатиме в наступному.

По-перше, карта міста розбивається на райони, у кожному з яких визначається кількість мешканців. Можна використовувати адміністративні райони міста, як це показано на рис. 2, вручну задавати координати великих житлових масивів або взагалі використовувати ортогональну сітку.



Рисунок 2 – Карта адміністративного поділу м. Черкаси

*Джерело: розроблено авторами*

Осередок сітки, або район міста і називається кластером. Потім визначають приблизну кількість мешканців у кожному кластері. Для центральних частин міста, де зосереджені адміністративні та офісні будівлі, можна взяти не кількість зареєстрованих мешканців, а кількість людей, що перебувають у будинках. Надалі, зарядні станції будуть розміщуватись з урахуванням кількості можливих споживачів. Цей показник буде ваговим коефіцієнтом кластера. Для відображення «ваги» кластера використовуємо коло, радіус якого пропорційний кількості потенційних споживачів у кластері, як це показано на рис. 3.



Рисунок 3 – Карта міста Черкаси з прогнозованими точками попиту

*Джерело: розроблено авторами*

Спочатку, як точка розташування зарядної станції може служити кожна житлова/адміністративна будівля, торговельний комплекс або паркування. Таких точок набагато більше, ніж кількість зарядних станцій у розпорядженні. Тому ці точки слід об'єднувати в кластери за критерієм кількості мешканців. Об'єднані точки утворюють кластер другого рівня, кілька об'єднаних кластерів другого рівня утворюють кластер третього рівня і так далі.

Центр кожного нового кластера вищого рівня розташовується в центрі мас точок чи кластерів, які він об'єднує. Тобто центр кластера зміщений у бік точок із більшою щільністю населення.

Таким чином, у міру підвищення рівня ієрархії на карті залишається все менше та менше кластерів. Це дозволить особам, які приймають рішення, вибрати найбільш підходящий рівень ієрархії з урахуванням кількості ресурсів у їхньому розпорядженні.



Рисунок 4 – Фрагмент мапи м. Черкаси з кластерами 2 та 3 рівнів

*Джерело: розроблено авторами*

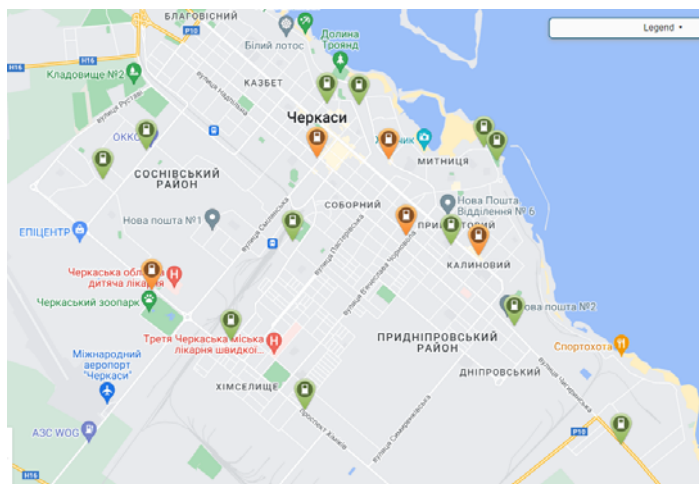


Рисунок 5 – Розташування існуючих зарядних станцій для електромобілів в місті Черкаси

Джерело: розроблено авторами

Вихідною інформацією для розробки алгоритму визначення розташування зарядних станцій є припущення про те, що кількість зарядних станцій завжди менше кількості можливих точок-кандидатів.

Серед кандидатів шукатимемо ту точку, в якій забезпечується максимум критерію оптимізації.

Як головний критерій вибору місця розташування зарядної станції приймемо суму відстаней до центрів кластерів з урахуванням ваги кожного з них. Тобто, одна і та ж відстань розцінюватиметься по-різному для районів із різною чисельністю.

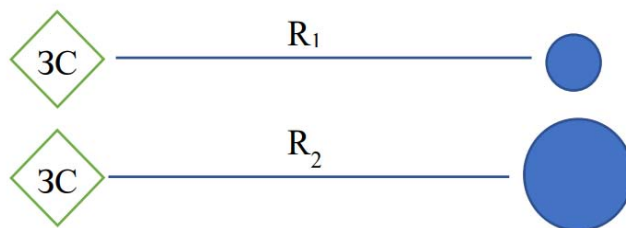


Рисунок 6 – Пояснення критерію оптимізації

Джерело: розроблено авторами

Критерій оптимізації:

$$Q = \sum_i R_i \cdot P_i \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $i$  – номер кластера;

$P_i$  – чисельність населення в  $i$ -му кластері.

Сформулюємо алгоритм розміщення зарядних станцій наступним чином.

1. Задаємося рівнем ієрархії, він визначає кількість та параметри кластерів у розгляді.

2. Визначаємо координати центрів кластерів та кандидатів на встановлення зарядних станцій для електромобілів.

3. За кожною точкою-кандидатом закріплюємо кластери, виходячи з радіусу обслуговування зарядної станції. Закріплені кластери викреслюються зі списку на поточній ітерації (щоб не потрапити до розрахунку іншого кандидата).

4. Коли всі кластери закріплені за кандидатами, розраховується критерій оптимізації.

5. Результат розрахунку (набір точок-кандидатів і критерій, що вийшов за результатами оптимізації) зберігається та точки-кандидати, які взяли участь на ітерації викреслюються зі списку.

6. Пункти 1-5 повторюють доти, доки не будуть перебрані всі кандидати.

Для прогнозування кількості електромобілів в регіоні, необхідно визначити основні ознаки власників електромобілів та частку населення регіону, що відповідають даним ознакам ( $X_1 - X_6$ ).

Визначивши частку потенційних власників електромобілів для кожної функції в м. Черкаси, ми будемо використовувати наступну формулу для визначення парку електромобілів:

$$N_{\text{п.е.}} = \frac{N_{\text{н}}}{X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4 \cdot X_5 \cdot X_6}, \quad (2)$$

де  $N_{\text{н}}$  – кількість населення в м. Черкаси (282 тис.осіб), що приймається за 1;

$X_1$  – частка населення віком від 30-40 років, 0,14;

$X_2$  – частка чоловіків серед населення м. Черкаси, 0,43;

$X_3$  – частка одруженого населення, 0,32;

$X_4$  – частка населення з вищою освітою, 0,38;

$X_5$  – частка населення, що проживає в приватному будинку, 0,08;

$X_6$  – частка населення, що має дохід 20000 - 30000 грн., 0,15.

$$N_{\text{п.е.}} = \frac{1}{0,14 \cdot 0,43 \cdot 0,32 \cdot 0,38 \cdot 0,08 \cdot 0,15} = 11383 \text{ шт}$$

Таким чином, при належному рівні розвитку зарядної інфраструктури, постійно підлаштовуючись під поточні потреби власників, до 2025 року можна отримати парк електромобілів в кількості 11383 шт. Це означає, що портрету потенційного власника електромобіля відповідає 4,03 % населення міста.

Склавши портрет споживача, і визначивши потенційну ємність ринку електромобілів в місті Черкаси, необхідно повернутися до одного важливого питання щодо ключових точок концентрації потенційних власників електромобілів. Результат опитування показаний на рис. 7.



Рисунок 7 – Результати опитування, щодо зручності зарядки електромобілів

Джерело: розроблено авторами

Аналізуючи гістограму, можна зробити висновок, що найпопулярнішим місцем проведення часу є будинок, де проживає опитуваний, за яким слідує торгові центри і спортивні / фітнес-центри. Найменш популярними місцями є театри і кінотеатри. Графа «Інше» включає відповіді - в гаражі, на риболовлі, на дачній ділянці і т.п. - місця, де неможливо забезпечити споживача зарядною інфраструктурою.

Під вибором зарядних станцій ми розуміємо тип (рівень) зарядних станцій. Від цього залежить час зарядки акумулятора електромобіля. Тому необхідно визначити місця, де люди проводять достатньо часу на зарядку електромобіля з різним рівнем зарядних станцій.

Зарядні станції 3 рівня підходять для установки у всіх перерахованих місцях.

Немає норм щодо необхідної кількості зарядних станцій для певного парку. Пропонується адаптувати норми для АЗС, внести корективи щодо особливостей процесу технічної зарядки та кількості зарядів електромобілів за одиницю часу.

Відповідно до «Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень ДБН 360-92» [6] застосовуються такі норми, встановлені для необхідної кількості АЗС, а саме 1 паливно-роздавальний пістолет на 1200 автомобілів. Ми адаптуємо ці стандарти для електричних зарядних станцій [7].

Згідно з опитуванням, середньодобовий пробіг автомобілів складає 23,9 км/день, щотижневий пробіг складає 168 км.

Для того щоб оцінити необхідну кількість палива за тиждень, обираємо найпопулярніший автомобіль в Україні на 2021 рік. Ним виявився Volkswagen Polo з об'ємом двигуна 1.6 л. У заявлених характеристиках автомобіля витрата палива в комбінованому циклі становить 5,8 літра на 100 км.

Розглянемо електромобілі на прикладі найпопулярнішої марки в Україні - Nissan Leaf. Заявлений виробником пробіг становить 160 км. на одному заряді. Всі зарядні електростанції, що розташовуються в м. Черкаси є швидкозарядними, що забезпечують 80% заряду акумулятора за 30 хв. Тому необхідну кількість зарядок для одного електромобіля за тиждень можна розрахувати за наступною формулою [7]:

$$N_{з\text{ел}} = \frac{L_{\text{тиж}}}{L_{13} \cdot 0,8} = \frac{168}{160 \cdot 0,8} \approx 1,3, \quad (3)$$

де  $L_{13}$  – пробіг електромобіля за 1 зарядку, км.

$L_{\text{тиж}}$  – пробіг електромобіля за тиждень, км;

Необхідна кількість заправок автомобіля за тиждень:

$$N_{з\text{авт}} = \frac{L_{\text{тиж}}}{\frac{V_{\text{пал.бак}}}{N_{\text{витр}}} \cdot 100} = \frac{168}{\frac{55}{5,8} \cdot 100} \approx 0,2, \quad (4)$$

де  $N_{\text{витр}}$  – норми витрат палива на 100км, л.

$V_{\text{пал.бак}}$  – об'єм паливного баку автомобіля;

Необхідно порівняти витрати часу на заправку автомобіля паливом та зарядки електромобіля.

За технічними даними процес заправки автомобіля паливом на заправці становить в середньому 5 хвилин.

Для визначення оптимального співвідношення зарядних станцій до електромобілів будемо використовувати наступну формулу:

$$X_{\text{ел}} = \frac{X_a}{\frac{T_{\text{ел}} \cdot N_{\text{зел}}}{T_a \cdot N_{\text{з авт}}}}, \quad (5)$$

де  $X_a$  – нормативне значення кількості необхідних точок заправки автомобілів паливом;

$X_{\text{ел}}$  – нормативне значення кількості необхідних точок заправки електромобілів;

$T_{\text{ел}}$  – час заправки електромобіля, хв;

$N_{\text{зел}}$  – середня кількість зарядок електромобіля за тиждень;

$T_a$  – час заправки автомобіля паливом, хв;

$N_{\text{з авт}}$  – середня кількість заправок автомобіля за тиждень.

$$X_{\text{ел}} = \frac{1200}{\frac{30 \cdot 1,3}{5 \cdot 0,2}} \approx 31$$

Тобто, це означає, що норма не менше однієї електричної зарядної станції 3-го рівня на 31 електромобіль.

Як приклад розглянемо частину міста, щоб показати ефективність техніки. Надалі таким чином можна розглядати місто в цілому.

Для демонстрації методики був обраний Південно-Західний район міста Черкаси.

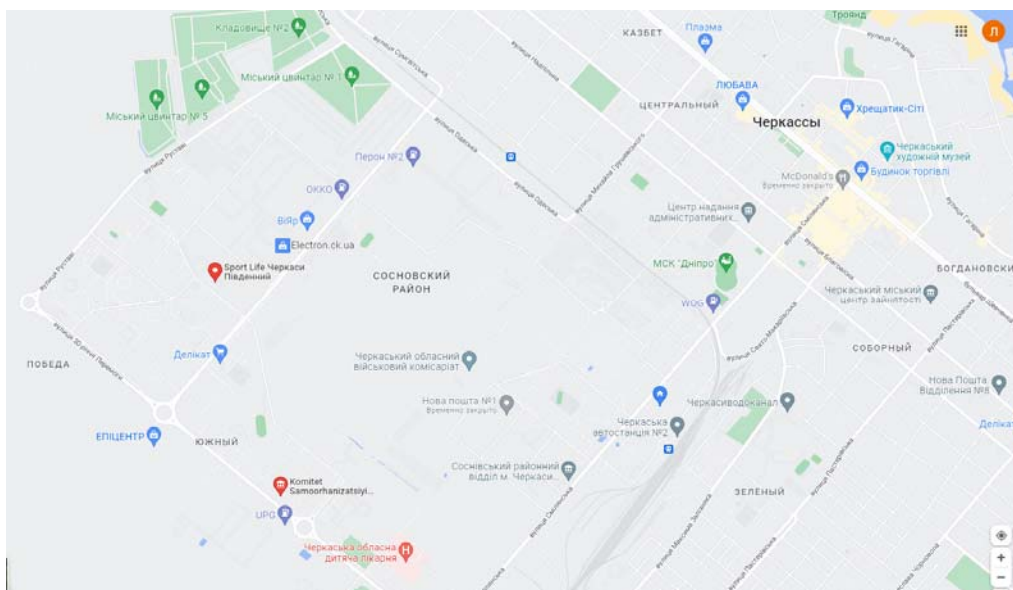


Рисунок 8 - Мапа Південно-Західного району міста Черкаси

Джерело: розроблено авторами

Населення Південно-Західного району міста Черкаси складає 55000 осіб. Так як 4,03 % населення відповідає портрету споживача електромобілів, то ми отримаємо прогнозований парк електромобілів 2216 шт. до кінця розрахункового періоду.

Для якісного забезпечення потреб населення необхідно мати в Південно-Західному районі міста 71 зарядне місце, які розташовані у раніше визначених місцях (табл. 1).



Таблиця 1 – Прогнозована структура мережі зарядних станцій для електромобілів в Південно-Західному районі м. Черкаси

Місце	Кількість
Житлові райони	30
Торгові центри	14
Фітнес-центри	10
Ресторани, кафе і т.п.	8
На відкритому повітрі	5
Театри, кінотеатри	4
Підсумок	71

Джерело: розроблено авторами

Мапа існуючих зарядних станцій міста Черкаси представлена на рис. 9

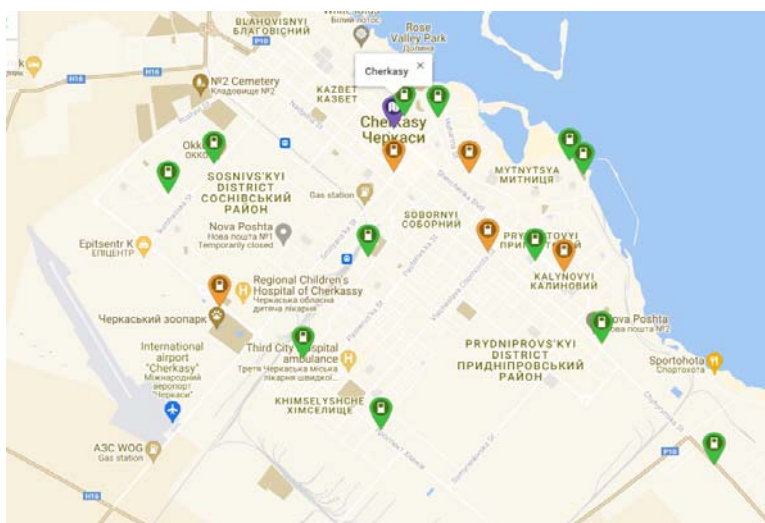


Рисунок 9 – Мапа існуючих зарядних станцій міста Черкаси

Джерело: розроблено авторами

Враховуючи необхідну кількість та бажані місця розташування зарядних станцій (відповідно до прогнозу кількості електромобілів в 2025 році) було розроблено мапу Південно-Західного району м. Черкаси

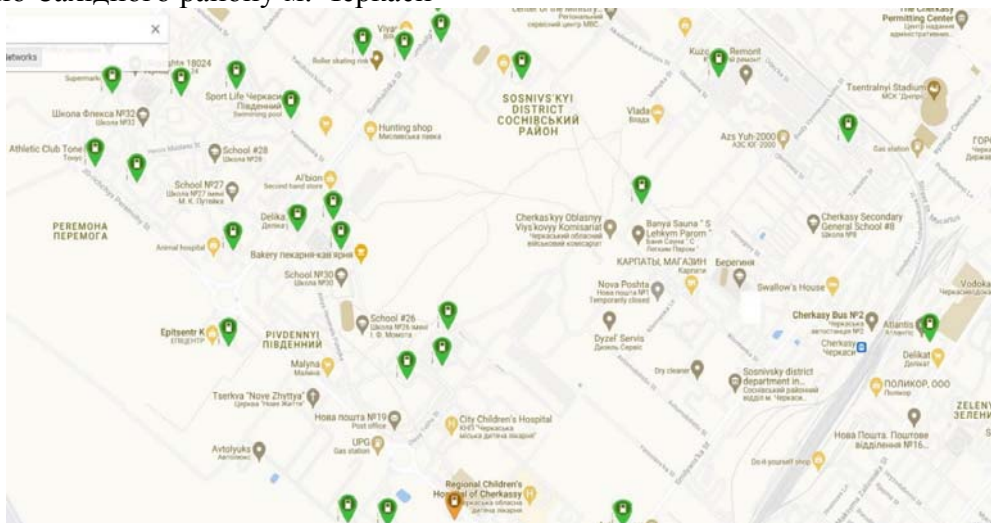


Рисунок 10 – Варіант розташування зарядних станцій Південно-Західного району м. Черкаси

Джерело: розроблено авторами

Оцінимо вартість встановлення необхідної кількості зарядних станцій.

Компанія AE Charge Point виготовляє домашні та комерційні зарядні станції для електромобілів з 2014 року. Дана продукція постачається в США, Канаду, Латинську Америку, Україну, Європу, Ізраїль та всі інші країни [8].

Проста зарядна станція, яка підходить для використання вдома чи на підприємстві та має роз'єми Type 2, Type1, GB, максимальною потужністю AC-43kW коштує від 399 €. Установка даної станції коштує ще 400 €.

Тому для облаштування 71 зарядного місця в Південно-Західному районі м. Черкаси необхідно витратити:

$$71 \cdot 8000 = 568000 \text{€}$$

При поступовій реалізації цього варіанту установки зарядних станцій протягом наступних 3 років річні витрати складуть близько 18933 €.

**Висновки.** Виконання проекту з забезпечення зарядними станціями для електромобілів вигідне як з точки зору матеріальних вкладень, так і з точки зору зайнятої корисної площі міських паркувальних місць.

Адміністрація міста Черкаси може бути зацікавлені в реалізації цього проекту в умовах програми розвитку міста. Це пов'язано з тим, що в результаті реалізації цього проекту очікується поліпшення екологічної ситуації міста, отримання прибутку від зарядки електромобілів і продажу нових електромобілів автосалонами.

## Список літератури

1. Du A, Hu Z, Song Y, Wu JY. Distribution network planning considering layout optimization of electric vehicle charging stations. *Power system technology*. 2011; 2(11):35-42.
2. K. Morrow, D. Karner and J. Francfort, "Plug-in hybrid electric vehicle charging infrastructure review", US Department of Energy-Vehicle Technologies Program, 2008.
3. H. Gao, Y. Huo and Y. Luo, Optimization Model of the Public EV Charging Station Distribution in City, International Conference on Transportation Engineering. ASCE, 2009. pp. 3166-3171.
4. T. Sweda and D. Klabjan, An agent-based decision support system for electric vehicle charging infrastructure deployment. Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC). IEEE, 2011. pp. 1-5.
5. A. Ip, S. Fong, E.Liu. Optimization for allocating BEV recharging stations in urban areas by using hierarchical clustering. Electric and hybrid vehicles design fundamentals; CRC Press, Taylor & Francis e-Library, 2005.
6. ДБН 360-92. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень. Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1992. 142 с. (Державні будівельні норми України).
7. Тарандушка Л.А., Курко С., Тарандушка І.П. Методика розрахунку необхідної кількості зарядних станцій для електромобілів в м. Черкаси . Збірник тез доповідей студентської науково-практичної конференції ЧДТУ : 19–22 квітня 2022 р. [Електронний ресурс] . М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. Черкаси : ЧДТУ, 2022. С. 95-96.
8. *Autoenterprise* : веб-сайт. URL: <https://autoenterprise.ua>. (дата звернення: 27.10.22).

## References

1. Du, A. (2011). Distribution network planning considering layout optimization of electric vehicle charging stations. *Power system technology*, 2(11), Pp. 35-42 [in English].
2. Morrow, K. (2008). Plug-in hybrid electric vehicle charging infrastructure review. *US Department of Energy-Vehicle Technologies Program* [in English].
3. Gao, H. (2009). Optimization Model of the Public EV Charging Station Distribution in City. *International Conference on Transportation Engineering*, ASCE, Pp. 3166-3171 [in English].
4. Sweda, T. (2011). An agent-based decision support system for electric vehicle charging infrastructure deployment. *Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC)*, IEEE, Pp. 1-5 [in English].

5. Ip, A. (2005). Optimization for allocating BEV recharging stations in urban areas by using hierarchical clustering. *Electric and hybrid vehicles design fundamentals*; CRC Press, Taylor & Francis e-Library [in English].
6. Mistobuduvannia. Planuvannia i zabudova miskykh i silskykh poselen [Urban planning. Planning and construction of urban and rural settlements] . (1992). *DBN 360-92*, Derzhavnyj komitet ukrainy u spravakh mistobuduvannia i arkhitektury [in Ukrainian].
7. Tarandushka L.A. (2022). Metodyka rozrakhunku neobkhidnoi kilkosti zariadnykh stantsii dlia elektromobiliv v m. Cherkasy [Methodology for calculating the required number of charging stations for electric cars in Cherkasy]. *Zbirnyk tez dopovidei studentskoi naukovo-praktychnoi konferentsii ChDTU* (pp. 95-96). Cherkasy : ChDTU [in Ukrainian].
8. Autoenterprise : Website. *autoenterprise.ua*. Retrieved from <https://autoenterprise.ua/> [in Ukrainian].

**Ludmyla Tarandushka**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Nataliia Kostian**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Ivan Tarandushka**, Senior Lecturer, **Stepan Kurko**, student

*Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine*

**Eduard Klimov**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

*Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine*

**Maksym Melnychenko**

*Cherkasy scientific research forensic centre of MMIA of Ukraine, Cherkasy, Ukraine*

### **Method of Determining and Locating the Optimal Number of Charging Stations for Electric Transportation in Settlement**

The problem of determining the optimal number and location of charging stations for electric transport within the settlement is being studied. To solve this problem, the criteria, factors and limitations of the optimal placement of charging stations were defined.

Since the task included ensuring the comfortable operation of electric cars by citizens until 2025, it was necessary to forecast the number of electric cars that will be registered in the town of Cherkasy. For this, a portrait of the potential consumer was drawn up, and the potential capacity of the transport market was determined. Also, the key points of concentration of potential customers were determined, the level of charging stations for electric vehicles that will ensure their operation in the town of Cherkasy was selected, and the calculation of the optimal number of charging stations for the South-Western district of Cherkasy was performed. Since there are no regulations regarding the required number of charging stations for a certain fleet, it was proposed to adapt the regulations for gas stations by making corrections regarding the features of the technical charging process and the number of electric vehicle charges per unit of time. With the help of the method of hierarchical clustering, demand points in charging stations for electric cars were determined and a map of their location was developed for the residents of the South-Western district of Cherkasy. The cost of this project was also calculated.

It can be concluded that the implementation of the project to provide charging stations for electric cars is profitable both from the point of view of material investments and from the point of view of the occupied useful area of town parking lots. The administration of Cherkasy may be interested in the implementation of this project under the terms of the city development program. This is due to the fact that the implementation of this project is expected to improve the town's environmental situation, generate profit from charging electric cars and sell new electric cars at car dealerships.

**electric cars, charging stations, optimal number, location**

*Одержано (Received) 28.11.2022*

*Прорецензовано (Reviewed) 08.12.2022*

*Прийнято до друку (Approved) 29.12.2022*