

Є. В. Любий, Д. О. Ларін

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна,

ПІДХІД ЩОДО ФОРМУВАННЯ МЕРЕЖІ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ У НАПРЯМКУ ХАРКІВ-БЕРДЯНСЬК

Анотація. Предметом вивчення в статті є мережа електричних зарядних станцій у напрямку Харків - Бердянськ. Метою дослідження є розробка підходу по визначення місць розташування швидких електричних зарядних станцій. Завдання дослідження: проаналізувати сучасний український парк електромобілів і існуючу мережу зарядних станцій; проаналізувати існуючі підходи щодо формування ефективних мереж електричних зарядних станцій; розробити підхід щодо формування мережі зарядних станцій при русі в міжміському сполученні, який буде враховувати можливості переважної більшості парку електромобілів в Україні; розробити практичні рекомендації щодо вибору місць розташування швидких електричних зарядних станцій при русі в напрямку Харків – Бердянськ. Отримані наступні результати: розроблено підхід до вибору місць розташування швидких електричних зарядних станцій в напрямку Харків - Бердянськ, який заснований на визначенні граничної відстані, що долається електромобілем на одному повному заряді акумулятора; запропоновані місця для розміщення швидких зарядних станцій. **Висновки.** Запропонований підхід щодо визначення місць розташування швидких електричних зарядних станцій враховує можливості переважної більшості сучасного парку електромобілів України. Основою для визначення місць розташування швидких зарядних станцій є гранична відстань, яку може подолати електромобіль на одному повному заряді акумулятора. З використанням підходу встановлено необхідну кількість швидких зарядних станцій, яка для напрямлення Харків - Бердянськ складає 8 од. Методика визначення кількості автомобільних заправних станцій, представлена в ДБН В.1.1-7, може бути адаптована для розрахунку потрібної кількості швидких електричних зарядних станцій для певної території.

Ключові слова: електромобіль, мережа зарядних станцій, відстань поїздки, закон розподілу, міжміське сполучення.

Вступ

Електромобіль – транспортний засіб, що приводиться в рух одним або декількома електродвигунами з живленням від автономного джерела електроенергії (акумуляторів, паливних елементів, конденсаторів тощо), а не двигуном внутрішнього згорання.

Електромобіль одне з найкращих рішень на шляху до більш безпечного для навколишнього середовища пересування. Перші розробки електромобілів з'явилися ще у XIX столітті та зараз вони все частіше зустрічаються на дорогах нашої країни.

Люди все частіше замінюють автомобілі з бензиновими та дизельними двигунами на електромобілі. Всього п'ять років тому на українських теренах можна було зустріти близько 1000 електромобілів і гібридів, а вже сьогодні їх понад 20 тисяч. Одночасно з ростом «електромобілізації» почала й швидко розвивається відповідна інфраструктура.

Сучасна мережа зарядних станцій нараховує понад тисячу пунктів на карті України.

Українці охоче пересаджуються на автомобілі без двигуна внутрішнього згорання і це зумовлено багатьма причинами, основними з яких є:

- економічність – ціна на традиційне паливо систематично зростає, а вартість електроенергії, витрачена на підзарядку автомобіля, є значно нижчою;

- дешевше обслуговування;

- відсутність податку при купівлі або ввозі в країну;

- екологічність – працюючий двигун не виділяє ніяких газів, тому не забруднює навколишнє середовище;

- безшумність – двигуни цих авто практично безшумні.

Звичайно поряд з перевагами є багато недоліків: значна вартість електромобіля; малий запас ходу; недостатня кількість станцій для зарядки електромобілів (особливо в приміському та міжміському сполученнях). Слід розуміти, що основна концентрація зарядних станцій для електромобілів приходить на території великих і значних міст, причиною чого, в першу чергу, є відповідний попит на них. В даний час складно собі уявити електромобілі на міжміських автомагістралях, основними причинами чого є відносно малий запас ходу таких транспортних засобів (виключенням є електромобілі Tesla), а також відсутність мережі швидкісних зарядних станцій.

Характеристика парку електромобілів в Україні

Якщо звернутися до офіційної статистики Укравтопрому, за вісім місяців з початку 2019 року в Україні було поставлено на облік 4791 електромобіль, що в півтора рази більше, ніж за аналогічний період минулого року.

Основну масу в цій кількості склали легкові автомобілі – 4441 од., інші 350 од. – комерційні авто. При цьому, якщо реєстрації легкових автомобілів на електротязі в порівнянні з минулим роком збільшилися на 47 відсотків, то попит на комерційні електромобілі підскочив в 2,1 рази [1].

Вибираючи електромобіль, українці продовжують віддавати перевагу старим автівкам. В результаті чого, за період з січня по серпень 2019 року частка імпортованих авто на первинному ринку легкових електромобілів склала 91 %, а в комерційному сегменті – 95 %.

Найпопулярнішим легковим електромобілем в Україні продовжує залишатися NISSAN Leaf. За перші вісім місяців 2019 року 2207 автомобілів цієї моделі поповнили автопарк країни.

За підсумками цього періоду найбільш популярними моделями в Україні є [1]: Nissan Leaf – 2207 од.; Tesla Model S – 384 од.; BMW i3 – 243 од.; Fiat 500e – 207 од.; Volkswagen E-Golf – 198 од.; Renault Zoe – 186 од.; Mercedes-Benz B-Class Electric Drive – 155 од.; Tesla Model X – 136 од.; Chevrolet Bolt – 126 од.; Jaguar I-Pace – 102 од.

У комерційному сегменті майже всю статистику сформував RENAULT Kangoo ZE – 323 реєстрації з початку року.

Також важливою перевагою електроавтомобілів є звільнення власників таких транспортних засобів від сплати деяких митних платежів. Так, при ввезенні на митну територію України транспортних засобів, оснащених виключно електричними двигунами (одним чи кількома), що зазначені у товарній підкатегорії 8703901010 згідно з українського класифікатору товарів зовнішньоекономічної діяльності, з метою вільного обігу сплачується лише акцизний податок за ставкою, встановленою абзацом 10 пп. 215.3.51 ст. 215 ПКУ. Ставка акцизного податку встановлюється у розмірі 1 євро за 1 кіловат-годину ємності електричного акумулятора таких транспортних засобів.

За місткістю та комфортом електроавтомобілі не відрізняються від авто з двигунами внутрішнього згоряння, а ось на технічному обслуговуванні (ТО) можна істотно заощадити: в 2019 році річне ТО із заміною вугільних фільтрів складе (1200-1500) грн. Для порівняння, при ТО для автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння буде коштувати мінімум (2400-3000) грн. Якщо говорити про обслуговування, то прості деталі в електромобілі може замінити і звичайний автослюсар, але перевірку акумулятора краще проводити на спеціалізованих станціях технічного обслуговування, яких в нашій країні с кожним роком стає все більше.

Незважаючи на всі переваги електроавтомобілів, у них існує дві найважливіші проблеми, які заважають буквально заповнити авторынок України. Перша – це місткість акумулятора, оскільки переважна більшість електроавтомобілів були у використанні. Запасу ходу для таких електромобілів в теплу пору року вистачає на 100-120 км. Взимку ця цифра зменшується, що унеможливає поїздки навіть на середні відстані.

Новий електромобіль має 8 років гарантії від виробника, тобто через 8 років зменшується пробіг на одному заряді. Щоб батарея максимально довго служила, потрібно її правильно заряджати повільним струмом 6-8 годин.

У випадку із авто з пробігом, у акумулятора можна визначити проблемні частини батареї та за-

мінити їх. Вартість заміни таких деталей та їх регулювання буде коштувати з роботою близько 500 доларів США. Якщо необхідна повна заміна батареї, вартість нової становить приблизно 3500 доларів США.

Другий істотний недолік електроавтомобілів – низька швидкість заправки. Так, якщо на заправку звичайним паливом йде від 5 хвилин до 15 хвилин, то на електричну зарядку в самому «швидкісному» режимі доведеться витратити близько години (мінімум 30 хвилин – 50 хвилин), а правильна, рекомендована виробниками зарядка займе від 4 годин до 8 годин.

Незважаючи на такі досить значні недоліки в експлуатації електроавтомобілів, число їх прихильників в нашій країні росте з кожним днем. Пов'язано це, перш за все з тим, що повністю зарядити батарею (24 кВт) обійдеться в (70-100) гривень, в той час як 40-літровий бак аналогічного авто з двигуном внутрішнього згоряння обійдеться близько (1000-1200) гривень. Газовий аналог близько (400-450) гривень, але це значно дорожче в порівнянні з вартістю електричного заряду.

Якщо говорити про ціну на самі авто, найпопулярніший в Україні Nissan Leaf з пробігом обійдеться в 12-15 тисяч євро. Нова модель з салону буде коштувати 26 тисяч євро. Інші електрокари коштують значно дорожче, наприклад Tesla Model S, яку все частіше можна зустріти на українських дорогах, з пробігом буде коштувати від 45 тисяч євро, а нова – від 100 тисяч євро.

Сучасна мережа зарядних станцій

Мережа електричних зарядних станцій (ЕЗС) для електромобілів в Україні зростає з кожним роком. Електрозаправки все частіше можна побачити на вулицях міст та на звичайних АЗС в областях.

Сьогодні за інформацією PlugShare [2], на території нашої країни працює понад 1000 електрозарядних станцій, причому розташовуються вони, в основному, не так на класичних АЗС, а біля кафе та ресторанів, динаміка росту кількості станцій відображена на рис. 1. Але варто відзначити, що спостерігається дефіцит швидкісних зарядних станцій для електромобілів.

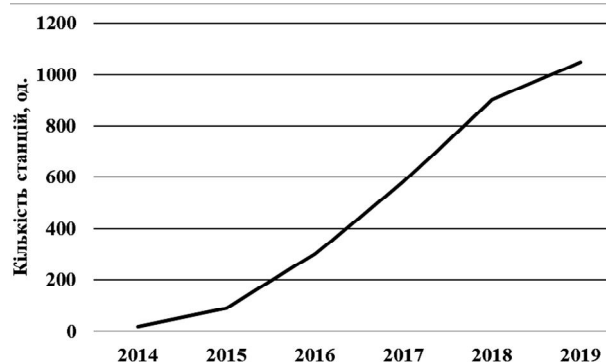


Рис. 1. Динаміка росту кількості зарядних станцій

Зараз в Україні на 11 тисяч електромобілів припадає близько тисячі зарядних станцій. Але бі-

льшість з них повільні, зарядка на них вимірюється годинами. Крім того, зарядні станції розподілені нерівномірно та, в більшій мірі, у великих містах, наприклад в Полтаві нараховується 22 ЕЗС, в той час як у Харкові кількість таких станцій в 4-5 разів більша. Швидкісних зарядок потужністю 50 кВт і більше поки всього кілька десятків. Наприклад, 10 швидкісних зарядних станцій потужністю 50 кВт використовуються в мережі STRUM, на будівництво яких компанія ДТЕК інвестувала 15,5 млн. гривень. Швидкісні станції дозволяють зарядити батарею автомобіля за 15 хвилин на 70 км пробігу.

Мала кількість зарядних станцій в областях ускладнює поїздки в міжміському сполученні, а для деяких типів електрокарів з невеликою місткістю заряду акумулятора поїздки на дальні відстані є практично нездійсненним.

Детальну інформацію про розташування ЕЗС в Україні для кожного з міст можна отримати на спеціалізованих сайтах PlugShare або NEVCars за посиланнями [2] та [3], відповідно. На карті відзначено місцезнаходження кожної станції за двома видами: громадські станції; станції високої потужності (з можливістю швидкої зарядки CHAdeMO).

Також існують сервіси для смартфонів для зручного обрання найближчої станції зарядки для різних типів і марок електроавтомобілів. Наприклад, безкоштовний сервіс AE Charging Point від компанії AutoEnterprise, який дозволяє швидко підібрати найближчу, вільну ЕЗС в режимі онлайн та сплатити послугу зарядки авто.

Аналіз публікацій

Приступаючи до аналізу існуючих підходів щодо визначення місць розташування ЕЗС слід розуміти, що даний сегмент українського транспортного ринку знаходиться в стані стихійного розвитку. Звідси можна виділити як переваги – мається велика конкуренція, так і недоліки – відсутнє відповідне державне регулювання питань визначення та облаштування місць для організації зарядки електроавтомобілів. Відсутність нормативної документації з питань організації та визначення місць розташування ЕЗС створює додаткове підґрунтя для розробки підходів щодо визначення місць розташування ЕЗС для планування поїздок у міжміському сполученні.

Результати аналізу іноземних джерел, які присвячені обранню для дослідження питання свідчать, що оптимальний метод для планування місць розташування зарядної станції полягає, в основному, відштовхуючись від поведінки водія. З точки зору водія електроавтомобіля, важливо, щоб вартість і час поїздки до місця призначення були мінімальними. З іншого боку, з точки зору власника ЕЗС, слід контролювати, щоб не було зменшення попиту для кожної точки зарядки [4].

Звідси можна виділити дві мети для методів оптимального місця розташування ЕЗС:

- вартість за одну поїздку (від початку до пункту призначення, в яку включена сумарна вартість всіх зарядок авто) та час очікування зарядки акумулятора на зарядній станції слід мінімізувати;

- час простою без роботи кожної ЕЗС повинний бути мінімальним.

Досягнення першої мети залежить від складності маршруту руху та можливого часу очікування зарядки акумулятора. Чим більше час зарядки акумулятора – тим більш не задовільним є маршрут для водія. Таким чином можна сказати, що мінімізація часу очікування зарядки є основним фактором рішення.

У другій меті вказується можливість зменшення користувачів ЕЗС. Наприклад, якщо багато зарядних станцій розташовані в одному районі, електрична потреба кожної зарядної станції може бути низькою. Однак зарядні станції в інших районах можуть не впоратися з високим попитом і як результат з'являються черги. З цієї точки зору слід розглянути розташування зарядних станцій, щоб забезпечити однакові можливості зарядки для користувачів електрокарів, а також вирівняти електричну потребу в зарядці електрокарів.

Слід також розуміти, що розташування станцій зарядки впливають на поведінку водія при виборі маршруту. Електроавтомобіль споживає електроенергію, що зберігається в акумуляторі, пропорційно темпу їзди в дорозі. Користувачі електрокарів можуть заряджати акумулятор у себе вдома від звичайної електромережі або на будь-яких зарядних станціях, у своїх офісах, торгових центрах тощо. Автомобілю потрібна зарядка до того, як стан заряду досягне нуля. Рівень заряду може розглядатися як паливний датчик в звичайних автомобілях. Якщо на маршруті потрібна зарядка, але на шляху до пункту призначення немає пунктів ЕЗС, то маршрут може бути змінений для заїзду до найближчої точки зарядки, ця ситуація відображена на рис. 2 [4].

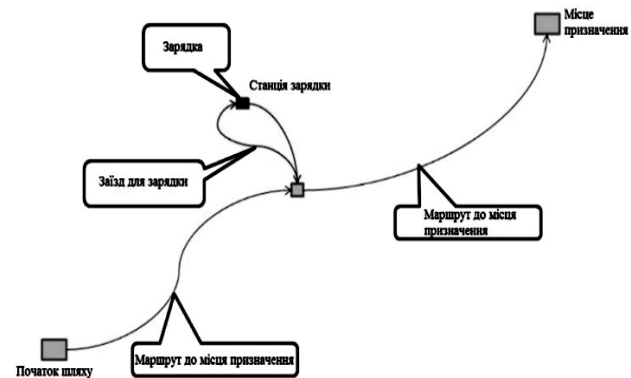


Рис. 2. Вплив місця розташування станції зарядки на поведінку водія

За статистикою зарядка проводиться водіями коли рівень заряду акумулятора знижується до 10-20% [5]. Отже водій повинен спланувати поїздку таким чином, щоб при досягненні такого рівня заряду на маршруті була поруч станція зарядки. При виборі найкомфортнішого напрямку перед водієм постає багато питань.

Наприклад, як зображено на рис. 3, на найкоротшому варіанті шляху немає зарядних станцій і тому при його виборі водій ризикує розрядити акумулятор перш ніж дістанеться до кінця напрямку [4].

При виборі шляху із швидкою зарядкою водій зменшує до мінімуму час очікування при зарядці, але таким чином довжина шляху набагато більша ніж в першому варіанті та вартість зарядки дорожча.

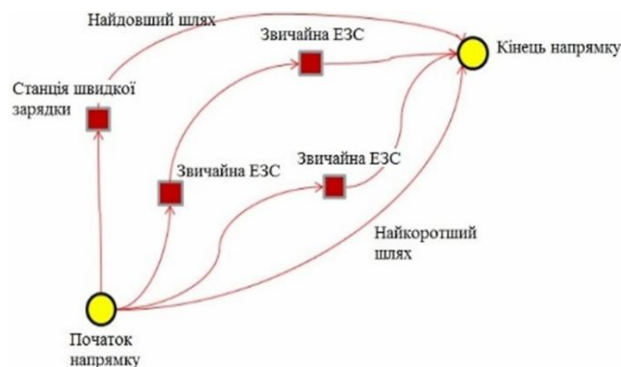


Рис. 3. Вибір найкомфортнішого маршруту водієм

При виборі інших шляхів зі звичайними ЕЗС водію доведеться набагато довше очікувати зарядку акумулятора, але при такому варіанті відстань до пункту призначення менша та вартість зарядки менша ніж в іншому варіанті.

До того ж необхідно враховувати можливість черг, які подовжать час очікування, а також від станції та тип роз'єму, яким відбувається зарядка. Розробити точну методику для вибору маршруту поки що неможливо, тому як кожний водій індивідуально визначає для себе пріоритетні умови на дорозі. Але для більшості при виборі оптимального маршруту головною умовою залишається мінімальний час на подолання шляху, а також мінімальна вартість та час очікування зарядки [4].

На сьогоднішній день існують дослідження, які стосуються планування місць розміщення ЕЗС зосереджені лише на мінімізації вартості зарядки [6]. Але ринок електроавтомобілів збільшується з кожним роком і інфраструктура стає більш вдосконаленою враховуючи більшу кількість критеріїв розташування.

Такі методи планування точок для зарядки відштовхуються від доступності до громадського транспорту і розташовуються в таких місцях як вокзал, кафе, ресторан, автостоянка або торговий центр. Але рідко йде мова про оптимізацію розташування з точки зору блоку живлення. Частою проблемою є не відповідність джерела струму і зарядки авто. Потрібно знати чи є стабільним джерело живлення, адже деякі зарядні станції не в змозі виконувати зарядку за всіма вимогами автомобіля. Звідси можуть з'явитися такі проблеми як швидкий знос акумулятора авто, несправність кабелів зарядки, а в деяких випадках пошкодження електричної проводки, яка живить пункт зарядки.

Також слід розуміти, що оптимальна кількість і ефективність діяльності зарядних станцій в межах міста можуть бути визначені лише на основі сучасних наукових методів оптимального проектування виробничих процесів на принципах ресурсозбереження та високої продуктивності. Зарядні станції є типовими системами масового обслуговування ос-

новне завдання при цьому полягає у встановленні ефективного співвідношення між кількістю заявок на обслуговування за одиницю часу і продуктивністю та пропускну здатністю відповідної зарядної станції.

Складність при цьому полягає в тому, що через випадковий характер надходження заявок за часом, можливе як утворення черги цих заявок з відповідним очікуванням, так і простій обладнання зарядної станції через відсутність заявок.

Застосовуючи методику [7] можна визначити оптимальну кількість зарядних станцій на окремій території, необхідних для заданої кількості електромобілів, виходячи з мінімізації простоїв і черг.

Розрахунки проводяться на основі мінімізації простоїв як обслуговуючих пристроїв, так і авто, які обслуговуються, але в сучасних реаліях даний підхід не може бути реалізований тому, що зарядні станції електромобілів належать різним власникам з різними пріоритетами. Так власники зарядних станцій прагнуть залучити якомога більше відвідувачів і основною метою є відсутність простоїв в роботі станцій. В свою чергу, власники електромобілів очікують на відсутність черги і безперешкодну зарядку.

Мета і постановка задачі

Результати аналізу практичних і наукових літературних джерел свідчать про відсутність підходів щодо визначення місць розташування ЕЗС при плануванні та організації поїздок у міжміському сполученні. Існуючі підходи, в переважній кількості, розроблені для міст та їхніх околиць. Отже, метою даного дослідження є розробка підходу щодо визначення місць розташування ЕЗС в напрямку Харків – Бердянськ.

Основою для розробки підходу щодо визначення місць розташування ЕЗС при пересуванні електроавтомобілем у міжміському сполученні повинна бути об'єктивна інформація про середній денний пробіг електромобіля та наявну електромобільну інфраструктуру.

Аналіз сучасної мережі зарядних станцій для електромобілів у напрямку Харків – Бердянськ

В Україні на сьогодні є багато популярних напрямків, за статистикою центру транспортних стратегій 2019 року найпопулярнішим маршрутом, яким користувалися українці став Київ – Чернігів. Поїздки до Одеси посідають друге місце, також достатньо популярними є напрямки: Київ – Одеса, Київ – Черкаси, Миколаїв – Одеса, Івано-Франківськ – Львів тощо [9].

Особливо великим попитом користуються напрямки до курортних міст України у літню пору року, найактивнішим літнім місяцем для подорожей виявився серпень.

Частіше за все влітку 2019 року українці їздили в курортні міста та селища країни, серед яких були Бердянськ (Запорізька область), Кирилівка (Запорізька область), Залізний порт (Херсонська область), Затока (Одеська область), Південне (Одеська об-

ласть). У харківській області популярним є напрямок Харків – Бердянськ. При цьому найкоротшим є шлях: Харків – Красноград – Новомосковськ – Запоріжжя – Василівка – Токмак – Бердянськ, протяжністю – 485 кілометрів.

Слід розуміти, що на даному напрямку вже існує мережа зарядних станцій для електромобілів (рис. 4).

Варто також відзначити, що у різних пунктах позначених на маршруті знаходиться різна кількість точок зарядки для електрокарів.

Багато з них відрізняється за типом станції, видом роз'єму або режимом зарядки і можуть не підходити для тієї чи іншої марки авто.

Детальніша характеристика по кожній ЕЗС представлена в табл. 1.

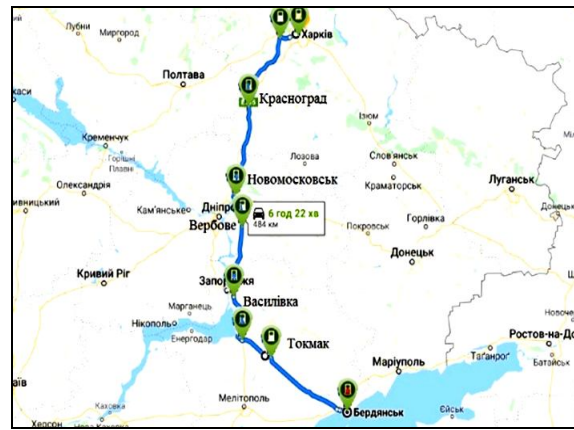


Рис. 4. Мережа зарядних станцій на напрямку Харків – Бердянськ

Таблиця 1 – Характеристика зарядних станцій

Місто, область	Адреса, місце розташування	Тип роз'єму конектора для зарядки	Можливість швидкої зарядки
Харків	вул. Чувашська, 1	3 EV Plug (J1772)s, CHAdeMO DCFC	так
Харківська обл.	с. Песочин, вул. Пушкіна, 4	3 EV Plug (J1772)s	ні
	смт. Коротич, автодорога Київ – Харків -Довжанський, 464 км	EV Plug (J1772), Mennekes (Type 2)	ні
	Автодорога Київ -Харків - Довжанський, 463 км	EV Plug (J1772), Mennekes (Type 2)	ні
Красноград	с. Улянівка	CHAdeMO DCFC	так
	вул. Харківська, 125	EV Plug (J1772)	ні
Ново-московськ	вул. Гетьманська, 234 Б	2 EV Plug (J1772)s	ні
Вербове	вул. Шевченка, 18	3 EV Plug (J1772)s	ні
Запоріжжя	вул. Ігоря Сікорського	EV Plug (J1772), Mennekes	ні
	Донецьке шоссе, 7	EV Plug (J1772), Mennekes	ні
	вул. Магістральна, 100	EV Plug (J1772)	ні
	Горіховське шоссе, 7А	EV Plug (J1772), Mennekes	ні
Василівка	б-р Центральний, 14/9	Ports 3 EV Plug (J1772)s	ні
	Траса Е 105	EV Plug (J1772), Mennekes (Type 2)	ні
	автодорога Харків - Сімферополь, 343 км	CHAdeMO DCFC	так
Токмак	вул. Гоголя, 140	EV Plug (J1772), Mennekes (Type 2)	ні
Бердянськ	Мелітопольське шосе, 108 Б	EV Plug (J1772), Mennekes (Type 2)	ні

На даному напрямку можна виділити дві основні проблеми, що пов'язані з мережею ЕЗС. Перша – це великі відстані між ЕЗС, які в деяких випадках сягають 90 км. Найбільші відстані між ЕЗС:

Красноград – Новомосковськ – 84 км,
Токмак – Бердянськ – 99 км.

Другою проблемою є швидкість зарядки на існуючих ЕЗС.

Більшість станцій на напрямку здійснюють зарядку з використанням однофазної мережі змінного струму з максимальною напругою 230 В, силою струму 32 А і граничною потужністю 7 кВт.

На напрямку, що розглядається, також є ЕЗС з можливістю використання режиму швидкої зарядки CHAdeMO, розрахованого на максимальне напруження 500 В і силу струму 125 А з потужністю до 62,5 кВт. Зазвичай на таких станціях електрокар з батареєю 24 кВт заряджається за 30-50 хв.

Проблема полягає в тому, що таких станцій на маршруті усього три та відстані між ними завеликі. Територіально ці станції знаходяться в наступних місцях: 1 - м. Харків, вул. Чувашська, 1; 2 - м. Красноград с. Улянівка; 3 - с. Василівка, автодорога Харків - Сімферополь, 343 км. Відстань між станціями з

можливістю швидкої зарядки № 1 і 2 становить 90 км, а між станціями № 2 і 3 – 238 км.

Основний матеріал

Основним критерієм для вибору місць розташування ЕЗС на певному маршруті є загальний час витрачений на подолання маршруту, який повинен бути мінімальним (1), а також наявність відповідної інфраструктури для облаштування ЕЗС

$$T_m = T_p + T_z, \quad (1)$$

де T_p – час, що витрачається на рух, год.; T_z – час, що витрачається на зарядку електромобіля, год.

Але також необхідно враховувати і існуюче суттєве обмеження при пошуку місць розташування ЕЗС, а саме, фактичну (робочу) місткість акумуляторної батареї електромобілів, яка на пряму впливає на відстань, що може подолати авто на одному повному заряді

Параметри отриманого розподілу наведені в табл. 2.

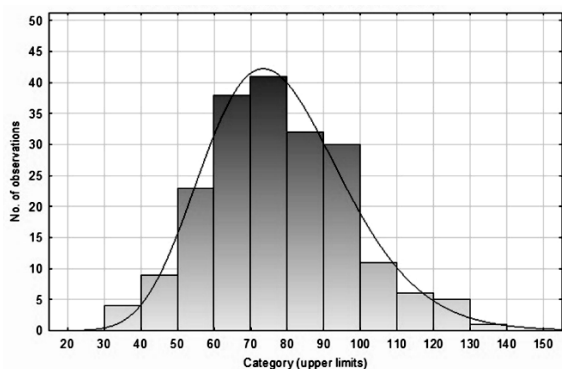


Рис. 5. Гамма-розподіл відстані, що долається електромобілем на одному повному заряді (вісь абсцис – відстань, що долається електромобілем на одному повному заряді; вісь ординат – частота потрапляння значень відстані, що долається електромобілем на одному повному заряді в заданий інтервал)

Таблиця 2 – Параметри гамма-розподілу, придатного для опису відстані, що долається електромобілем на одному повному заряді

Пара-метр форми	Параметр масштабу	Величина тесту Колмогорова-Смирнова	Величина тесту χ^2
16,3	4,9	0,01808	3,009

Отримані результати не протирічать результатам існуючих досліджень [9]. Далі розраховані з використанням програмного продукту STATISTICA 10 параметри гама-розподілу використовуються для розрахунку квантилю [10] гамма-розподілу відстані, що долається електромобілем на одному повному заряді. Розрахунок квантилю гамма-розподілу відстані, що долається електромобілем на одному повному заряді проводиться з використанням програмного додатку MS Excel за допомогою функції «ГАММА.ОБР». При рівні довірчої ймовірності 95 % отримано значення квантилю становить 115 км. Тобто 95 % електромобілів Nissan Leaf з опитаних

не зможуть подолати відстань 115 км на одному повному заряді. Отримане значення відстані є верхньою межею при виборі місць розташування ЕЗС на напрямку Харків – Бердянськ. Виходячи зі значення математичного очікування вибірки, сформованої за результатами опитування власників електромобілів, нижню межу відстані між ЕЗС доцільно встановити на рівні 79 км.

Відстань між ЕЗС у Харкові та Краснограді складає 90 км, тому облаштування нової зарядної станції між цими пунктами маршруту не вимагається. На всіх інших ділянках маршруту нові станції будуть плануватися в місцях громадського користування.

Найбільш проблемними зонами на напрямку Харків – Бердянськ є Дніпропетровська та Запорізька області, кількість швидких зарядок замала та відстань між ними завелика, також проблемою є відсутність такої станції у кінцевій точці маршруту – місті Бердянську.

Також необхідно врахувати вже існуючі ЕЗС, які не розташовуються безпосередньо по маршруту, але знаходяться поруч з ним. Наприклад станція в м. Дніпро, проспект Слобожанський, 31. При заїзді на цю станцію шлях збільшиться на 28 км. З урахуванням вище наведеного на маршруті Харків – Бердянськ пропонується облаштувати 3 нові ЕЗС з можливістю швидкої зарядки у Харківській та Запорізькій областях.

Отримана мережа ЕЗС для маршруту Харків – Бердянськ зображена на рис. 6. Територіальна прив'язка запропонованої мережі зарядних станцій наведена в табл. 3.

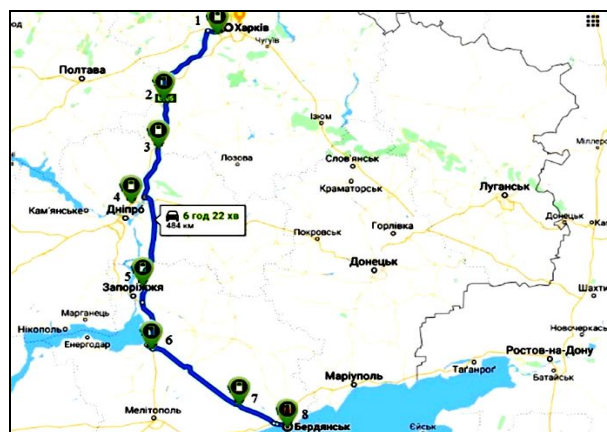


Рис. 6. Сформована мережа швидких ЕЗС на маршруті Харків – Бердянськ

Висновки

Запропонований підхід визначення місць розташування ЕЗС враховує можливості переважної більшості сучасного парку електромобілів України. Основною для визначення місць розташування є гранична відстань, що може подолати електромобіль на одному повному заряді акумулятора. Отримані результати не можна вважати остаточними в плані визначення місць розташування ЕЗС з швидким режимом зарядки акумуляторів, вони носять лише рекомендаційний характер.

Таблиця 3 – Сформована мережа швидких зарядних станцій

№	Назва ЕЗС	Адреса
1	АЗС WOG	м. Харків, вул. Чувашська, 1
2	АЗС Татнафта	м. Красноград с. Улянівка
3	АЗС ANP	Траса М18, с. Бердянка, Харківська обл.
4	ТЦ «Наша правда»	м. Дніпро, Слобожанський проспект, 31
5	АЗС WOG	м. Запоріжжя, вул. Чарівна, 64 А
6	АЗС WOG	с. Василівка, Запорізька обл., автодорога Харків - Сімферополь, 343 кілометр
7	Кафе «Diana»	Траса Р37, с. Зеленика, Запорізька обл.
8	ТЦ «Amstor»	обл.. Консульська, 75, м. Бердянськ, Запорізька обл..

Зрозуміло, що з плином часу структура парку електромобілів в Україні буде суттєво змінюватись, тому можливо буде необхідно проведення корегування місць розташування швидких ЕЗС.

Методика щодо визначення кількості АЗС на окремі території, що представлена в ДБН В.1.1-7, може бути адаптована для розрахунку потрібної кількості швидких ЕЗС.

Тоді необхідна кількість швидких ЕЗС становитиме (стан реєстрації 01.07.2019 р.):

Харківська область – 62 од. (zareєстровано 2500 електромобілів);

Дніпропетровська область – 21 од. (zareєстровано 850 електромобілів);

Запорізька область – 11 од. (zareєстровано 450 електромобілів).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. В Украине набирает обороты спрос на электрокары: назван лидер [Електронний ресурс] / Газета СЕГОДНЯ. – Режим доступу: <https://www.segodnya.ua/economics/avto/v-ukraine-nabiraet-oboroty-spros-na-elektrokar-y-nazvan-lider-1248702.html/>.
2. Карта станцій зарядки [Електронний ресурс] / PlugShare. – Режим доступу: <https://www.plugshare.com>.
3. Карта електрозарядок [Електронний ресурс] HEVCars. – Режим доступу: <https://hev cars.com.ua/ukraine-charging-stations/>.
4. A Study of the Analytical Method for the Location Planning of Charging Stations for Electric Vehicles [Електронний ресурс] / ResearchGate. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/221019973_A_Study_of_the_Analytical_Method_for_the_Location_Planning_of_Charging_Stations_for_Electric_Vehicles/.
5. Dale Hall, Nic Lutsey Emerging best practices for electric vehicle charging infrastructure [Електронний ресурс] / The International Council on Clean Transportation. – Режим доступу: https://theicct.org/sites/default/files/publications/EV-charging-best-practices_ICCT-white-paper_04102017_vF.pdf.
6. Методи розміщення зарядних станцій електромобілів [Електронний ресурс] / Сибирський федеральний університет. – Режим доступу: http://el lib.sfu-kras.ru/bitstream/handle/2311/125941/pisarev_dissertaciya.pdf?sequence=1.
7. ДБН В.1.1-7 Автозаправні станції. Основи проектування та будівництва. – Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. – 2009. – 73 с.
8. Найпопулярніші літні маршрути українців [Електронний ресурс] / Інтернет-видання Українська правда. – Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/rus/news/2019/09/5/651340/>.
9. Extended Range Electric Vehicle Driving and Charging Behavior Observed Early in the EV Project [Електронний ресурс] / ResearchGate. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/279853330_Extended_Range_Electric_Vehicle_Driving_and_Charging_Behavior_Observed_Early_in_the_EV_Project.
10. Квантили розподілений в Excel [Електронний ресурс] / Excel2ru. – Режим доступу: <https://excel2.ru/articles/kvantili-raspredeleniy-ms-excel>.

Received (Надійшла) 23.02.2020

Accepted for publication (Прийнята до друку) 15.04.2020

An Approach to Forming of Electromobiles Charging Stations Network in the Kharkiv-Berdyansk Direction

Ye. Liubiyi, D. Larin

Abstract. Studying subject in the article is an electric charging stations network of Kharkov – Berdyansk direction. **The aim** of the study is to develop an approach to determine the location of fast electric charging stations. **Research problems:** to analyze the modern Ukrainian electric car park and the existing of charging stations network; analyze existing approaches to the formation of effective electric charging stations networks; to develop an approach to form of charging stations network when driving in intercity traffic, which will take into account the capabilities of the vast majority of electric vehicles in Ukraine; to develop practical recommendations for choosing the location of fast electric charging stations when moving in the Kharkov – Berdyansk direction. **The following results are received:** an approach has been developed to the choice of locations for fast electric charging stations in the Kharkov - Berdyansk direction, which is based on determining the maximum distance that is overcome by an electric vehicle on one full battery charge; places for fast charging stations are proposed. **Conclusions.** The proposed approach to determining the location of fast electric charging stations takes into account the capabilities of the vast majority of the modern electric vehicle fleet of Ukraine. The basis for determining the location of fast charging stations is the maximum distance that is overcome by an electric car on one full battery charge. Using the developed approach, the required number of fast charging stations was established, which for the Kharkov - Berdyansk direction is 8 units. The methodology for determining the number of gas stations, presented in SBC V. 1.1-7, can be adapted to calculate the required number of fast electric charging stations for a certain territory.

Keywords: electric car, charging station network, distance to travel, distribution law, long distance communication.