

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства  
та природокористування

Кафедра автомобілів та автомобільного господарства



**02-03-124М**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

для виконання практичних робіт з навчальної дисципліни  
«Інфраструктура автомобільної галузі»  
для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня  
за освітньо-професійною програмою «Автомобільний транспорт»  
спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»  
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано  
науково-методичною радою з якості  
ННМІ  
Протокол №10 від 05.07.2023 р.

Рівне – 2023

Методичні вказівки для виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Інфраструктура автомобільної галузі» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Автомобільний транспорт» спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Ігнатюк Р. М. – Рівне : НУВГП, 2023 – 22 с.

Укладач:

Ігнатюк Р. М. – к.т.н., доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства.

Методичні вказівки схвалено на засіданні кафедри автомобілів та автомобільного господарства

Протокол від 20 червня 2023 р. № 9

Відповідальний за випуск: Стадник О. С., в.о. завідувача кафедри автомобілів та автомобільного господарства.

Керівник групи забезпечення спеціальності  
274 «Автомобільний транспорт»

Марчук М. М.

© Р. М. Ігнатюк, 2023

© НУВГП, 2023

## ЗМІСТ

<i>Практична робота № 1. Розрахунок та планування відповідних місць зарядних станцій для електромобілів</i>	4
.....	
<i>Практична робота № 2. Митне оформлення автомобілів і розрахунок митних платежів</i>	6
.....	
<i>Практична робота № 3. Розрахунок заповненості до-ріг</i>	9
.....	
<i>Практична робота № 4. Розрахунок та планування відповідних місць зарядних станцій для електромобілів</i>	11
.....	
<i>Практична робота № 5. Розрахунок вартості зарядки електро-мобіля</i>	13
.....	
<i>Практична робота № 6. Розрахунок параметрів акумуляторної батареї електромобіля</i>	16
.....	
<i>Практична робота № 7. Методика розрахунку викидів шкідли-вих речовин від автомобільного транспорту</i>	18
.....	
<i>Список рекомендованої літератури</i>	22

## Практична робота № 1

### Тема: Технологічний розрахунок автозаправних станцій

#### *Теоретичні відомості*

Вихідними даними для технологічного розрахунку заправних станцій є добова кількість заправок у годину “пік” та їх середнє дозування.

При розрахунку заправних станцій приймають: круглодобову роботу, роботу при двох змінах і нічному чергуванні. Середня величина заправки паливом одного автомобіля складає 50 л. Термін зберігання запасу палива дорівнює п'яти дням. Ємність резервуарів для палива – 25 м<sup>3</sup>. Кількість сортів палива може бути рівним трьом або чотирьом. Коефіцієнт нерівномірності відвідування заправної станції дорівнює 2. Середня тривалість заправок (включає підготовчий і заключний час): паливом – 4 люд.-хв. Пропускна спроможність колонки в 1 годину по паливу складає 15 автомобілів.

При визначенні необхідної кількості паливороздавальних колонок і заправних постів необхідно враховувати можливість одночасного обслуговування однією колонкою двох заправних постів, якщо вони розташовані праворуч і ліворуч від колонки. Це пояснюється тим, що при заправці автомобіля паливом час, який витрачається на наповнювання баку (операційний час), складає від 30 до 50% загального часу заправки. Решта часу витрачається на підготовку автомобіля до заправки і на підготовку його до руху від колонки (підготовчий та заключний час).

Тому, поки автомобіль, який стоїть праворуч, заправляється, автомобіль, який стоїть ліворуч, підготовляють до заправки. А коли його заправляють, автомобіль, який стоїть праворуч готують до відїзду і т.ін. Організація двосторонньої заправки збільшує пропускну спроможність колонки в 1,5...2,0 рази. В цьому випадку одна колонка може обслуговувати за одну годину не 15, а 20...25 автомобілів.

Загальне число заїздів всіх автомобілів (вантажних, легкових, автобусів) за добу на АЗС  $N_d$  визначається в залежності від інтенсивності руху на ділянці дороги проектованої АЗС в найбільш напружений місяць року:

$$N\partial = \frac{I_p \cdot p}{1000}, \quad (1.1)$$

де  $I_p$  – інтенсивність руху на автомобільній дорозі, авт./доб. (додаток 1),  
 $p$  – частота заїзду у відсотках від інтенсивності руху (для легкових ав-  
 томобілів – 4-5%, для вантажних і автобусів – 0,4-0,5%).

Розрахункову кількість паливороздавальных колонок визначають за формулою:

$$k_3 = \frac{H_3 \cdot \varphi}{\Phi_3 \cdot y_3}, \quad (1.2)$$

де  $H_3$  – добова кількість заправок паливом ( $H_3 = N_{д}$ );  $\Phi_k$  – добовий фонд робочого часу колонки, год (згідно завдання – табл. 1);  $y_3$  – пропускна спроможність колонки, автомобілів за одну годину – 15 автомобілів;  $\varphi$  – коефіцієнт нерівномірності використання колонки, рівний 2,0.

Кількість колонок, яка приймається для практичного використання, з урахуванням кількості сортів палива та резерву на випадок ремонту колонки:

$$k_{3.п.} = k_{3.п.} + 0,3 * k_3. \quad (1.3)$$

Кількість заправних постів визначають кількістю паливороздавальных колонок. При односторонньому використанні на кожен колонуку приймають один пост.

При двосторонньому – два поста.

Розрахунковий запас палива в літрах дорівнює:

$$k_3 = H_3 \cdot V_{п.} \cdot D_3, \quad (1.4)$$

де  $V_{п.}$  – величина однієї заправки паливом – 50 л;  $D_3$  – термін запасу паливом (додаток 1).

Визначають кількість резервуарів для зберігання палива:

$$N_{п.} = \frac{3n}{M_{п.}}, \quad (1.5)$$

де  $M_{п.}$  – ємність резервуара для палива 25 м<sup>3</sup> (25000 л).

Персонал автозаправної станції складається в основному із заправників – приблизно по одному чоловіку на дві паливно роздавальные колонки в зміну:

$$P = \frac{k_{3.п.}}{2}, \quad (1.6)$$

При дистанційному управлінні колонками кількість заправників зменшується не менше, чим удвічі. В нічний час чергують 1÷2 чоловіки в залежності від величини станції.

### *Порядок виконання роботи*

Згідно з даними додатку 1 визначити добову кількість заправок  $N_d$ , визначити кількість паливороздавальних колонок  $K_z$ , визначити запас палива  $Z_p$ , визначити кількість резервуарів для зберігання палива  $N_p$ , визначити кількість заправників  $P$ .

## **Практична робота № 2**

### **Тема: Митне оформлення автомобілів і розрахунок митних платежів**

#### *Теоретичні відомості*

Усі транспортні засоби, що ввозяться на територію України у якості товару чи інвестицій, підлягають митному оформленню. Порядок митного оформлення транспортних засобів, що переміщуються через митний кордон України і належать громадянам на правах власності або користування (в тому числі з правом розпорядження), а також таких, що переміщуються через митний кордон України і належать підприємствам, установам, організаціям, закладам, іншим юридичним особам та суб'єктам підприємницької діяльності встановлений “Правилами митного контролю та митного оформлення транспортних засобів, що переміщуються громадянами через митний кордон України”, затверджених Державною митною службою наказом № 1118 від 17 листопада 2005 р.

Митне оформлення вузлів та агрегатів здійснюється у тому ж порядку, що й для транспортних засобів.

З моменту перетину митного кордону транспортний засіб знаходиться під митним контролем і його власник має пройти процедуру розвантаження з подальшим отриманням вантажної митної декларації (ВМД) для реєстрації транспортного засобу в органах ДАІ МВС

України. Щоб пройти процедуру розмитнення потрібно подати усі необхідні документи, а також сплатити митні платежі.

Основою для визначення розміру митних платежів є митна вартість. Визначення митної вартості транспортних засобів, ввезених в Україну, проводиться на підставі наявних договорів купівлі-продажу, дарування, міни, рахунків-фактур, фактур, інвойсів.

У разі наявності обґрунтованих сумнівів щодо достовірності заявленої вартості транспортних засобів їх вартість може визначатися безпосередньо митними органами на підставі наявної у митному органі цінкової інформації на такі або аналогічні транспортні засоби.

Розміри митних платежів залежать від того, до якої категорії товарів (акцизні чи безакцизні) відносяться транспортні засоби, з якою метою вони ввозяться, а також віку транспортного засобу, типу двигуна і робочого об'єму його циліндрів.

Згідно з Податковим Кодексом України до не підакцизних відносяться окремі види транспортних засобів (тягачі, вантажні автомобілі, мікроавтобуси вантажного виконання, пасажирські автобуси, мікроавтобуси з кількістю дев'ять і більше пасажирських місць) відповідних кодів –ТНЗЕД 8701, -8702 і -8704.

При ввезенні підприємствами непідакцизних автомобілів як товару оплаті підлягає:

1) митний збір – у розмірі, еквівалентному 0,2% від митної вартості на підставі Постанови КМУ № 65 від 27.01.1997 р.;

2) мито – у розмірі 10% від митної вартості, яке щорічно буде знижуватися приблизно на 1,0% починаючи з 2016 року для автотранспортних засобів, ввезених з території Європейського Союзу;

3) податок на додану вартість (ПДВ) – 20% від митної вартості з урахуванням належних до сплати митних зборів та мита відповідно до Закону України “Про податок на додану вартість”.

При оформленні непідакцизного транспортного засобу для власних потреб згідно з Указом Президента 499/95 від 30.06.1995 р. організація звільняється від сплати ПДВ. До документів необхідно додати гарантійний лист, що даний засіб буде використовуватися лише для власних потреб.

При оформленні транспортного засобу як інвестиції до всіх документів необхідно додати підтвердження фірми-інвестора про те, що такий засіб дійсно є інвестицією та сплатити лише митний збір (0,2%). На суму мита оформляється вексель, який гаситься після постановки транспортного засобу на баланс, а сума ПДВ нараховується умовно інформативно.

До підакцизних відносяться усі легкові автомобілі (код ТНЗЕД 8703), розмір митних платежів для яких обчислюється, виходячи з таких обов'язкових сплат:

- 1) митний збір – 0,2% від митної вартості автомобіля;
- 2) мито – у розмірі 10% від митної вартості, яке щорічно буде знижуватися приблизно на 1,0% починаючи з 2016 року для легковиків ввезених з території Європейського Союзу;
- 3) акцизний збір – виходячи з типу, робочого об'єму циліндрів двигуна і віку.

З 2018 року діє нова формула розрахунку акцизного збору: базова ставка, помножена на коефіцієнт об'єму двигуна і коефіцієнт віку авто.

Базова ставка складає 50 євро для машин з бензиновим двигуном з об'ємом циліндрів до 3000 куб. сантиметрів, 100 євро - для машин з бензиновим двигуном з об'ємом циліндрів більше 3000 куб. сантиметрів, 75 євро - для машин з дизельним двигуном з об'ємом циліндрів до 3500 куб. сантиметрів, 150 євро - для машин з дизельним двигуном з об'ємом циліндрів більше 3500 куб. сантиметрів.

Ставка податку для транспортних засобів, оснащених виключно електричними двигунами (одним або декількома), встановлюється у розмірі 1 євро за 1 кВт.год ємності електричного акумулятора таких транспортних засобів.

Формула обчислення виглядає так:

*Базова ставка x Коефіцієнт двигуна x Коефіцієнт віку = Сума акцизного податку*

Приклад розрахунку акцизного податку для авто з бензиновим двигуном:

*об'єм двигуна: 2000 см3, рік випуску авто: 2012 (повних 5 років)*  
 $50 \text{ (євро)} \times 2 \text{ (2000 см3/1000)} \times 5 \text{ (років)} = 500 \text{ євро.}$



Приклад розрахунку акцизного податку для авто з дизельним двигуном:

*об'єм двигуна: 1600 см<sup>3</sup>, рік випуску авто: 2007 (повних років 10)*  
75 (євро) x 1,6 (1600 см<sup>3</sup>/ 1000) x 10 (років) = 1200 євро.

4) ПДВ 20% – визначається, виходячи з документально засвідченої вартості автомобіля з урахуванням належних до сплати митних зборів, мита і акцизного збору.

Дозволено ввозити в Україну з-за кордону легкові автомобілі не старші 15 років і не з території країни-агресора (на даний момент це Російська Федерація) або окупованих територіях України (Крим, Донецька і Луганська області).

### *Порядок виконання роботи*

Згідно з даними наданих викладачем розрахувати суму митних платежів для автомобілів, що ввозяться в Україну.

## **Практична робота № 3**

### **Тема: Розрахунок заповненості доріг**

#### *Теоретичні відомості*

Заповненість доріг транспортними засобами – це насиченість транспортними засобами в просторі та часі. Цей показник визначається двома способами. Заповненість у просторі означає відношення фактичної довжини дороги, зайнятої кожним транспортним засобом, до загальної довжини проїжджої частини, яка визначена для виявлення зайнятості.

$$A_{\Pi} = \frac{L_{\text{ТЗ}}}{L_3}, \quad (3.1)$$

де  $L_{\text{ТЗ}}$  - фактичної довжини дороги, зайнята кожним транспортним засобом, км;  $L_3$  - загальної довжини проїжджої частини, км.

Зайнятість у часі стосується частки часу, протягом якого детектор був зайнятий транспортними засобами за визначений період часу.

$$A_{\text{ч}} = \frac{t_{\text{д}}}{t}, \quad (3.2)$$

де  $t_{\text{д}}$  – час фактичної довжини дороги, зайнята кожним транспортним засобом, км;  $t$  – загальної довжини проїжджої частини, км.

Заповненість проїжджої частини часто використовується в розрахунках швидкості та щільності руху. Оцінку зайнятості проїжджої частини легко отримати в полі за допомогою детекторів. У зборі даних про дорожній рух заповненість дороги часто розглядається як деяка величина щільності транспортних засобів. Подібно до щільності, завантаженість проїжджої частини є ключовим параметром, що характеризує якість руху транспортного засобу. Незважаючи на те, що обидва параметри руху вказують на кількість заторів на дорозі, заповненість – це відсоток заторів у просторі чи часі, де щільність – це кількість транспортних засобів.



Рисунок 3.1 Схема визначення заповненості в просторі

Враховуючи довжину середнього транспортного засобу та польового детектора, щільність можна розрахувати за значеннями зайнятості. Середня довжина транспортного засобу та чутливість датчиків є обмежуючими факторами для точності оцінки зайнятості проїжджої частини. Значення зайнятості смуги руху 0,350 або вище вказує на затори в транспортному потоці.

#### *Порядок розрахунку*

Відповідно до вихідних даних наданих викладачем, виконати розрахунок параметрів заповненості доріг, а саме:

1. За формулою 3.1 визначити заповненість дороги у просторі.

2. За формулою 3.2 визначити заповненість дороги у часі.
3. За результатами розрахунку дати оцінку транспортного потоку на дослідній ділянці дороги.

## Практична робота № 4

**Тема: Розрахунок та планування відповідних місць зарядних станцій для електромобілів**

### *Теоретичні відомості.*

За даними Головного управління статистики у Рівненській області чисельність населення м Рівне нараховує 245 000 чол. Оскільки населення міста постійно зростає, кількість автомобілів у місті також зростає, що спричиняє погіршення якості повітря.

У попередньому році на Рівненщині сервісні центри МВС зареєстрували 69 488 автомобілів. З них 42 064 – у Рівному.

У місті Рівне рівень  $\text{NO}_2$  у повітрі перевищує допустимі межі. Основною причиною цієї аномалії можна пояснити велику кількість автомобілів, що працюють на викопному паливі, які їздять вулицями Рівного. Революція в транспортному секторі може допомогти принести знизити величезний рівень забруднення, особливо спричинений транспортними викидами, який у Впровадження електромобілів замість традиційних автомобілів з ДВЗ часто прогнозується як прогресивний крок у сприяттні сталому розвитку.

Існує багато факторів, які ускладнюють спробу визначити кількість зарядних пристроїв, необхідних для інфраструктури у Рівному. Об'єктивно аналізуючи проблему, можна побачити, що важливі питання включають кількість електромобілів, їх типову щоденну активність і потреби в електроенергії, а також час, необхідний для задоволення потреб в електроенергії. Для вирішення цих проблем використовуються стандартна методика розрахунку кількості електрзарядних станцій.

Середньодобовий пробіг усіх електромобілів становить:

$$L = n_{\text{ел}} \cdot l_{\text{сд}}, \text{ км}, \quad (4.1)$$

де  $n_{\text{ед}}$  - кількість електромобілів, шт;  $l_{\text{сд}}$  – середньодобовий пробіг, км.

Відомо, що електромобіль за 1 кВт/год може розганятися до 8 км. Таким чином, енергія, необхідна для подолання  $L$ .

$$N_{\text{сд}} = N_{1\text{км}} \cdot L, \text{ кВт} \quad (4.2)$$

Однак, при поточному використанні транспортних засобів, водії не щодня заряджає автомобіль. Кількість необхідних зарядних пристроїв залежить від потужності зарядного пристрою та кількості годин, які він заряджає на день. У таблиці додатку 1 потрібно знайти середню потужність ключових компонентів від зарядного пристрою потужністю 50 кВт і час заряджання.

Саме автомобіль визначає потік потужності, коли електромобіль заряджається. Потік потужності не лінійний і досить сильно змінюється залежно від автомобіля навіть від того самого виробника, наприклад Nissan Leaf 24 кВт-год і 30 кВт-год, оскільки вони є найпоширенішими електромобілями на даний момент.

Визначення кількості рекомендованих зарядних пристроїв:

$$H = \frac{A \cdot B \cdot L \cdot D}{E \cdot F \cdot T}, \text{ шт}, \quad (4.3)$$

де  $A$  – частка електромобілів, %;  $B$  – загальна кількість автомобілів, шт;  $L$  – середньодобовий пробіг, км;  $D$  – % пробігу, який потребує швидкої зарядки;  $E$  – кількість км на спожитий кВт-год;  $F$  – середня потужність зарядного пристрою 27 кВт;  $T$  – кількість годин використання зарядного пристрою, год.

#### *Порядок розрахунку*

Відповідно до вихідних даних (додаток 4) виконати розрахунок кількості зарядних станцій, а саме визначити середньодобовий пробіг усіх електромобілів, розрахувати загальне значення необхідної енергії для подолання  $L$  та визначити розрахунок кількості зарядних пристроїв.

## Практична робота № 5

### Тема: Розрахунок вартості зарядки електромобіля

#### *Теоретичні відомості.*

Перед тим, як рахувати середню вартість пробігу електромобіля, перелічимо способи заряджання електромобілів, що є в Україні. Адже вартість кілометра залежить від часу та потужності зарядного пристрою. Отже, сьогодні доступні три можливості [1]:

- Комерційні або громадські зарядні станції (повільні та швидкісні).
- Домашні стаціонарні зарядні станції.
- Заряджання від розетки, із зарядним пристроєм, що є в комплекті до електрокара.

Розглянемо кожен.

Комерційні (громадські) зарядні станції

Розташовані на автозаправках, біля ТРЦ, кафе.

Для довідки: перед поїздкою на станцію, з'ясуйте тип роз'єму свого електрокару: Type 1, Type 2, CHAdeMO, CCS. Буває, що зарядний кабель громадської станції не підходить до автівки. Для американських Tesla потрібно мати із собою перехідники, бо на українських станціях не має оригінальних роз'ємів Tesla [1].

Стаціонарне зарядне обладнання, що можна встановити вдома або біля офісної споруди для електрокарів співробітників. Мешканці багатоквартирних будинків збирають гроші для встановлення таких станцій на прибудинкових паркуваннях.

Виробники електрокарів радять використовувати саме такі прилади. Ось основні переваги:

- контроль стану електромережі, захист від перевантажень.
- забезпечення необхідної сили струму.
- керування станцією через мобільний застосунок.
- контроль заряджання: таймер, проблеми із мережею, залишок.
- зберігання ресурсу високовольтної батареї.

Вартість стаціонарних домашніх станцій залежить від виробника й технічних характеристик. Вона коливається від 250 до 750\$ [1].

Комерційні зарядні станції бувають:

- швидкісними (DC — Direct Current — постійний струм). Такі станції мають інвертор (прилад, що преобразує змінний струм у постійний) і можуть живити батарею з потужністю 50, 100 й навіть 150 кВт.

- повільними (AC — Alternating Current — змінний струм). Заряджають із потужністю до 22 кВт, залежно від можливостей станції й зарядного пристрою, що всередині автівки [1].

Вартість заряджання на комерційній станції складається з ціни 1 кВт·год та інколи з кошту паркування автівки. Дізнатися про мапу розташування громадських станцій можна через мобільний застосунок PlugShare, або додатків компаній, що надають такі послуги.

*Заряджання від розетки.* Найекономніший спосіб заряджання електромобілів у наших реаліях. Авто вмикається до розетки й заряджається від змінного струму, що йде в комплекті. Економний, але й найнебезпечніший:

Це повільний процес, бо розетка не може давати більше за 2,5 кВт. У середньому, це триває понад добу, доки повністю розряджена Tesla набуде 100% заряду. Складнощі з моніторингом фізичного стану і стабільності напруги в електромережі [1].

*Обов'язкове заземлення.* Деякі зарядні блоки не працюватимуть без цієї умови. Чинник безпеки будівлі та мешканців також вартій уваги.

Високий ризик перегрівання проводки або розетки.

*Приклад найпростішого розрахунку зарядки електрокара в Україні.*

Наразі тариф на електроенергію в Україні складає 1,68 грн за кВт·год. Подальші розрахунки будуватимуться на цих показниках. Варто зазначити, що на вартість заряджання може впливати стан зарядних вузлів електромобіля. Наприклад, якщо автівка має проблеми із модулем PDM, це може збільшити час заряджання, відповідно і його вартість. Середня витрата енергії, наприклад Tesla Model S, з батареєю 75

кВт·год складає 1 кВт·год на 3-4 км. Цей показник залежить від стилю керування електрокаром. Вартість 1 кВт·год ризниться від місця й часу. Продемонструємо середні показники. Заряджання від розетки за «нічним» тарифом – 0,84 грн за 1 кВт·год. Вартість 100 км пробігу = 27 грн. Від розетки за звичайним тарифом — 1,68 грн за 1 кВт·год. Вартість 100 км = 56 грн. В повільному режимі на комерційних станціях (з урахуванням часу паркування) – 7,88 грн 1 кВт·год. Вартість 100 км = 260 грн. У швидкісному режимі на комерційних станціях (з урахуванням часу паркування) – 9 грн 1 кВт·год. Вартість 100 км = 297 грн. Завдяки цим показникам можна розрахувати середню вартість заряджання й пробігу 100 км для Tesla Model S та прикинути ціни для інших моделей цієї марки. Ідеальним рішенням в умовах незрілої інфраструктури електрокарів, стане набуття стаціонарної домашньої станції [1].

*Порядок виконання роботи*

Вартість 1 кВт напруги що поглине електромобіль розраховується за наступною формулою:

$$C_{\text{вх}} = C/\eta * 100\% \tag{5.1}$$

де: C – вартість електроенергії, грн/1 кВт;  $\eta$  – ККД зарядної станції, %, додаток.

Тоді, відповідно, можемо обрахувати собівартість повного циклу експлуатації електромобіля:

$$C_{\text{ц.ел.}} = C_{\text{вх}} * W_{\text{км}} * L_{\text{зх,х}} \tag{5.2}$$

де:  $W_{\text{км}}$  – витрата електроенергії акумуляторної батареї електромобіля для подолання 1 км шляху, кВт·год./км, додаток.

Використовуючи методику наведену [2], виконуємо порівняння вартості електроенергії у відповідну витрату палива:

$$C_{\text{ц}} = \frac{C_{\text{ц.ел.}}}{C_{\text{пал}}} \tag{5.3}$$

$C_{\text{пал}}$  - середня вартість бензину А95 на заправках України, грн/л, додаток.

## Практична робота № 6

### Тема: Розрахунок параметрів акумуляторної батареї електромобіля

#### *Теоретичні відомості.*

Більшість нашої нинішньої транспортної системи не є ані доступною, ані екологічно стійкою. Таким чином, планується розвиток сектора електромобілів, тому вони планують замінити 70% транспортних засобів внутрішнього згоряння на електромобілі до 2035 року. Безщіткові електродвигуни постійного струму BLDC широко використовуються через їхні надзвичайні характеристики та найкращу продуктивність. Двигуни BLDC мають найкращі робочі характеристики, такі як високий пусковий момент, високий ККД близько 95-98% тощо. Двигуни BLDC є кращими для конструкції з високою щільністю потужності, оскільки вони демонструють кращі характеристики порівняно з іншими використовуваними двигунами.

Акумулятор електромобіля, які використовуються для живлення електродвигунів електромобіля, як правило, літій-іонні. Ці батареї спеціально розроблено для високої ємності А·год (або Вт·год). Найпоширенішим типом батареї є літій-іонний і літій-полімерний акумулятор через їх високу щільність енергії. Кількість заряду, що зберігається в цих батареях, вимірюється в А·год, а загальна енергія вимірюється в кВт·год. У цій практичній роботі ми розглядаємо літій-іонні (Li-ion) батареї. Існує багато типів акумуляторів, а саме LiFePO<sub>4</sub>, Li-ion, свинцево-кислотні акумулятори. Але ми використовували літій-іонні батареї, оскільки ці батареї мають вищу ефективність, ніж інші батареї. Крім того, для далеких подорожей через високу ємність цим АКБ віддають перевагу, тому ми обрали акумулятор, який відповідає вимогам наших змагань.

#### *Порядок розрахунку роботи*

Розрахунок кінетичної енергії, при розгоні до 100 км/год, вихідні дані для розрахунку беремо з додатку 6:

$$E_{\text{кін}} = \frac{1}{2} m \cdot V^2, \text{ Дж}, \quad (6.1)$$



де  $m$  – споряджена маса автомобіля, кг;  $V^2$  – швидкість руху електро-мобіля, (приймаємо 100 км/год) м/с.

Необхідна потужність при розгоні до 100 км/год, для електро-мобіля:

$$W = E_{\text{кін}}/t_1, \text{ кВт}, \quad (6.2)$$

де  $t_1$  – час розгону від 0 – 100 км/год, с.

Споживання струму двигуном:

$$I = \frac{W}{U}, \text{ А}, \quad (6.3)$$

де  $U$  – напруга на клемі акумулятора, В;  $I$  – сила струму, яка необхідна для роботи двигуна при повному навантаженні, А.

Розрахунок Вт·годин. Час роботи становить 1 годину:

$$P = W \cdot t, \text{ Вт} \cdot \text{год} \quad (6.4)$$

де  $t$  - час роботи електро-мобіля, Вт · год (приймаємо 1 год).

АКБ повинен мати запас енергії  $\kappa$ , що на 20-30% перевищує розра-хункову необхідність при експлуатації ТЗ:

$$P_3 = P \cdot \kappa \quad (6.5)$$

Тоді ємність АКБ, (підставляємо у Вт):

$$C_1 = \frac{P_3}{U}, \text{ А} \cdot \text{год}, \quad (6.6)$$

*Номинальний заряд батареї:*

Розрахунок необхідної потужності при різних швидкостях руху.

Якщо транспортному засобу потрібно проїхати 100 км зі швидкістю  $V_1$  км/год, то:

$$t_2 = S/V_{(1,2,3)}, \text{ год}, \quad (6.7)$$

Виходячи з ємності АКБ:

$$I_2 = \frac{C_1}{t_2}, \text{ А}, \quad (6.8)$$

Тоді потужність, яка буде спожита протягом цього періоду:

$$W = V \cdot I_2, \text{ Вт}, \quad (6.9)$$

### *Порядок розрахунку*

Відповідно до вихідних даних (додаток б) виконати розрахунок основних параметрів АКБ.

Виконати розрахунок необхідної потужності для швидкостей  $V_1, V_2, V_3$ , згідно додатка та побудувати графічну залежність швидкості руху електроавтомобіля від сили струму та потужності.

Підйом на гору, кутові сили та інші втрати не враховуються.

## **Практична робота № 7**

### **Тема: Методика розрахунку викидів шкідливих речовин від автомобільного транспорту**

#### *Теоретичні відомості*

На відміну від промислових джерел забруднення, прив'язаних до певних майданчиків і відокремлених від житлової забудови санітарно-захисними зонами, автомобіль є рухомих (нестационарним) джерелом забруднень, який широко зустрічається в житлових районах і місцях відпочинку.

Зведений розрахунок забруднення повітря, згідно з якою маса, що викидається "i" - і шкідливої речовини М (г/км с) в одиницю часу на одиницю відстані "n" групами автомобілів визначається за такою формулою:

$$M_i = \frac{1}{3600} * M_{i,n}^{II} * N_n * r_{i,v} \quad (7.1)$$

де  $M_{i,n}$  - пробігові викиди "i" - і шкідливої речовини автомобілями "n" групи для середніх умов експлуатації в міських умовах (г / км); n - кількість груп (категорій) автомобілів;  $N_n$  - фактична інтенсивність руху, тобто кількість автомобілів кожної "n" групи, що проходять через фіксовану частину обраної ділянки дороги за одиницю часу в обох напрямках по всіх смугах руху (годину); r - коригуючий коефіцієнт, що враховує швидкість руху транспортного потоку (км / год) на обраній ділянці автомагістралі; 1/3600 - коефіцієнт перерахунку годин в секунди.

Значення поправочного коефіцієнта  $r_{i,v}$  визначається, виходячи з середньої швидкості руху транспортного потоку по даній магістралі. Середня швидкість руху автомобіля на автомагістралі ( $V$ , км / год) оцінюється на основі показань спідометра автомобіля лабораторії, що рухається в потоці транспортних засобів на обраній ділянці даної автомагістралі.

Якщо розглянута магістраль має кілька перехресть (без світлофорного регулювання) і є головною, то швидкість руху транспортного потоку визначається по всій її протяжності. Для такої автомагістралі завдовжки  $L$  (км) потужність викидів, визначається як сума потужностей викидів по кожному з напрямків руху. Якщо розглянута магістраль має перехрестя зі світлофорним регулюванням або структура і інтенсивність транспортних потоків на протязі магістралі змінюється, то визначення викидів проводиться на окремих її ділянках по спеціально затвердженим формулам.

Значення коефіцієнта  $r_{i,v}$  представлено в табл.5.2.

Таблиця 5.2. - Значення коефіцієнтів  $r_{i,v}$ , що враховують зміну шкідливих речовин в залежності від швидкості руху

	Швидкість руху ( $V$ , км/год)							
	10	20	30	40	50	60	80	100
$r_{i,v}$	1.35	1.2	1.0	0.75	0.5	0.3	0.5	0.65

*Примітка:* для діоксиду азоту значення  $r_{i,v}$  у приймається постійним і рівним 1.

На основі аналізу отриманих результатів про склад і інтенсивності транспортних потоків визначалися значення  $N$  для кожної групи автомобілів і швидкість для транспортного потоку, які характеризують найбільші викиди шкідливих речовин в атмосферу.

Розраховані значення викидів нормуються на протяжність автомагістралей, тому автомагістралі з урахуванням їх конфігурації розбиваються на ряд прямокутних ділянок.

**Приклад розрахунку викидів автотранспорту, що рухається по вул. Соборній.** Підрахунок автотранспортних одиниць проводився по 3-м категоріями: легкові, вантажні автомобілі і автобуси, через

кожні 10 хвилин в період найбільшої інтенсивності руху. Загальна інтенсивність руху склала 1962 од / год, в т.ч. легкових – 890 од / год, вантажних дизельних автомобілів - 54 од / год, маршрутних таксі (автобусів) дизельних - 318 од / год. Швидкість руху дорівнює 35 км / год.

➤  $M_{i,nCO}$  для легкових автомобілів = 25,5 г/км, вантажних дизельних автомобілів = 24,9 г / км, маршрутних таксі (автобусів) дизельних = 24,7 г/км;

➤  $M_{i,nNOx}$  для легкових автомобілів = 1,8 г/км, вантажних дизельних автомобілів = 7,7 г/км, маршрутних таксі (автобусів) дизельних = 8,0 г / км;

➤  $M_{i,nCxHy}$  для легкових автомобілів = 2,1 г/км, вантажних дизельних автомобілів = 9,3 г/км, маршрутних таксі (автобусів) дизельних = 9,5 г / км;

➤  $1r_{i,v} = 0,87$

Розрахуємо сумарний викид CO, позначивши через  $M_1$  – викиди легкових автомобілів,  $M_2$  - вантажних дизельних автомобілів, а  $M_3$  - викид маршрутних таксі (автобусів) дизельних. Сумарне значення подвоїмо для врахування збільшення викидів при зупинках на перехрестях та зупинках.

Розрахуємо сумарний викид CO:

$$M_1 = \frac{1}{3600} * 25,5 * 890 * 0,87 * 2 = 10,96 \text{ г/с}$$

$$M_2 = \frac{1}{3600} * 24,9 * 54 * 0,87 * 2 = 0,65 \text{ г/с}$$

$$M_3 = \frac{1}{3600} * 24,7 * 318 * 0,87 * 2 = 3,8 \text{ г/с}$$

Розрахуємо сумарний викид  $NO_x$ :

$$M_1 = \frac{1}{3600} * 1,8 * 890 * 0,87 * 2 = 0,77 \text{ г/с}$$

$$M_2 = \frac{1}{3600} * 7,7 * 54 * 0,87 * 2 = 0,18 \text{ г/с}$$

$$M_3 = \frac{1}{3600} * 8 * 318 * 0,87 * 2 = 1,23 \text{ г/с}$$

Розрахуємо сумарний викид  $C_xH_y$ :

$$M_1 = \frac{1}{3600} * 2,1 * 890 * 0,87 * 2 = 0,9 \text{ г/с}$$

$$M_2 = \frac{1}{3600} * 9,3 * 54 * 0,87 * 2 = 0,24 \text{ г/с}$$

$$M_3 = \frac{1}{3600} * 9,5 * 318 * 0,87 * 2 = 1,46 \text{ г/с}$$

Виконати розрахунки викидів шкідливих речовин від автотранспорту згідно варіанту.

## Список рекомендованої літератури

1. Sudeep Pradhan, Dipanjan Ghose & Shabbiruddin. Planning and design of suitable sites for electric vehicle charging station- a case study. International journal of sustainable engineering 2021, Vol 14, №. 3, P. 404-418. <https://doi.org/10.1080/19397038.2020.1862347>
2. Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни “Інфраструктура та ринок дорожніх транспортних засобів” для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» денної та заочної форм навчання / Колесник О. А. Рівне : НУВГП, 2018. 43 с. <https://ep3.nuwm.edu.ua/12820>
3. Jairo Gonzalez, Roberto Alvaro, Carlos Gamallo, Manuel Fuentes, Jesus Fraile-Ardanuy, Luk Knapenb, Davy Janssensb. Determining Electric Vehicle Charging Point Locations Considering Drivers’ Daily Activities. Published by Elsevier B.V. Open access under CC BY-NC-ND license. Selection and Peer-review under responsibility of the Program Chairs, 1877-0509. 2014 doi:10.1016/j.procs.2014.05.472
4. Ігнатюк, Р. М., Рижий О. П., Пахаренко В. Л. Дослідження зміни інфраструктури автомобільної галузі ЄС та України відповідно до нових викликів. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування* (3(99)). 2022. С. 41–48.
5. Master Service Electro. Скільки коштує зарядити теслу. URL: <https://sto.ms/ua/skolko-stoit-zaryadka-teslyi>.
6. О. П. Смирнов, О. Б. Богаєвський, А. О. Смирнова Розрахунок еквівалентної витрати палива електромобілями у різних країнах Вісник НТУ «ХПІ». 2013. № 29 (1002) С. 114–119.
7. Methodology for Electric Vehicle Charging Systems. Climate Neutral Business Network, a project of Strategic Environmental Associates Inc, on behalf of the EV Charging Carbon Coalition. April 2018.
8. Кищун В. А. Інфраструктура та ринок дорожніх транспортних засобів (ДТЗ) : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Луцьк : РВВ Луцького НТУ, 2015. 224 с.