

Міністерство освіти і науки України  
Луцький національний технічний університет  
(повне найменування вищого навчального закладу)  
Факультет транспорту та інженерії  
(повне найменування факультету)  
Кафедра автомобільного транспорту  
(повне найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗРАХУНКУ  
СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Спеціальність: 274 Автомобільний транспорт

Освітня програма: Інжиніринг автомобільного транспорту

Виконав: здобувач вищої освіти  
групи ІАТм-21  
Богдан ГНАТІВ

Керівник:  
к.т.н., доцент  
Василь ПАВЛЮК

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
„\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2026 р.

к.т.н., доцент  
Гарант освітньої програми:  
Валерій ДЕМБІЦЬКИЙ

ЛУЦЬК 2026

# ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії  
Кафедра автомобілів і транспортних технологій  
Ступінь вищої освіти: магістр  
Галузь знань: 27 Транспорт  
Спеціальність: 274 Автомобільний транспорт  
Освітня програма: Інжиніринг автомобільного транспорту

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри автомобілів і  
транспортних технологій

В. ОНИЩУК  
«      »                      202\_ р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Гнатіву Богдану Ігоровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Вдосконалення методики технологічного розрахунку станції технічного обслуговування електромобілів

Керівник роботи: к.т.н., доцент Павлюк Василь Іванович

затверджені наказом закладу вищої освіти від «   »                      202\_ р. №                     

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи червень 2026 року.

3. Вихідні дані до роботи:

Обслуговувані транспортні засоби – електромобілі. Нормативи технологічного проектування підприємств автомобільного транспорту

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

Вступ.

1. Передумови та особливості технологічного розрахунку станцій технічного обслуговування електромобілів.

2. Вдосконалення методики технологічного розрахунку станцій технічного обслуговування з урахуванням особливостей електромобілів.

3. Технологічний розрахунок станції технічного обслуговування електромобілів за запропонованою методикою.

4. Висновки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

1. Мета, об'єкт та предмет дослідження.

2–3. Обґрунтування актуальності дослідження.

4–6. Схеми алгоритмів етапів технологічного розрахунку станцій технічного обслуговування електромобілів за удосконаленою методикою.

7–9. Результати технологічного розрахунку за запропонованою методикою.

10. Висновки.

## 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис         |                  |
|--------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|        |                                           | Завдання видав | Завдання прийняв |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |

7. Дата видачі завдання «    » \_\_\_\_\_ 202\_ року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи                                                                   | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1.    | Передумови та особливості технологічного розрахунку станцій технічного обслуговування електромобілів  | 03.2026                       |          |
| 2.    | Вдосконалення методики технологічного розрахунку СТО з урахуванням особливостей електромобілів        | 04.2026                       |          |
| 3.    | Технологічний розрахунок станції технічного обслуговування електромобілів за запропонованою методикою | 05.2026                       |          |
| 4.    | Висновки                                                                                              | 06.2026                       |          |
| 5.    | Підготовка презентації                                                                                | 06.2026                       |          |
| 6.    | Захист роботи                                                                                         | Згідно графіка                |          |

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_  
(підпис)Б. ГНАТІВ

(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)В. ПАВЛЮК

(прізвище, ініціали)

## АНОТАЦІЯ

ГНАТІВ Б.І. Назва роботи: «Вдосконалення методики технологічного розрахунку станції технічного обслуговування електромобілів». Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра за Освітньою програмою «Інжиніринг автомобільного транспорту» спеціальності 274 Автомобільний транспорт. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026.

Кваліфікаційна робота магістра має: вступ, три розділи з висновками, висновки, перелік джерел посилання.

Кваліфікаційна робота містить дослідження процесу технологічного розрахунку станції технічного обслуговування електромобілів. Запропоновано алгоритми та удосконалену методику розрахунку. Удосконалено структуру алгоритму та запропоновано удосконалений підхід у коригуванні трудомісткості робіт обслуговування електромобілів.

Під час виконання роботи використовувалися інструменти штучного інтелекту як допоміжний засіб технічної підтримки підготовки рукопису. Основні твердження, висновки та результати дослідження належать автору та ґрунтуються на власному аналізі.

Ключові слова: технологічний розрахунок, станція технічного обслуговування, електромобіль, алгоритм, методика.

## ANNOTATION

HNATIV B. Topic title: «Improvement of the Technological Calculation Methodology for an Electric Vehicle Service Station» Manuscript.

Qualification work of the master of educational program «Road transport engineering» of a specialty «274 Automotive transport». Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

The calculation and explanatory note consists of an introduction, three chapters with conclusions, general conclusions, and a list of references.

The qualification thesis investigates the process of technological design calculation for an electric vehicle service station. Algorithms and an improved calculation methodology are proposed. The structure of the calculation algorithm has been enhanced, and an improved approach to adjusting the labor intensity of electric vehicle maintenance operations has been developed.

During the preparation of this work, artificial intelligence tools were used as an auxiliary means of technical support for manuscript preparation. The main statements, conclusions, and research results are the author's own and are based on the author's independent analysis.

Key words: technological calculation, service station, electric vehicle, algorithm, methodology.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                                                                                                        | 8  |
| РОЗДІЛ 1 ПЕРЕДУМОВИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО<br>РОЗРАХУНКУ СТАНЦІЙ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ<br>ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ .....                         | 11 |
| 1.1 Чисельність та тенденції на ринку електромобільного транспорту.....                                                                           | 11 |
| 1.2 Розвиток сервісної інфраструктури.....                                                                                                        | 12 |
| 1.3 Особливості технічного обслуговування та ремонту електромобілів .....                                                                         | 13 |
| 1.4 Аналіз підходів технологічного розрахунку станцій<br>технічногообслуговування.....                                                            | 16 |
| ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ.....                                                                                                                          | 19 |
| РОЗДІЛ 2 ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО<br>РОЗРАХУНКУ СТАНЦІЙ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ<br>З УРАХУВАННЯМ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ..... | 20 |
| 2.1 Прийнята методика технологічного розрахунку незалежної СТО<br>міського типу на основі класичних нормативів .....                              | 20 |
| 2.2 Удосконалення методики .....                                                                                                                  | 24 |
| ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ.....                                                                                                                          | 29 |
| 3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО<br>ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ЗА ЗАПРОПОНОВАНОЮ<br>МЕТОДИКОЮ.....                                | 30 |
| 3.1 Прийняті початкові дані для розрахунку .....                                                                                                  | 30 |
| 3.2 Розрахунок виробничої програми.....                                                                                                           | 32 |
| 3.3 Розрахунок кількості робочих постів .....                                                                                                     | 33 |
| 3.4 Розрахунок виробничих площ.....                                                                                                               | 33 |

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| 3.5 Аналіз результатів розрахунку ..... | 34 |
| ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ .....               | 38 |
| ВИСНОВКИ .....                          | 39 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....           | 40 |

## ВСТУП

Розвиток інфраструктури та виробничо-технічної бази підприємств автосервісу визначається насамперед зростанням рівня електромобілізації на фоні зростаючої автомобілізації регіонів і постійним ускладненням конструкції колісних транспортних засобів, що обмежує можливості їх якісного обслуговування та ремонту поза спеціалізованими сервісними підприємствами. Для високовольтних систем електромобіля обслуговування поза сервісом мінімальне. За таких умов виникає потреба у формуванні розвиненої мережі підприємств автосервісу різного функціонального призначення. Актуальною є проблема забезпечення обслуговування електромобілів, яких все більше з'являється на дорогах світу, Європи та нашої країни. Вичерпність нафтових ресурсів спонукала світовий перехід до альтернативних джерел енергії і на транспорті. Перспективним, на сьогодні є застосування електроприводу для колісних транспортних засобів автомобільного транспорту. Отже раціональне використання природних ресурсів, земельних площ і виробничих потужностей підприємств обумовлює актуальність досліджень, спрямованих на підвищення ефективності розвитку та функціонування об'єктів автосервісу.

### **Актуальність проблеми**

Для аналітичного обґрунтування прийнятих рішень під час технологічного проектування підприємств автосервісу є потреба у проведенні технологічного розрахунку, з урахуванням особливостей обслуговуваного рухомого складу, оскільки електромобілі є принципово новим типом колісних транспортних засобів. Застосування такого підходу у прийнятті рішень на основі даних технологічного розрахунку використовується для розробок нових автосервісних підприємств, а також під час реконструкції діючих. Впровадження обґрунтованих алгоритмів та методик має вплив на ефективність прийняття інженерних рішень.

Актуальність проведення дослідження продиктована необхідністю удосконалення методики розрахунку підприємств автосервісу спеціалізованих для роботи з електромобілями. Впровадження покращених методик сприяє підвищенню точності технологічного розрахунку, поліпшенню процесу технологічного

проектування та якості прийнятих рішень під час розробки підприємств автосервісу що обслуговують електромобілі, що підкреслює практичне значення роботи.

**Метою дослідження** є вдосконалення методики технологічного розрахунку станції технічного обслуговування шляхом урахування впливу особливостей конструкції та експлуатації електромобілів.

**Завдання дослідження:**

- проаналізувати парк електромобілів, встановити особливості їх обслуговування, обґрунтувати вибір підходу технологічного розрахунку станцій технічного обслуговування;
- розробити удосконалення методики технологічного розрахунку станцій технічного обслуговування з урахуванням особливостей електромобілів;
- визначити потребу у потужності автосервісу для обслуговування електромобілів жителів заданого регіону на основі технологічного розрахунку.

**Об'єктом дослідження** є процес технологічного розрахунку підприємств автосервісу.

**Предметом дослідження** є вдосконалення методики технологічного розрахунку автосервісного підприємства з врахуванням особливостей конструкції та експлуатації електромобілів.

**Науково-практична цінність** полягає у подальшому розвитку і удосконаленні алгоритму і методики технологічного розрахунку станції технічного обслуговування електромобілів.

**Теоретичне значення** роботи полягає у розробці математичного апарату методики відповідно до запропонованого алгоритму удосконалення технологічного розрахунку.

**Практичне значення одержаних результатів** зумовлене можливістю використання запропонованої удосконаленої методики технологічного розрахунку для визначення основних величин, що характеризують потужність ділень автосервісу електромобілів.

**Апробація роботи.** Результати проведених досліджень представлені до обговорення під час проведення IX Міжнародної науково-технічної конференції

«Науково-прикладні аспекти автомобільної і транспортно-дорожньої галузей» – ЛНТУ у місті Луцьк ФТІ ЛНТУ, 26–28 травня 2026 р.

**Публікації.** Доповідь на тему магістерської кваліфікаційної роботи увійшла у збірник матеріалів конференції [1].

**Структура роботи.** Кваліфікаційна магістерська робота має структурні елементи: вступ, три розділи, висновки та перелік літературних джерел посилання.

Кваліфікаційна робота магістра, загалом, виконана з дотриманням основних вимог та рекомендацій [2–4].

## **РОЗДІЛ 1 ПЕРЕДУМОВИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗРАХУНКУ СТАНЦІЙ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ**

### **1.1 Чисельність та тенденції на ринку електромобільного транспорту**

Парк електромобілів у країнах Європи перебуває на етапі активного зростання на фоні структурного перетворення автомобільного транспорту із заміною автомобілів з ДВЗ на гібридні та електричні транспортні засоби. Найвищий рівень поширення електромобілів спостерігається у країнах Північної та Західної Європи, зокрема у Норвегії, Німеччині та інших. Частка електромобілів серед продажів нових транспортних засобів у більшості європейських країн щороку зростає завдяки впровадженню державним програмам підтримки, існуючим податковим пільгам та спланованій екологічній політиці щодо скорочення шкідливих викидів. На заваді інтенсивного розвитку парку електромобілів (ЕМ) стоїть нерозвинена зарядна інфраструктура з нерівномірно розташованою мережею швидкісних зарядних станцій та обмеженні цифрові сервіси для користувачів ЕМ. Одночасно відбувається адаптація сервісної інфраструктури підприємств класичного автосервісу до обслуговування високовольтних та електронних систем електромобілів. Це свідчить про поступовий перехід автомобільного транспорту європейських країн до електромобільного транспорту з формуванням нової технологічної структури у європейській транспортній інфраструктурі.

У середньому по Європі рівень забезпечення електромобілями становить близько 6 електромобілів на 1000 осіб населення, тоді як у Норвегії цей показник перевищує 160 EV на 1000 жителів [5].

Парк електромобілів в Україні помітно менший, хоча тенденція до зростання, за відповідного державного сприяння [6], може бути співмірна з деякими країнами Європи та світу [5, 7]. Волинська область на кінець 2025 року мала показник 6,4 ЕМ/1000 осіб [7], а на 2026 рік [1] вийшла на рівень Німеччини на кінець 2020 року  $r_E=8,5$  ЕМ/1000 осіб, коли у Норвегії станом на кінець того ж 2020 року рівень становив 81 ЕМ/1000 осіб, а у 2026 – 160 ЕМ/1000 осіб [5].

Кількість зареєстрованих за роками електромобілів в Україні та Волинській області, станом на кінець перших кварталів наведено на рисунках 1.1 та 1.2 [8, 1].

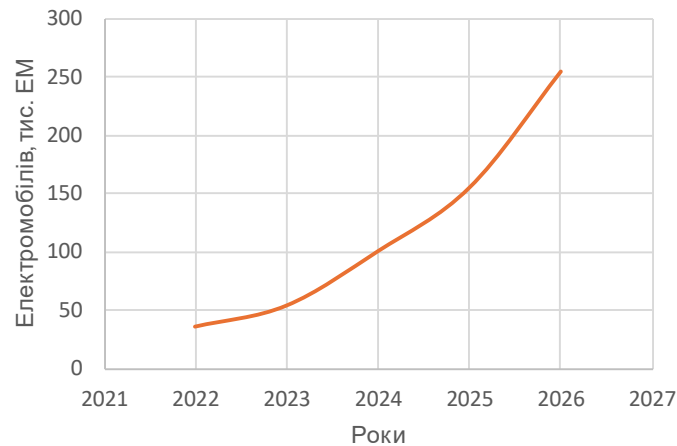


Рисунок 1.1 – Кількість зареєстрованих за роками електромобілів в Україні

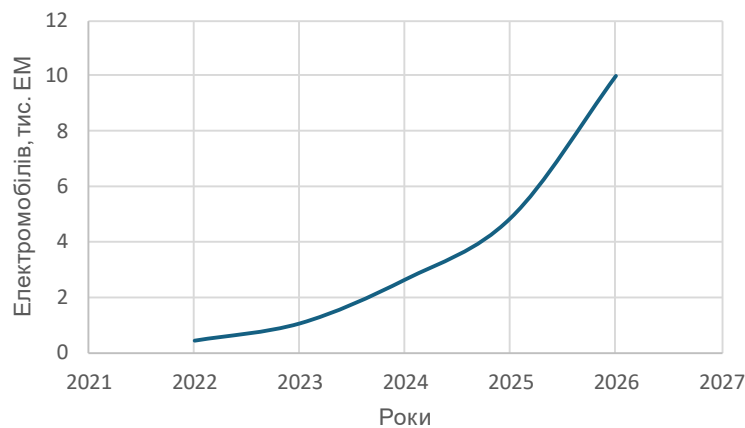


Рисунок 1.2 – Кількість зареєстрованих за роками електромобілів у Волинській області

Через скасування пільгових умов [10] можливе часткове призупинення росту кількості електромобілів.

## 1.2 Розвиток сервісної інфраструктури

Сервісна інфраструктура європейських країн розвивається як складова загальної політики електромобільності. Окремі країни оголосили про відмову від продажу автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння (Франція та Велика Британія до 2040 р.), у багатьох існують різні форми підтримки: грошові премії,

значні податкові та експлуатаційні пільги власникам ЕМ тощо (Німеччина, Норвегія та інші) [9].

Найбільш затребувано, а від так і інтенсивно, розвивається зарядна інфраструктура, сервіси та технологічні інновації (випробування бездротового заряджання електромобілів у Франції; розвиток концепції Vehicle-to-Grid (V2G) у Великій Британії за участю Nissan та енергетичних компаній [9]). Тобто сервіс ЕМ у Європі розглядається ширше, ніж лише ТО і ремонт, і включає зарядну інфраструктуру та енергетичні сервіси.

У світі прослідковується тенденція, що власники ЕМ рідше звертаються за ремонтом, переважно виконують перевірку підвіски, заміну салонних фільтрів та діагностику. Власники витрачають менше коштів і часу на ТО порівняно з традиційними автомобілями. Це сприяє поширенню цих транспортних засобів та безпосередньо впливає на структуру сервісних підприємств як у світі, так і в Європі, зокрема у нашій країні.

Поряд з тим для сервісу ЕМ потрібна інша кваліфікація персоналу, оскільки сервіс ЕМ переходить від обслуговування класичної автомеханіки до: електротехніки; електроніки; програмного забезпечення; комп'ютерної діагностики [9, 11–14, 36]. Загалом сервіс електромобілів орієнтується на мехатроніків, електриків та фахівців з діагностики, а частково і на традиційних автомеханіків [15].

### 1.3 Особливості технічного обслуговування та ремонту електромобілів

Конструктивні особливості електромобілів у першу чергу зумовлені відсутністю двигуна внутрішнього згоряння та багатоступеневої коробки передач. Натомість наявність високовольної тягової батареї, застосування електродвигуна, інвертора та значної частки електронних систем керування визначають особливості експлуатації таких колісних транспортних засобів (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Ілюстрація до розподілу вагової частки обслуговування систем колісних транспортних засобів

Відсутність потреби заміни моторної оливи, масляних, паливних та фільтрів ДВЗ, свічок запалювання призводить до зменшення періодичної кількості регламентних робіт. Однак лишається необхідність контролю стану високовольтної батареї інвертора та електродвигуна їх систем охолодження, діагностування програмного забезпечення та електронних систем.

Складність діагностики і ремонту ДВЗ у ЕМ замінилися особливостями ремонту високовольтних батарей (балансування та заміна елементів ВВБ), діагностування електродвигунів, ремонтом складних, за виконанням і функціями, інверторів, оновлення та налаштування програмного забезпечення (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Ілюстрація до розподілу пріоритетів у системах обслуговування колісних транспортних засобів

При технічному обслуговуванні, ремонті та зберіганні електромобілів необхідно враховувати наявність високовольтних систем, тягових акумуляторних батарей та потужних електронних компонентів, які створюють додаткові ризики ураження електричним струмом, короткого замикання, термічного розгону акумуляторів і виникнення пожежі. Тому роботи повинні виконуватися спеціально підготовленим персоналом із відповідною групою допуску до робіт на електроустановках із застосуванням діелектричних засобів захисту, ізольованого інструменту та обладнання для контролю відсутності напруги.

Під час обслуговування електромобіля необхідно здійснювати відключення високовольтного кола відповідно до вимог виробника, блокування можливості випадкового ввімкнення системи та контроль залишкової напруги на силових елементах. Робочі пости повинні бути обладнані попереджувальними знаками, засобами пожежогасіння, пристроями аварійного відключення електроживлення та вільним доступом для евакуації транспортного засобу у разі аварійної ситуації.

При зберіганні електромобілів особливу увагу приділяють стану тягової акумуляторної батареї, контролю рівня її заряду та температурного режиму. Пошкоджені, перегріті або аварійні акумуляторні батареї рекомендується розміщувати в окремих ізольованих зонах із дотриманням протипожежних розривів, можливістю постійного моніторингу температури та швидкого реагування на ознаки термічного розгону. Крім того, необхідно враховувати вимоги до вентиляції приміщень, електробезпеки, заземлення обладнання та безпечного розміщення зарядної інфраструктури.

Робота з такими системами ставить кваліфікаційні вимоги до персоналу. У класифікаторі професій з'явилися фахівці – мехатроніки, з відповідними вимогами та характеристиками виконуваних робіт. Від них вимагається знання електротехніки та електроніки, навички комп'ютерної діагностики, робота з високовольтними системами тощо [15, 16].

Висока кваліфікація визначається і рівнем технологічного обладнання що використовується у процесі експлуатації та під час безпосереднього проведення ТО і ремонту ЕМ. Це і високовольтне діагностичне обладнання, стенди для перевірки

батарей, спеціальний і спеціалізований ізолюваний інструмент, засоби електрозахисту, зарядна інфраструктура.

Вимоги до виробничо-технічної бази формують вплив особливостей ЕМ на технологічний розрахунок СТО. Розглядаючи концептуальні підходи аналітичного обґрунтування розробки ВТБ потрібно розглянути:

- зміну структури робіт ТО і ремонту;
- формування середньої трудомісткості автомобіле-заїзду;
- потребу у спеціалізованих постах;
- вимоги до персоналу;
- склад виробничих підрозділів, приміщень тощо.

#### 1.4 Аналіз підходів технологічного розрахунку станцій технічного обслуговування

У теорії проектування та розвитку виробничо-технічної бази підприємств автомобільного транспорту, зокрема СТО, можна виділити три основні підходи до технологічного розрахунку та визначення виробничої потужності [17–31].

Економічний підхід, що базується на аналізі ринкового попиту на послуги технічного обслуговування і ремонту та економічної доцільності функціонування підприємства. Виробнича програма СТО визначається виходячи з прогнозованої кількості клієнтів, обсягів реалізації послуг, рівня завантаження підприємства, доходів і витрат. Основною метою є забезпечення рентабельної роботи СТО та досягнення економічно обґрунтованих показників прибутковості. Недоліком підходу є обмежене врахування технологічних особливостей виробничих процесів і випадковості надходження автомобілів на обслуговування.

Економіко-ймовірнісний підхід поєднує економічний аналіз із методами теорії ймовірностей та масового обслуговування. При цьому потоки автомобілів, що надходять на СТО, розглядаються як випадкові процеси, а виробничі ресурси – як система обслуговування з обмеженою пропускну здатністю. Підхід дозволяє оцінювати завантаження постів, час очікування клієнтів, імовірність виникнення

черг, втрати заявок та економічні наслідки різних варіантів організації виробництва. Його перевагою є найбільш повне врахування реальних умов функціонування СТО, однак застосування потребує значного обсягу статистичних даних та складніших розрахунків.

Найбільш поширеним через простоту реалізації є класичний детермінований підхід [17–19, 22–32]. Детермінований підхід передбачає використання нормативних значень періодичності технічного обслуговування, трудомісткості робіт, режимів роботи підприємства та інших регламентованих параметрів. Всі вихідні дані приймаються як наперед відомі та незмінні. На їх основі розраховують виробничу програму, чисельність персоналу, кількість постів і площі приміщень. Перевагами підходу є простота застосування та можливість використання на ранніх етапах проектування. Водночас він недостатньо враховує нерівномірність попиту, сезонні коливання та випадковий характер звернення клієнтів.

Таким чином, економічний підхід орієнтований на ринкову доцільність функціонування підприємства, детермінований – на нормативно-технологічні показники, а економіко-ймовірнісний – на моделювання реальних виробничих процесів з урахуванням випадкового характеру надходження замовлень та економічної ефективності роботи СТО [20, 21]. Найбільш перспективним для сучасних підприємств автосервісу вважається економіко-ймовірнісний підхід, який забезпечує більш адекватне відображення умов експлуатації та функціонування сервісних систем. Однак за належного обґрунтування початкових даних та прийнятих коригувань величин нормативних значень, детермінований технологічний розрахунок дає прийнятний результат і має місце у застосуванні під час розробки об'єктів ВТБ підприємств автомобільного транспорту.

У технологічному розрахунку СТО електромобілів можуть застосовуватись два основні підходи до формування виробничої програми та визначення параметрів виробничо-технічної бази [9, 1].

Підхід за наявними виробничими площами та потужністю СТО базується на оцінці можливостей існуючої виробничо-технічної бази. За відомими площами приміщень, території, кількістю можливих постів, режимом роботи та пропускною

здатністю визначають максимально можливий обсяг робіт і виробничу програму, яку може забезпечити підприємство. Такий підхід є доцільним під час реконструкції, модернізації або перепрофілювання діючих СТО для обслуговування електромобілів, коли розширення виробничих площ є обмеженим або економічно недоцільним.

Підхід за наявним парком електромобілів передбачає визначення виробничої програми на основі чисельності електромобілів у зоні обслуговування, інтенсивності їх експлуатації, періодичності технічного обслуговування та коефіцієнта звернень власників на СТО. У цьому випадку спочатку визначається річна кількість автомобіле-заїздів і річний обсяг робіт, після чого розраховується необхідна кількість постів, персоналу, площ підрозділів та обладнання. Такий підхід застосовується переважно при проектуванні нових СТО або розширенні існуючих підприємств з орієнтацією на прогнозований попит.

Перший підхід є ресурсно орієнтованим і ґрунтується на можливостях наявної виробничо-технічної бази підприємства, тоді як другий є ринково орієнтованим і виходить із потреб парку електромобілів.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

1. Проаналізовано передумови та особливості технологічного розрахунку станцій технічного обслуговування електромобілів. Розглянуто основні підходи технологічного розрахунку станцій технічного обслуговування.

2. Обґрунтовано актуальність проведення дослідження на тему роботи з урахуванням чисельності та тенденцій на ринку електромобільного транспорту.

3. Розглянуто особливості технічного обслуговування та ремонту електромобілів.

## РОЗДІЛ 2 ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗРАХУНКУ СТАНЦІЙ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ З УРАХУВАННЯМ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

2.1 Прийнята методика технологічного розрахунку незалежної СТО міського типу на основі класичних нормативів

В основі розрахунку закладена методика визначення показників річної виробничої програми обслуговування за відомим парком транспортних засобів [22, 23]. Вихідними даними для технологічного розрахунку станцій виробничої програми з технічного обслуговування і ремонту електромобілів слугують:

- кількість електромобілів, що обслуговуються станцією технічного обслуговування протягом року;
- середньорічна кількість заїздів електромобілів для обслуговування станцією;
- середні значення тривалості перебування ТЗ на посту;
- середні значення трудомісткості одного заїзду;
- режим роботи станції технічного обслуговування.

У роботі розглядається розробка незалежних станцій технічного обслуговування, які забезпечують сервісом електромобілі жителів певного регіону.

Для певного регіону обслуговування (області) ймовірну кількість електромобілів, що обслуговуються незалежною станцією технічного обслуговування протягом року, можна розрахувати за залежністю (2.1) [22, 23]:

$$E_{СТО} = M_i \cdot r_E \cdot p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot p_4 \cdot p_5, \quad (2.1)$$

де  $M_i$  – чисельність населення даного регіону (області або міста), тис. осіб;

$r_E$  – кількість електромобілів на 1000 мешканців даного регіону області або міста, ЕМ/1000 осіб;

Значення цього показника для регіонів України може бути визначена за даними кількості електромобілів  $N_{Ei}$  та жителів регіону  $M_i$ .

Кількість електромобілів на 1000 мешканців даного регіону, визначиться за кількістю налічуваних електромобілів у регіоні  $N_{Ei} = M_i \cdot r_{Ei}$ :

$$r_{Ei} = N_{Ei} / M_i. \quad (2.2)$$

$p_1$  – коефіцієнт лояльності, що враховує чисельність власників електромобілів, котрі користуються послугами СТО;

$p_2$  – коефіцієнт врахування електромобілів, що поступають на СТО з інших регіонів, до 20%;

$p_3$  – коефіцієнт врахування річної частоти заїзду електромобілів на СТО;

$p_4$  – коефіцієнт врахування перспектив розвитку СТО, який визначається за залежністю [22, 23]:

$$p_4 = (1 \pm P)^{X-1}, \quad (2.3)$$

де  $P=0,02 \dots 0,10$  – середньорічний темп приросту кількості електромобілів, що обслуговуються на СТО;  $(X-1)$  – показник степеня перспективи проектування СТО на  $X=5 \dots 10$  років;

$p_5$  – коефіцієнт спеціалізації, що враховує частку загального парку електромобілів, для яких призначена СТО, або за видами робіт, для універсальних СТО  $p_5=1,0$ .

Розрахунок річних обсягів робіт станції технічного обслуговування автомобілів

Річний обсяг робіт незалежної СТО включає послуги (роботи) з ТО і ПР, прибирально-мийні роботи, роботи з приймання і видачі електромобілів. Для міських станцій технічного обслуговування легкових електромобілів річний обсяг робіт з ТО і ПР визначається за залежністю (2.4):

$$T_{Pi} = E_{СТО} \cdot t_{Pi}^H \cdot K_{Ei}, \quad (2.4)$$

$E_{СТО}$  – кількість електромобілів усередненого типу, які обслуговує СТО протягом року, одиниць;

$t_{Pi}^H$  – середня трудомісткість одного заїзду на обслуговування (ПМР, ТО і ПР ЕМ), люд.год;

$K_{Ei}$  – узагальнюючий коефіцієнт коригування величини трудомісткості.

Чисельність робітників основного виробництва для електромобілів визначається за відомою формулою (2.5):

$$P_B = T_{Pi} / (\Phi_B \cdot K_{nn}), \quad (2.5)$$

де  $T_{Pi}$  – річний обсяг робіт (може розглядатися для певного і-го виду), люд.-год;

$\Phi_B$  – річний фонд часу виробничника;

$K_{nn}$  – коефіцієнт перевищення норм виробництва.

Кількість робочих постів обслуговування електромобілів визначається за відомими залежностями (2.6), зокрема пропускною здатністю поста  $Q_{\Pi}$ :

$$Q_{\Pi} = (D_P \cdot \tau_{3M} \cdot C) / \tau_{\Pi} \quad (2.6)$$

$$X_{\Pi} = E_{СТО} / Q_{\Pi} = E_{СТО} \cdot \tau_{\Pi} / (D_P \cdot \tau_{3M} \cdot C)$$

або за трудомісткістю постових робіт за залежністю (2.7) [22, 23]:

$$X_{\Pi} = T_P \cdot \varphi_{\Pi} / (D_P \cdot T_{3M} \cdot C \cdot P_{\Pi} \cdot \eta_{\Pi}), \quad (2.7)$$

$T_P$  – річний об’єм постових робіт, люд.-год.;

$\varphi_{\Pi}, \eta_{\Pi}$  – коефіцієнти нерівномірності завантаження та коефіцієнт використання робочого часу обладнання постів СТО [22, 23];

$\tau_{\Pi}$  – середня тривалість перебування електромобіля на посту;

$D_P$  – річний фонд днів роботи постів електромобілів на СТО (режим роботи), дні;

$T_{3M}$  – тривалість зміни, год;

$C$  – кількість змін;

$P_{\Pi}$  – чисельність одночасно працюючих на посту, осіб.

Після визначення річної кількості обслуговуваних ЕМ можна приблизно оцінити ймовірну кількість робочих постів СТО для виконання ТО і ремонту електромобілів  $E_{СТО}/1500$  [9] разом із одним постом для виконання прибирально-мийних робіт за залежністю (2.8):

$$X'_{\Pi} = E_{СТО} / 1500 + 1 \quad (2.8)$$

Орієнтовні значення виробничих площ  $F_i$  визначаються за нормативами питомих площ  $f_i$  і коефіцієнта  $K_{щi}$  запасу (щільності) за залежністю (2.9):

$$F_i = \sum (f_i \cdot x_i \cdot K_{щi}), \quad (2.9)$$

де  $f_i$  – площа питома на  $i$ -й об'єкт,  $\text{м}^2$ ;

$x$  – кількість об'єктів на одиницю яких передбачено норматив питомої площі, один.;

$K_{\text{щ}i}$  – коефіцієнт щільності розміщення одиничних площ.

## 2.2 Удосконалення методики

Зміна класичного переліку робіт і операцій ТО і ремонту КТЗ для електромобілів потребує встановлення їх переліку і частки у загальному обсягові робіт. У спеціалізованій функціональній групі слід виокремити для електромобілів специфічні роботи з:

- високовольтними системами;
- тяговими акумуляторними батареями;
- програмно-цифровими системами;
- зарядною інфраструктурою.

Рівень і складність систем електромобіля визначатиме вплив на трудомісткість операцій і загальний об'єм робіт обслуговування (технічного обслуговування і поточного ремонту) ЕМ.

Пропонується коригувати нормативну трудомісткість за допомогою коригуючого коефіцієнта, який визначатиме узагальнений коефіцієнт коригування величини трудомісткості  $K_E$ .

$$K_E = K'_E \cdot K_{TC},$$

де  $K'_E$  – базовий коефіцієнт коригування нормативної трудомісткості, що враховує чисельність постів, кліматичні умови, віковий фактор, технологічні процеси тощо [22, 23];

$K_{TC}$  – коефіцієнт врахування рівня і складності систем електромобілів за класом електромобілів. ( $K_{TC} \geq 1$  – збільшення трудомісткості через кількість і

складність обслуговуваних систем,  $K_{TC} \leq 1$  – зменшення трудомісткості завдяки технологічній досконалості систем та обладнання [22, 23]).

Запропонований коефіцієнт  $K_{TC}$  на даному етапі дослідження має концептуальний характер і призначений для відображення впливу рівня складності систем електромобіля на трудомісткість робіт. Через відсутність достатньої статистичної бази щодо трудомісткості обслуговування різних класів електромобілів у роботі для практичних розрахунків використано узагальнений коефіцієнт  $K_E$ , величина якого визначається на основі відомих рекомендацій та прогнозованої зміни трудомісткості технічного обслуговування і ремонту електромобілів.

Коефіцієнт враховуватиме складність і рівень систем електромобілів відповідного класу. З одного боку, меншення затрат часу через використання систем самодіагностики та моніторингу і оптимізації типу digital twin [33–38], з іншої сторони – збільшення трудомісткості, через складність конструкції КТЗ і кількості обслуговуваних систем.

Алгоритм технологічного розрахунку виробничої програми та річного обсягу робіт наведений на рисунку 2.1. Функціональною схемою визначено послідовність формування виробничої програми технічного обслуговування і ремонту електромобілів та визначення річного обсягу робіт з урахуванням характеристик парку ЕМ, режиму роботи постів, структури звернень клієнтів і особливостей конструкції електромобілів. Запропонований підхід передбачає формування структури та розподілу робіт за функціональними групами, що дозволяє врахувати специфіку високовольтних систем, тягових акумуляторних батарей, цифрових систем і зарядної інфраструктури при подальшому технологічному розрахунку СТО.

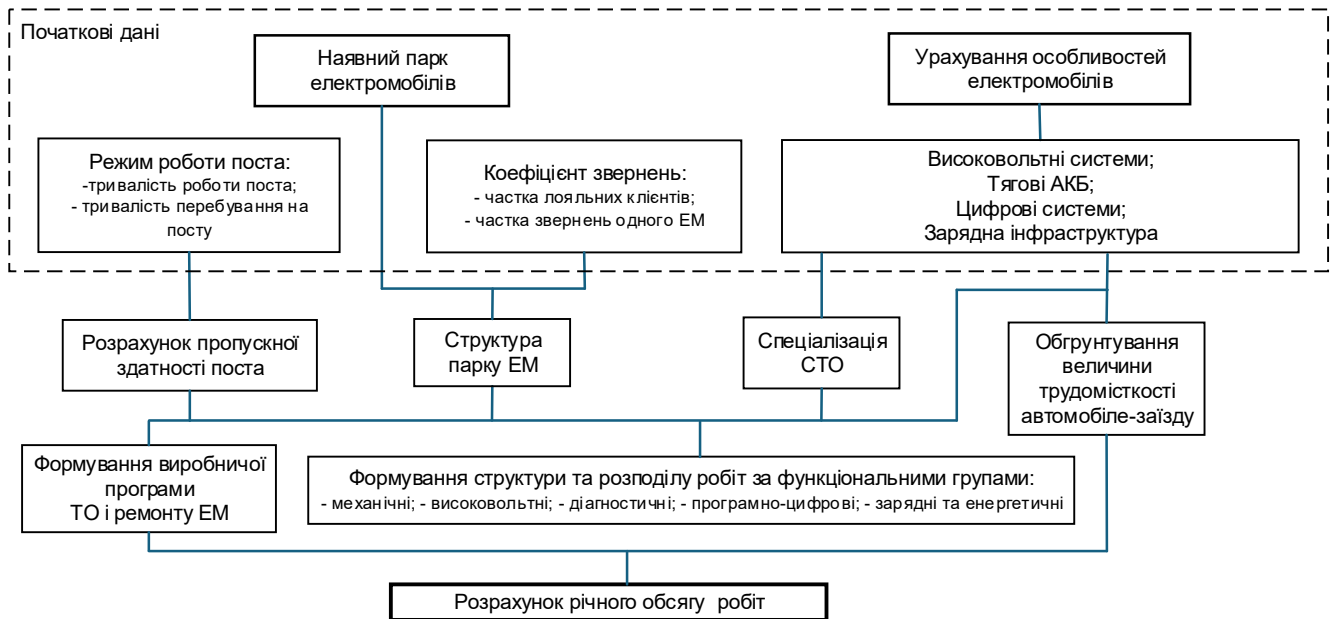


Рисунок 2.1 – Структурна схема розрахунку виробничої програми та річного обсягу робіт станції технічного обслуговування електромобілів

На основі виробничої програми та річного обсягу робіт станції технічного обслуговування електромобілів визначаються низка інших основних виробничих параметрів станції технічного обслуговування електромобілів (рис. 2.2).

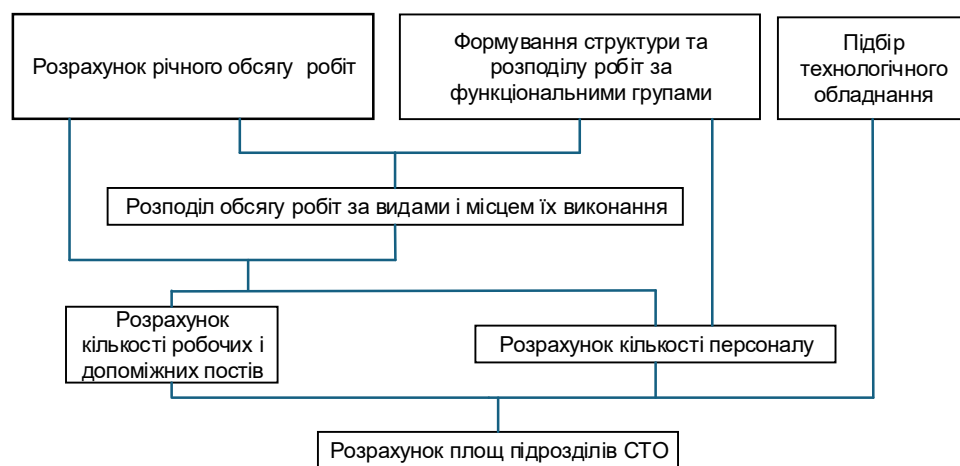


Рисунок 2.2 – Структурна схема алгоритму визначення виробничих параметрів станції технічного обслуговування електромобілів

На схемі наведено послідовність розрахунку основних виробничих параметрів СТО електромобілів на основі річного обсягу робіт та їх розподілу за видами і місцем виконання. Передбачено визначення потреби у робочих і допоміжних постах, виробничому персоналі, площах підрозділів, енергетичних ресурсах та технологічному обладнанні з урахуванням структури робіт за функціональними групами.

Особливості конструкції електромобілів та наявність високовольтних систем обумовлюють необхідність врахування вимог електро- та пожежної безпеки під час технологічного розрахунку СТО. Це впливає на склад і площі виробничих підрозділів, кількість та розміщення робочих постів, вибір технологічного обладнання, організацію зон зберігання транспортних засобів і тягових акумуляторних батарей, а також вимоги до кваліфікації виробничого персоналу

Загальна схема алгоритму наведена на рисунку 2.3. Схема об'єднує два основних етапи технологічного розрахунку. Крім того, однією з особливостей технологічного розрахунку, є необхідність проведення енергетичного розрахунку [1], який не є заключним, а швидше контрольним на проміжних етапах прийняття рішень щодо потужності та інших характеристик електричної частини. Тобто після визначення кількості постів, складу технологічного обладнання та параметрів зарядної інфраструктури розраховується потужність яку можна привести до питомої на один пост. На відміну від традиційних СТО, потужність систем електропостачання значною мірою залежить від характеристик зарядних постів і режимів їх використання.

Енергетичний розрахунок СТО виконується з урахуванням кількості постів, номенклатури обладнання та особливостей зарядної інфраструктури електромобілів і дозволяє визначити необхідну встановлену потужність та вимоги до системи електропостачання підприємства.

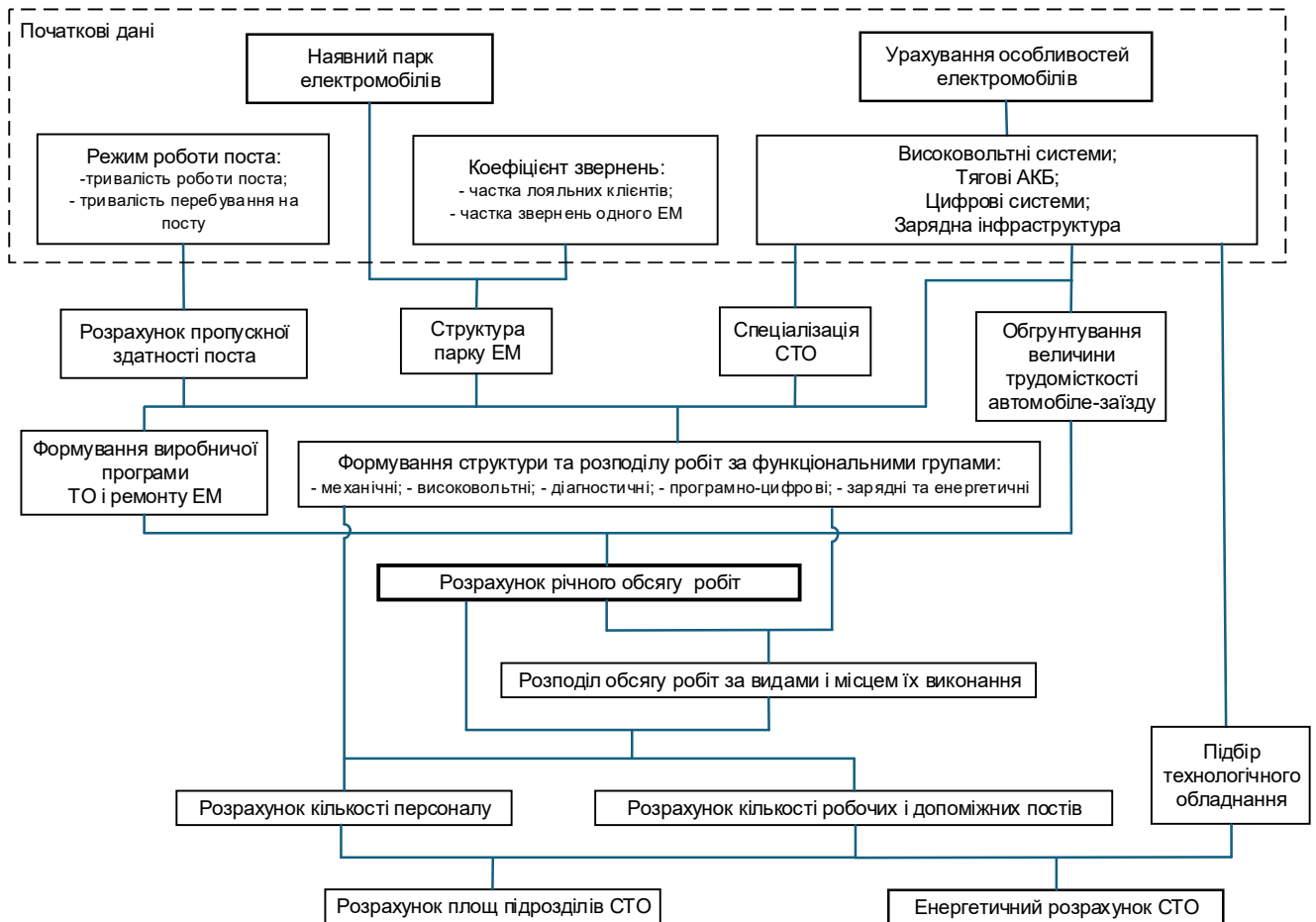


Рисунок 2.3 – Загальна структурна схема алгоритму удосконаленого технологічного розрахунку станції технічного обслуговування електромобілів

Для електромобілів важливим є врахування зарядних постів, часу заряджання та пропускної здатності зарядної інфраструктури, оскільки ці фактори безпосередньо впливають на завантаження території СТО, тривалість перебування транспортних засобів та потребу в електричній потужності. На відміну від традиційних СТО, де час виконання робіт визначається переважно трудомісткістю технологічних операцій, на СТО електромобілів значну частину часу може займати процес заряджання тягових акумуляторних батарей. Тому при енергетичному розрахунку необхідно враховувати кількість і потужність зарядних постів, прогнозовану інтенсивність їх використання та можливі пікові навантаження на систему електропостачання підприємства.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

1. Обґрунтовано вибір методики технологічного розрахунку незалежної станції технічного обслуговування електромобілів міського типу на основі класичних нормативів.

2. Розроблено схему алгоритму технологічного розрахунку основних параметрів станції технічного обслуговування електромобілів. Вказано потребу врахування особливостей конструкції та експлуатації електромобілів, зокрема специфіки робіт їх технічного обслуговування, поточного ремонту, заряджання та зберігання.

3. Запропоновано для коригування нормативного значення середньої трудомісткості електромобіле-заїзду за допомогою відповідного коефіцієнта  $K_{ТС}$  враховувати вплив рівня та складності систем електромобіля певного класу.

### З ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ЗА ЗАПРОПОНОВАНОЮ МЕТОДИКОЮ

#### 3.1 Прийняті початкові дані для розрахунку

У роботі, для прикладу, розглядається розробка типової незалежної універсальної станції технічного обслуговування електромобілів, яка обслуговує електромобілі жителів Волинської області.

Початковими даними для технологічного розрахунку виробничої програми СТО з технічного обслуговування і ремонту електромобілів є ряд вхідних даних описаних у розділі 2.

Кількість ймовірна електромобілів, що обслуговуються станцією технічного обслуговування протягом року.

Для Волинської області як регіону обслуговування ймовірну кількість електромобілів, що обслуговуються незалежним сервісом протягом року, розраховується (2.1):

$$E_{СТО} = M_O \cdot r_{EO} \cdot p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot p_4 \cdot p_5 = 1030 \cdot 10 \cdot 0,65 \cdot 1,15 \cdot 0,5 \cdot 1,5 \cdot 1,0 = 5775 \text{ ЕМ}$$

де  $M_O = 1030$  тис. осіб – чисельність орієнтовна населення Волинської області або міста), осіб [39];

Кількість електромобілів на 1000 мешканців даної області  $r_{EO}$ , визначиться за кількістю налічуваних електромобілів у області  $N_{EO}$  (2.2):

$$r_{EO} = N_{EO} / M_O = 9986 / 1030 = 9,7 \approx 10 \text{ ЕМ/1000 осіб,}$$

$r_{EO} = 10$  ЕМ/1000 осіб – кількість електромобілів на 1000 мешканців Волинської області, ЕМ/1000 осіб;

$N_{EO} = M_O \cdot r_{EO} = 9986$  ЕМ – кількість налічуваних електромобілів у Волинській області [8]  $N_{EO} = M_O \cdot r_{EO}$ .

$p_1 = 0,65$  – коефіцієнт лояльності, що враховує чисельність власників електромобілів, котрі користуються послугами СТО, приймається 65% [9];

$p_2 = 1,15$  – коефіцієнт врахування електромобілів, що поступають на СТО з інших регіонів, приймається 15% [23];

$p_3 = 0,5$  – коефіцієнт врахування річної частоти заїзду електромобілів на СТО, приймається 50% [9];

$p_4 = 1,5$  – коефіцієнт врахування перспектив розвитку СТО, який визначається [22, 23] за залежністю (2.3):

$$p_4 = (1 \pm \Pi)^{X-1} = (1 + 0,107)^{5-1} = 1,5$$

де  $\Pi = 0,107$  – щорічне збільшення кількості електромобілів середньорічний темп приросту  $\Pi = 10,7\%$ , що забезпечує збільшення парку на 50% протягом 5 років, що обслуговуються на СТО;  $(X-1)$  – кількість років, протягом яких враховується зміна обсягу обслуговування у перспективному періоді ( $X=5$ ) проектування СТО.

Якщо припустити, що за 5 років (тобто від базового до п'ятого року, що відповідає 4 рокам приросту) кількість автомобілів повинна зрости на 50 %, то за теорією статистики:

$$(1 \pm \Pi)^{5-1} = 1,5;$$

$$\Pi = 1,5^{1/4} - 1 \approx 0,107$$

$p_5 = 1$  – коефіцієнт спеціалізації, що враховує частку загального парку електромобілів для універсальних СТО, приймається  $p_5 = 1,0$ .

Середнє значення тривалості перебування електромобіля на посту  $\tau_{II}$  та трудомісткості одного заїзду  $t^H$  приймаються з рекомендацій [9] –  $\tau_{II} = 3$  год.,  $t^H = 2,5$  н.год.

Режим роботи станції технічного обслуговування електромобілів приймається для шестиденного робочого тижня  $D_p = 303$  дні, кількість змін –  $C = 1,5$ , тривалість зміни  $\tau_{3M} = 8$  год.

### 3.2 Розрахунок виробничої програми

Річний обсяг робіт незалежної СТО (2.4):

$$T_{Pi} = E_{СТО} \cdot t_{Pi}^H \cdot K_{Ei} = 5775 \cdot 2,5 \cdot 1,4 = 20212,5 \text{ н.год},$$

$E_{СТО} = 4500$  ЕМ – кількість електромобілів усередненого типу, які обслуговує СТО протягом року;

$t_{3i}^H = 2,5$  н.год – середня трудомісткість одного заїзду на обслуговування;

$K_{Ei} = 1,4$  – узагальнюючий коефіцієнт коригування величини трудомісткості. Для розрахунків коефіцієнт визначиться з інтервалів рекомендованих значень даних [9]:

$$K_E = t_3^H / t_3^H = 1,4$$

де  $t_3^H = 2,5$  н.год – середня трудомісткість одного заїзду на обслуговування електромобіля [9];

$t_3^H = 3,5$  н.год – перспективна середня трудомісткість одного заїзду на обслуговування електромобіля [9].

За даними джерела [9], аналітично встановлено, що узагальнений коефіцієнт коригування може прийняти значення  $K_E = 1,2 \dots 1,75$ .

Чисельність робітників основного виробництва для електромобілів визначається за відомою формулою (2.5):

$$P_B = T_{Pi} / (\Phi_B \cdot K_{nn}) = 20212,5 / (1750 \cdot 1,03) \approx 11 \text{ осіб}$$

де  $T_{Pi} = 20212,5$  н.-год – загальний річний обсяг робіт обслуговування електромобілів;

$\Phi_B=1750$  год – річний фонд часу виробничника, приймається за рекомендаціями [М];

$K_{nn}=1,03$  – коефіцієнт перевищення норм виробництва, приймається 3% [22, 23].

### 3.3 Розрахунок кількості робочих постів

Кількість робочих постів обслуговування електромобілів визначається за пропускнуою здатністю поста  $Q_{\Pi}$  (2.6):

$$Q_{\Pi} = (D_P \cdot \tau_{3M} \cdot C) / \tau_{\Pi} = 303 \cdot 8 \cdot 1,5 / 3 = 1212 \text{ ЕМ/пост}$$

$$X_{\Pi} = E_{СТО} / Q_{\Pi} = E_{СТО} \cdot \tau_{\Pi} / (D_P \cdot \tau_{3M} \cdot C) = 5775 / 1212 = 4,8 \approx 5 \text{ постів,}$$

$\tau_{\Pi}=3$  год. – середня тривалість перебування електромобіля на посту [9];

$\tau_{3M}=8$  год – тривалість зміни, год ( $\tau_{3M}=6,0 - 8,0$  год);

$C=1,5$  – кількість змін (12 год), ( $C=1; 1,5; 2$  [22, 23]);

### 3.4 Розрахунок виробничих площ

Площі виробничі  $F_i$  наближено визначаються за нормативами питомих площ  $f_i$  і коефіцієнта  $K_{\Pi i}$  щільності за залежністю (2.9):

$$F_i = \sum f_i \cdot x \cdot K_{\Pi} = 10 \cdot 5 \cdot 5 + 15 \cdot 11 \cdot 2 = 580 \text{ м}^2$$

де  $f_{EM}=2 \cdot 5=10 \text{ м}^2$  – площа горизонтальної проекції електромобіля за габаритними розмірами;

$X_{\Pi}=5$  постів (4 робочих рости ТО і Р +1 пост ПМР) – кількість робочих постів СТО;

$K_{\Pi\Pi} = 5$  – прийняте значення коефіцієнта щільності розміщення постів;

$f_B=15 \text{ м}^2$  – питома площа, прийнята на одного робітника [22, 23];

$P_B = 11$  робітників (виробничого персоналу СТО);

$K_{ШВ} = 2$  – прийняте значення коефіцієнта щільності.

### 3.5 Аналіз результатів розрахунку

Кількість постів для ТО і ремонту електромобілів за спрощеним розрахунком (2.8):

$$X'_П = E_{СТО} / 1500 + 1 = 5775 / 1500 + 1 = 4,85 \approx 5 \text{ постів.}$$

Цей результат добре узгоджується з отриманим попередньо, через вибір однакового підходу у розрахунках.

Для використання підходу у технологічного розрахунку виробничої програми персоналу, кількості постів на основі трудомісткості постових робіт за залежністю (2.7) необхідно встановити річний об'єм постових робіт  $T_P$ , люд.-год.; коефіцієнти нерівномірності завантаження та коефіцієнт використання робочого часу обладнання постів СТО –  $\varphi_P$ ,  $\eta_P$ ; чисельність  $P_P$  (осіб) одночасно задіяних робітників на посту.

Так наприклад, коефіцієнти  $\varphi_P$ ,  $\eta_P$  можуть вибиратися у досить широких межах  $\varphi_P=1,1 \dots 1,3$ ;  $\eta_P=0,90 \dots 0,94$  [22, 23], залежно від типу РС, технологічного обладнання, організації роботи тощо та потребують відповідного обґрунтування з безпосереднім прив'язуванням до умов виробництва певного підприємства. Через брак даних для визначення інтервалів значень таких величин доводиться застосовувати укрупнений (не деталізований) розрахунок та у подальшому, виникає потреба проводити глибші дослідження за конкретними напрямками.

Для розрахунку робочих постів у роботі прийняті середні значення: коефіцієнтів  $\varphi_P=1,2$ ;  $\eta_P=0,92$ ; нормативної трудомісткості – 2,5 н.год; узагальненого коефіцієнта коригування –  $K_E=1,4$ . Розрахункова кількість постів за даним підходом відповідає розрахунку проведеному вище:

$$X_{\Pi} = T_P \cdot \varphi_{\Pi} / (D_P \cdot \tau_{3M} \cdot C \cdot P_{\Pi} \cdot \eta_{\Pi})$$

$$= 20212,5 \cdot 1,2 / (303 \cdot 8 \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cdot 0,92) = 4,83 \text{ постів},$$

де  $T_P = E_{СТО} \cdot t^H \cdot K_E = 5775 \cdot 2,5 \cdot 1,4 = 20212,5$  – річний об'єм постових робіт, н.-год.;

$\varphi_{\Pi} = 1,2$ ,  $\eta_{\Pi} = 0,92$  – коефіцієнти нерівномірності завантаження та коефіцієнт використання робочого часу обладнання постів СТО [22, 23];

$D_P = 303$  дні – річний фонд днів роботи постів електромобілів на СТО;

$\tau_{3M} = 8$  год – тривалість зміни;

$C = 1,5$  – кількість змін;

$P_{\Pi} = 1,5$  – прийнята середня чисельність одночасно працюючих на посту, осіб.

Однак, варто зазначити, що в реальних умовах не всі роботи є постовими, а за величиною трудомісткості, кількістю залучених осіб на одному посту можуть суттєво відрізнятися. Тому даний підхід є складнішим, однак дає можливість врахувати більше початкових параметрів.

Розрахунок трудомісткості річного обсягу робіт обслуговування електромобілів даного регіону. Характеристика загальної річної трудомісткості від коефіцієнта  $K_E$ , та найменшим значенням норми  $t_3^H = 2,0$  н.год [9] електромобіле заїзду наведено на рисунку 3.1.

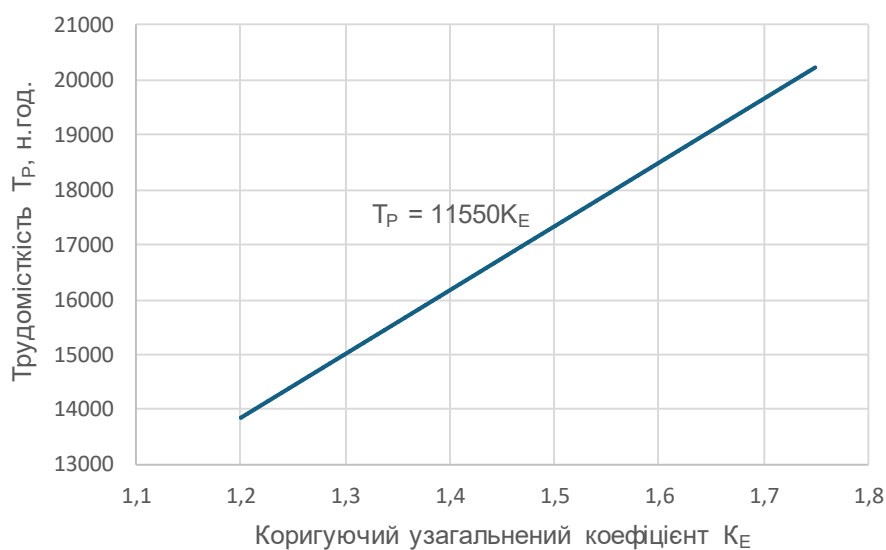


Рисунок 3.1 – Характеристика загальної річної трудомісткості обслуговування 5775 електромобілів з нормою  $t^H$  електромобіле-заїзду 2,0 н.год

Для заданих початкових умов і прийнятих припущень отримано також характеристику потреби у кількості робочих постів (рис. 3.2), а також подібну характеристику для різної кількості працівників на посту (рис. 3.3).

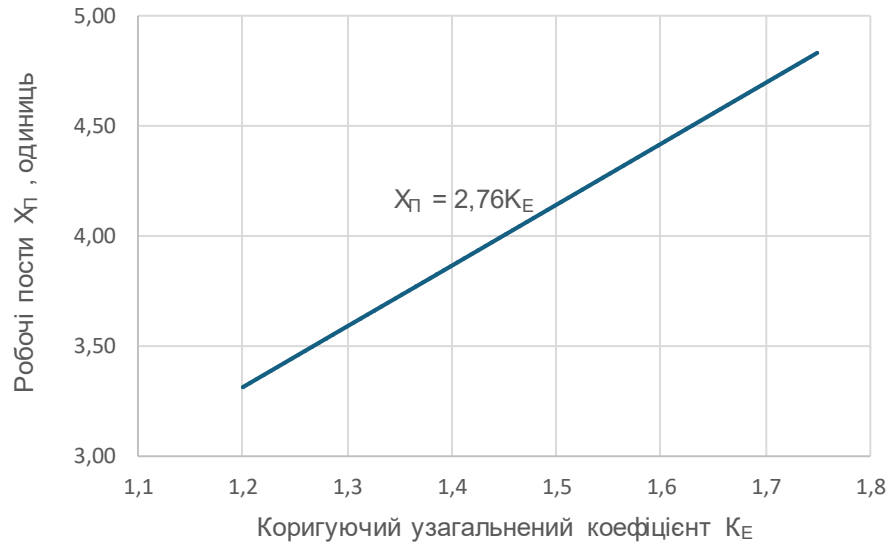


Рисунок 3.2 – Характеристика кількості робочих постів технічного обслуговування і поточного ремонту 5775 електромобілів з нормою  $t^H$  електромобіле-заїзду 2,0 н.год та кількістю робітників на посту  $P_{\Pi}=1,5$  особи

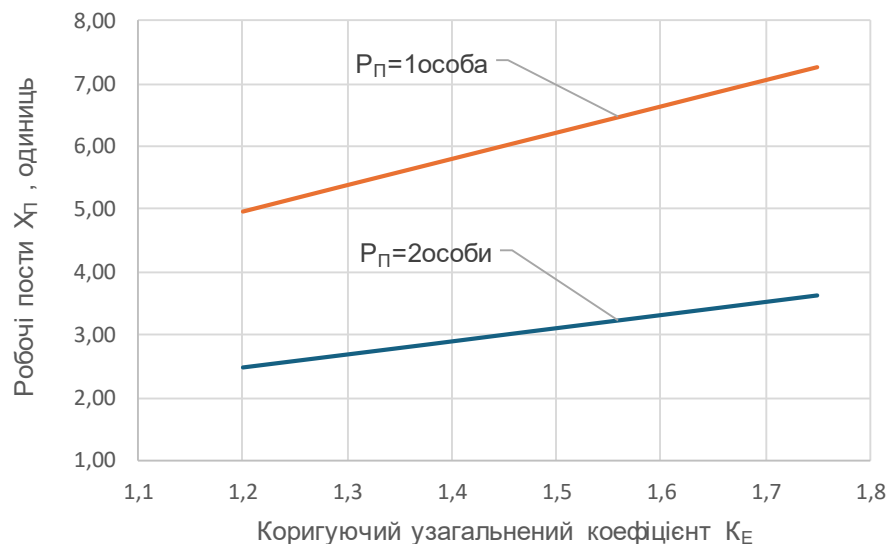


Рисунок 3.3 – Характеристика кількості робочих постів технічного обслуговування електромобілів за різної кількості осіб робітників на посту

Слід зазначити, що нинішній рівень електромобілізації як країни, так і області вказує на те, що потреба у багатьох універсальних СТО, спеціалізованих лише на електромобілях, є умовною. Перспективним напрямом лишається спеціалізація окремих постів діючих автомобільних СТО для обслуговування електромобілів із забезпеченням відповідної інфраструктури та виробничо-технічної бази підприємства.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

1. Розглянуто укрупнений, без деталізації, технологічний розрахунок за запропонованою методикою для типової незалежної універсальної станцій технічного обслуговування електромобілів, на прикладі обслуговування електромобілів жителів Волинської області чисельністю 1030 тисяч осіб.

2. Встановлено рівень ЕМ –  $r_{EO} = 10 \text{ ЕМ}/1000\text{осіб}$ , за кількістю електромобілів на тисячу осіб населення області.

3. Визначено орієнтовні значення мінімальної потреби у робочих постах – 5 постів, виробничому персоналі – 11 осіб та виробничих площах – близько 580 м<sup>2</sup>.

4. Отримано, характеристику загальної річної трудомісткості обслуговування електромобілів як функцію узагальненого коефіцієнта коригування величини трудомісткості  $K_E$ .

## ВИСНОВКИ

1. Розв'язана науково-практична задача удосконалення технологічного розрахунку станції технічного обслуговування електромобілів врахуванням специфіки їх конструкції і експлуатації.

2. Розроблено алгоритм та структурну схему удосконаленого технологічного розрахунку незалежної універсальної станції технічного обслуговування електромобілів.

3. Проведено укрупнений технологічний розрахунок типової незалежної універсальної станції технічного обслуговування електромобілів, на прикладі обслуговування електромобілів жителів Волинської області чисельністю 1030 тисяч осіб. Встановлено кількість електромобілів на тисячу осіб населення області  $EM - r_{EO}=10 \text{ EM}/1000\text{осіб}$ . Визначено значення мінімальної потреби у робочих постах – 5 постів, виробничому персоналі – 11 осіб та виробничих площах – близько 580 м<sup>2</sup>.

4. Запропоновано коефіцієнт коригування нормативного значення середньої трудомісткості електромобіле-заїзду  $K_{ТС}$ , що враховує вплив рівня та складності систем електромобіля відповідного класу. Встановлено, інтервал значень узагальненого коефіцієнта коригування величини трудомісткості  $K_E = 1,20 \dots 1,75$ .

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1 Павлюк В.І., Гнатів Б.І. Вплив особливостей електромобілів на технологічний розрахунок станцій технічного обслуговування / В.І. Павлюк, Б.І. Гнатів // Матеріали ІХ Міжнародної науково-технічної конференції «Науково-прикладні аспекти автомобільної і транспортно-дорожньої галузей» – ЛНТУ – 2026 р.
- 2 ДСТУ 3008:2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання URL: <https://iepor.org.ua/rules/rules-dstu-3008-2015.html>
- 3 Навчальні та кваліфікаційні роботи. Методичні вказівки до оформлення навчальних та кваліфікаційних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів освітньо-професійних програм: «Автомобільний транспорт», «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» галузь знань 27 Транспорт, спеціальностей: 274 Автомобільний транспорт, 275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті) денної та заочної форм навчання / уклад. Придюк В.М., Кищун В.А., Дембіцький В.М., Павлюк В.І. Луцьк: Луцький НТУ, 2019. 56 с
- 4 Кваліфікаційна робота: методичні вказівки до оформлення кваліфікаційних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів вищої освіти всіх освітніх програм денної та заочної форм навчання / уклад. Н.В. Ковальчук, Ю.Г. Фесіна, І.Л. Заблоцька Луцьк : ЛНТУ, 2023. 46 с.
- 5 Світовий рейтинг електричної мобільності [https://fra.org.ua/uk/an/publikatsii/novosti/svitovii-reiting-elektrichnoyi-mobilnosti?utm\\_source=chatgpt.com](https://fra.org.ua/uk/an/publikatsii/novosti/svitovii-reiting-elektrichnoyi-mobilnosti?utm_source=chatgpt.com)
- 6 Кищун В. А., Павлюк В.І., Зубенко В. А. (2024). Хронологія формування українського ринку електромобілів. Сучасні технології в

- машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал, 1 (22), С. 182–193. / URL: <https://doi.org/10.36910/automash.v1i22.1359>
- 7 Скільки електромобілів припадає на 1000 українців: оновлена статистика ринку. URL: [https://delo.ua/auto/skilki-elektromobiliv-pripadaje-na-1000-ukrayinciv-onovlena-statistika-rinku-457538/?utm\\_source=chatgpt.com](https://delo.ua/auto/skilki-elektromobiliv-pripadaje-na-1000-ukrayinciv-onovlena-statistika-rinku-457538/?utm_source=chatgpt.com)
  - 8 Maryna Kytina [facebook]. URL: <https://www.facebook.com/maryna.kytina>
  - 9 Марков О.Д., Матейчик В.П., Волков В.П. Інжиніринг систем автосервісу: підручник / О.Д. Марков, В.П. Матейчик, В.П. Волков. – Харків.: ХНАДУ, 2021. – 508 с.
  - 10 Закон про розмитнення електромобілів у 2026 році та дієві способи захисту від зловживань на митниці. URL: [https://www.actum.com.ua/blog-3-1/rozmitnennya-elektromobiliv-poryadok-vartist-zakon-ukrayiny?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.actum.com.ua/blog-3-1/rozmitnennya-elektromobiliv-poryadok-vartist-zakon-ukrayiny?utm_source=chatgpt.com)
  - 11 Albatayneh, Aiman. (2024). The electric cars era transforming the car repairs and services landscape. *Advances in Mechanical Engineering*. 16. DOI:10.1177/16878132241266536.
  - 12 GAO, JUNXIAO. (2023). Research on the Maintenance of New Energy Vehicles. *Applied and Computational Engineering*. 24. 216-220. DOI:10.54254/2755-2721/24/20230711
  - 13 Electric Car Maintenance: Everything You Need to Know. URL: [https://www.caranddriver.com/shopping-advice/a70535313/maintaining-an-electric-car-ev-how-to/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.caranddriver.com/shopping-advice/a70535313/maintaining-an-electric-car-ev-how-to/?utm_source=chatgpt.com)
  - 14 Topal, O. (2023). Periodic Maintenance & Repair Approaches for Electric Vehicles. *El-Cezeri*, 10(1), 66-80. <https://doi.org/10.31202/ecjse.1161081>
  - 15 Довідник кваліфікаційних характеристик професій працівників Випуск 69 «Автомобільний транспорт». Третя редакція, доповнена і доопрацьована. Затв. наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 14 лютого 2006 р. № 136 (у редакції наказу Міністерства інфраструктури України від 21.08.2019 р. № 656 ) Київ -2019

- 16 Про затвердження Випуску N 69 "Автомобільний транспорт" Довідника кваліфікаційних характеристик професій працівників. Документ v0136650-06, поточна редакція – Редакція від 27.11.2020, підстава - v0803733-20. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0136650-06?find=1&text#Text>
- 17 Карпенко В.Р. Мурований І.С., Павлюк В.І. Проектування підприємств автомобільного транспорту: навчальний посібник: Частина 1 / В.Р. Карпенко, – Луцьк: Луцький НТУ, 2014. – 300 с.
- 18 Технологічний розрахунок автотранспортних підприємств: Електронний навчальний посібник для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів». Укладачі: Дембіцький В.М., Павлюк В.І. Придюк В.М., Луцький НТУ, 2019 р.
- 19 Меюс А.О. Методика технологічного розрахунку підприємств автомобільного транспорту. Харків, 2022.
- 20 Дубовський Є.М. Прогнозування показників ефективності діяльності систем автосервісу. Черкаси, 2023.
- 21 Біліченко В.В., Кужель В.П. Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту. Вінниця: ВНТУ, 2017.
- 22 Технічна експлуатація автомобілів: Навчальний посібник / В.М. Дембіцький, В.І. Павлюк, В.М. Придюк – Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – 473 с.
- 23 Методичні вказівки до виконання курсового проекту для студентів спеціальності “Автомобілі та автомобільне господарство” машинобудівного факультету денної та заочної форм навчання / уклад. В. Карпенко, В. Павлюк. – Луцьк: ЛНТУ, 2011. – 124 с.
- 24 Андрусенко С.І. Технологічне проектування автотранспортних підприємств: навч. посіб. / за ред. проф. С.І. Андрусенка. К.: Каравела, 2009. 368 с.

- 25 Кукурудзяк Ю. Ю. Дипломне проектування виробничих підрозділів підприємств автомобільного транспорту : навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, О. В. Рудь, Л. В. Кукурудзяк – Вінниця : 2010. – 336 с.
- 26 Технологічне проектування автотранспортних підприємств: підручник / В. З. Докуніхін, Н. Ф. Кущевська, В. В. Малишев. – : К.: Університет «Україна», 2021. – 146 с.
- 27 Біліченко В. В., Крещенецький В. Л., Варчук В. В. Автомобілі та автомобільне господарство. Дипломне проектування : навчальний посібник. ВНТУ. Вінниця. 2010. 171 с.
- 28 Виробничо-технічна база підприємства автомобільного транспорту: навчальний посібник / В. В. Біліченко, В. Л. Крещенецький, С. О. Романюк, Є. В. Смирнов. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 182 с.
- 29 Волков В.П., Мармут І.А., Кривошапов С.І., Белов В.І. Проектування підприємств автомобільного транспорту : Підручник / Під загальною редакцією В.П. Волкова. – Харків: ХНАДУ, 2013. – 288 с
- 30 Дембіцький В. М., Павлюк В. І., Міщук А. М., Тудрій В. Л. Вдосконалення методики технологічного розрахунку підприємств автосервісу. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. 2019. № 1 (12). С. 56–63. DOI: <https://doi.org/10.36910/automash.v1i12.33>
- 31 Дембіцький В.М., Павлюк В.І. Визначення норм часу на технічне обслуговування транспортного засобу для формування трудомісткості робіт. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. 2020. № 2 (15). С. 20–28. DOI: <https://doi.org/10.36910/automash.v2i15.388>
- 32 Проців В. В. Системний підхід до розміщення функціонального обладнання для обслуговування електричних і гібридних автомобілів / В. В. Проців, К. А. Зіборов, В. В. Кривда, С. О. Федоряченко, Г. К. Ванжа. Збірник наукових праць Національного гірничого університету.

- 33 Shrey Verma, Ankush Sharma, Binh Tran, Damminda Alahakoon, A systematic review of digital twins for electric vehicles, *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, Volume 11, Issue 5, 2024, Pages 815-834, ISSN 2095-7564, <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2024.04.004>.
- 34 Verma S., Sharma A., Tran B., Alahakoon D. A systematic review of digital twins for electric vehicles. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*. 2024. Vol. 11, No. 6. P. 1017–1051. DOI: 10.1016/j.jtte.2024.04.004.
- 35 Ouhabi Y., Frikh B., Elhassnaoui A. Digital twin technology for enhanced health monitoring, maintenance and energy efficiency of electric vehicles: E-mule project. In: *Proceedings of the 6th International Conference on Networking, Intelligent Systems and Security (NISS 2023)*. New York : ACM, 2023. DOI: 10.1145/3607720.3607788.
- 36 Kumar A., Singh R., Sharma P. Fault diagnosis and predictive maintenance of electric vehicles: A review. *Results in Engineering*. 2026. Vol. 29. Article 105230.
- 37 Naseri F., Farjah E., Ghanbari T. Digital twin of electric vehicle battery systems: Concepts, applications and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2023. Vol. 180. Article 113312. DOI: 10.1016/j.rser.2023.113312.
- 38 Li X., Wang Y., Zhang H., Chen Z. Application of digital twin in electric vehicle powertrain: State-of-the-art review and future trends. *World Electric Vehicle Journal*. 2024. Vol. 15, No. 5. Article 208. DOI: 10.3390/wevj15050208.
- 39 Децентралізація: Волинська область [[www.decentralization.ua](http://www.decentralization.ua)]. URL: [https://www.decentralization.ua/areas/0332?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.decentralization.ua/areas/0332?utm_source=chatgpt.com)
- 40 Населення України: Волинська обл. [Електронний ресурс]. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/reference/people/volynskaya/>