

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ,  
ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач випускової кафедри  
\_\_\_\_\_ Т. В. Дудар  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**  
**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 101 «ЕКОЛОГІЯ»,  
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ  
«ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»

**Тема: «Екологічна оцінка життєвого**  
**циклу двигунів автомобілів»**

**Виконавець: студентка групи ЕК-401 Чубур Марина Сергіївна**  
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

**Керівник: доцент, к.т.н., Пестова Ірина Олександрівна**  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Нормоконтролер:

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Явнюк А.А  
(П.І.Б)

КИЇВ 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій  
Кафедра екології  
Спеціальність, освітньо-професійна програма: спеціальність 101  
«Екологія» , ОПП «Екологія та охорона навколишнього середовища»  
(шифр найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Дудар Т.В.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на виконання дипломної роботи**  
**Чубур Марини Сергіївни**

Тема роботи: «Екологічна оцінка життєвого циклу двигунів автомобілів»  
затверджена наказом ректора від «08»квітня 2022р. 388/ст

1. Термін виконання роботи: з 08.04.2022 р. по 18.04.2022 р.
2. Вихідні дані роботи: Літературні джерела, матеріали отримані під час проходження екологічної практики, аналіз літературних даних та законодавчих документів.
3. Зміст пояснювальної записки: 51 с., 9 рис., 2 таблиці, 1 схема, 15 літературних джерел.
4. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: таблиці, рисунки, схеми.

## 5. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1.	Отримання теми завдання, пошук літературних джерел та законодавчої бази	08.04.22	
2.	Підготовка основної частини (Розділ 1)	23.05.22 - 29.05.22	
3.	Підготовка основної частини (Розділ 2)	30.05.22- 01.06.22	
4.	Підготовка основної частини (Розділ 3)	02.06.22- 04.06.22	
5.	Формулювання висновків і рекомендацій дипломної роботи	05.06.2022	
6.	Оформлення пояснювальної записки до попереднього представлення на кафедрі, консультація з нормоконтролером	05.06.22- 07.06.22	
7.	Представлення роботи на кафедрі	08.06.2022	
8.	Урахування зауважень, рекомендацій та підготовка до захисту	09.06.22- 13.06.22	
9.	Захист дипломної роботи на кафедрі	15.06.2022	

6. Дата видачі завдання: «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

Керівник дипломної роботи (проекту): \_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

Пєстова І.О.  
(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання: \_\_\_\_\_  
(підпис випускника)

Чубур М.С.  
(П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Екологічна оцінка життєвого циклу двигунів автомобілів»: 49 с., 9 рис., 2 таблиці, 1 схема, 15 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: вплив на навколишнє середовище механічних та електродвигунів.

Мета роботи: дослідити вплив механічних та електродвигунів на навколишнє середовище, зробити їх порівняльний аналіз.

Методи дослідження: аналіз літературних джерел за тематикою, математична обробка та систематизація статистичних даних, узагальнення науково-теоретичних та експериментальних даних.

В результаті проведених досліджень можемо сказати, що механічні та електродвигуни, є найбільшим забруднювачем навколишнього середовища. Вплив електродвигунів є дещо меншим, та несе менше загрози для довкілля, нажаль наша країна ще не готова відмовитися від користування традиційними двигунами.

ЕЛЕКТРОДВИГУНИ, ДВИГУНИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ, АВТОТРАНСПОРТ, ЕЛЕКТРОМОБІЛІ, НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ, УТИЛІЗАЦІЯ, РЕЦИКЛІНГ.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 .....	10
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	10
1.1. ВПЛИВ АВТОТРАНСПОРТУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ТА ЙОГО КОМПОНЕНТИ: ПОВІТРЯ, ВОДУ, ҐРУНТ .....	10
1.2. ВПЛИВ ВИРОБНИЦТВА ТРАДИЦІЙНИХ ДВИГУНІВ ТА ВУГЛЕВОДНЕВИХ ПАЛИВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ .....	12
1.3 ЕЛЕКТРОДВИГУНИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ .....	14
1.4 Висновки до розділу .....	16
РОЗДІЛ 2 .....	19
МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	19
2.1 ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ .....	19
2.1.1. Оцінка життєвого циклу двигуна внутрішнього згорання .....	20
2.1.2 Ідея стійкої мобільності .....	22
2.1.3 Дослідження на зазначених етапах.....	23
2.1.4 Норми викидів вихлопних газів.....	24
2.1.5 Етап - зняття з експлуатації.....	28
2.2 ЕЛЕКТРОДВИГУНИ .....	29
2.2.1 Споживання енергії електромобілем .....	31
2.2.2 Утилізація та переробка електричних акумуляторів NMC і NCA .....	33
2.3. Висновки до розділу .....	34
РОЗДІЛ 3 .....	36
ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ДВИГУНІВ.....	36
3.1 ДВИГУН ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ТА ЕЛЕКТРОДВИГУН – ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ З ЕКОЛОГІЧНОЇ ТОЧКИ ЗОРУ .....	36
3.2 Дослідження атмосферного повітря за допомогою геоінформаційних технологій.....	38

3.3 Порівняльний аналіз життєвого циклу двигунів внутрішнього згорання та електродвигунів.....	42
3.4 Висновки до розділу.....	46
ВИСНОВКИ.....	48
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	50

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ**

ККД – коефіцієнт корисної дії;

ДВЗ – двигун внутрішнього згорання;

ЄС – Європейський Союз;

ГДК – Гранично допустима концентрація;

США – Сполучені Штати Америки;

ГІС – Геоінформаційні системи;

НС – навколишнє середовище;

LCA - Оцінка життєвого циклу;

SCR - селективне каталітичне відновлення;

ДМС - діагностика міжособистісних стосунків.

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Перша згадка про автомобіль в історії датується серединою 18 століття. Під час розвитку цієї галузі було багато видів автомобілів, кожен з яких відрізнявся як принципом роботи, так і зовнішнім виглядом. Наприклад, вже в 1806 році з'явилися бензинові автомобілі з двигуном внутрішнього згорання. Пізніше, в 1885 році, стало відомо про використання бензину або бензинових двигунів внутрішнього згорання. На початку 20 століття почали з'являтися електроустановки. З історії ми знаємо, що в 1900 році Фердинанд Порше побудував електромобіль з чотирма колесами, в яких були розташовані електродвигуни, завдяки їм автомобіль міг пересуватися. Дещо пізніше, у 1902 році, компанія „Skuper” розробила повнопривідний електромобіль. На початку 20-го століття в Нью-Йорку в якості таксі використовувалося понад 60 000 електромобілів. Однак проіснували вони недовго, оскільки виник інтерес до створення малотоксичних та екологічно чистих автомобілів.

Автомобільний транспорт, як галузь, тісно пов'язана з розробкою, обслуговуванням і ремонтом автомобілів, які в свою чергу негативно впливають на навколишнє середовище.

Кожен автомобіль містить в собі двигун, він може бути як внутрішнього згорання так і електричний. На сьогоднішній день більшість населення вважає, що електродвигун є більш «екологічним» ніж двигун внутрішнього згорання та навіть він має свої недоліки.

Теперішній світ важко уявити без автомобілів, тому досить актуальним буде розглянути життєвий цикл двигунів та їх негативний вплив на навколишнє середовище.

**Мета і завдання виконання дипломної роботи.**

**Мета роботи** – дослідити вплив механічних та електродвигунів на навколишнє середовище, зробити їх порівняльний аналіз.



### ***Завдання роботи:***

1. Проаналізувати літературні джерела
2. Визначити етапи життєвого циклу електродвигунів та двигунів внутрішнього згорання
3. Провести порівняльний аналіз впливу етапів життєвого циклу двигунів на екологічну ситуацію.
4. Надати рекомендації щодо мінімізації шкідливих наслідків.

***Об'єкт дослідження*** - вплив на навколишнє середовище механічних та електродвигунів.

***Предмет дослідження*** – життєвий цикл механічних та електродвигунів.

***Методи дослідження*** - аналіз літературних джерел за тематикою, математична обробка та систематизація статистичних даних, узагальнення науково-теоретичних та експериментальних даних.

***Наукова новизна отриманих результатів.*** Проведено порівняльний аналіз етапів життєвого циклу двигунів на екологічну ситуацію. Запропоновано заходи щодо мінімізації шкідливого впливу від двигунів внутрішнього згорання та електродвигунів на навколишнє середовище.

***Практичне значення отриманих результатів.*** Результати дипломної роботи можуть бути використаними для поліпшення екологічності технологій виготовлення та утилізації двигунів.

***Особистий внесок випусника:*** дослідження та збір даних із порівняльним аналізом електродвигунів та двигунів внутрішнього згорання на навколишнє середовище. Автор дипломної роботи запропонував заходи щодо мінімізації шкідливого впливу всіх видів двигунів на навколишнє середовище, отримав результати роботи, зробив висновки.

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

#### **1.1. Вплив автотранспорту на навколишнє середовище та його компоненти: повітря, воду, ґрунт**

Екологічна ситуація в Україні з кожним роком погіршується. Зміна клімату, забруднення повітря, стан води та ґрунтів стають глобальною проблемою для України.

Автотранспорт є джерелом забруднення. Нині на частку автомобільного транспорту припадає більше половини всіх шкідливих викидів у навколишньому середовищі, які є головним джерелом забруднення атмосфери. При середньому пробігу 15 000 км на рік кожен автомобіль спалює 2 тони палива і 26-30 тон повітря, в тому числі 4,5 тони кисню, що в 50 разів більше потреби людини. Автомобіль виділяє в атмосферу: чадного газу - 700 кг / рік, двоокису азоту - 40 кг / рік, незгорілих вуглеводнів - 230 кг / рік і твердих речовин - 2 - 5 кг / рік. У 2006 р. викиди від окремих видів палива для транспортних засобів, у тому числі бензину, становили 88,6% загального обсягу викидів, у тому числі від легкових автомобілів – 60,9%. Автомобільний транспорт забруднює атмосферу трьома способами: виділенням шкідливих речовин через вихлопні гази, вибухом газів у картері та виділенням шкідливих речовин внаслідок випаровування палива з паливних баків.

Основними нетоксичними компонентами автомобільних відходів є азот, кисень, водяна пара та вуглекислий газ. Всього існує близько 200 шкідливих (забруднюючих) речовин, більшість з яких небезпечні для здоров'я людини. Токсичні компоненти: оксиди вуглецю, оксиди азоту, альдегіди, вуглеводні, діоксид сірки, сажа, бензопірен та ін.

Метали та їх сполуки виступають як найважливіші забруднювачі ґрунту. Забруднення ґрунту свинцем є широко поширене. Сполуки свинцю

використовуються як добавка до бензину, тому транспортні засоби є серйозним джерелом забруднення свинцем.

Забруднення води відходами транспорту проявляється зміною фізико-органолептичних властивостей (порушення прозорості, кольору, запаху, смаку), підвищенням вмісту сульфатів, хлоридів, нітратів, токсичних важких металів, зниженням вмісту розчиненого в питній воді кисню, поява радіоактивних елементів. Транспортна мережа в Україні досить густа, кількість та активність транспорту в містах велика і завдає дуже значної шкоди навколишньому середовищу. Основними причинами є паливо (бензин, а не газ чи інші менш токсичні речовини) та поганий транспортний потік, особливо в містах та на перехрестях. Аналіз заходів, спрямованих на зниження токсичності вихлопних газів автомобілів, дає можливість виділити такі основні напрямки боротьби зі шкідливим впливом транспортних засобів на навколишнє середовище:

- використання нових видів електрообладнання з мінімальними викидами;
- заміна та вдосконалення конструкції, робочих процесів, технології виробництва автомобілів з метою зниження токсичності вихлопних газів;
- зміна характеристик традиційного палива або використання альтернативного.

Основним споживачем палива у світі є автомобільний транспорт. В Україні вантажівки з бензиновими двигунами (більше 85%), дизельними – близько 13%, а бензиновими – менше 1,5%. У структурі вантажного парку Києва автомобілі з газовими балонами становлять 5,5%, бензинові – 77,6%.

ККД бензинових двигунів внутрішнього згорання низький – 27-28%. Тому для підвищення октанового числа в Україні до бензину додають сполуки свинцю. На сьогоднішній день й досі переважає свинцевий бензин, раніше його частка досягала 70%. Свинець у бензині не тільки забруднює навколишнє середовище, але й знижує активність каталізаторів, що використовуються для нейтралізації токсичних продуктів згорання в двигунах автомобілів. У результаті в країнах з високою моторизацією впроваджуються програми, спрямовані на зменшення кількості

автомобілів, які забруднюють НС свинцем. Цей бензин заборонений у США, Канаді, Японії та Австралії. У Західній Європі етилований бензин також застарів.

Використання природного газу як палива значно знижує вміст токсичних компонентів у продуктах згоряння. У багатьох країнах були проведені експерименти з використання альтернативних видів палива: водню (але для його виробництва потрібно багато енергії), суспензії вугілля, аміаку, нафти, гідразину тощо.

Однією з причин зростання захворюваності в нашій країні є забруднення міст викидами доріг. Особливо небезпечним канцерогеном є бензопірен. Його значення для викидів автомобілів настільки велике, що середня добова концентрація на основних дорогах становить близько 3 мкг/100 м<sup>3</sup>, що означає, що середній житель міста споживає 0,6 мкг бензопірену на добу -[1].

## **1.2. Вплив виробництва традиційних двигунів та вуглеводневих палив на навколишнє середовище**

Джерелами викидів шкідливих речовин у ДВЗ є відпрацьовані терні газы та пари палив. Найбільше шкідливих речовин виділяється з відпрацьованими газами.

У даний час для живлення автомобільних двигунів найбільш широко використовуються рідке та газове палива основними складовими яких є вуглеводні. У процесі згоряння утворюються як нетоксичні (водяна пара), так і токсичні речовини. Останні є продуктами неповного згорання або побічних реакцій, що мають місце при високих температурах.

Крім того, деякі шкідливі речовини містяться в паливі і при роботі двигуна викидаються в оточуюче середовище. Спосіб сумішоутворення використаний в двигунах і запалювання паливоповітряної суміші, значно впливає на кількість і склад шкідливих викидів, тому доцільно окремо розглядати шкідливі речовини, що викидаються різними типами автомобільних двигунів.

У бензинових двигунах з іскровим запалюванням, у яких здійснюється зовнішнє сумішоутворення, теоретично для згоряння одного кілограму бензину необхідно 14,95 кг повітря ( $\alpha = 1,0$ ). Однак регулювання карбюратора на такий склад суміші призведе до нестійкої роботи двигуна в режимах малих навантажень, холостого ходу, в режимах розгону і не забезпечить максимальних енергетичних показників при повних навантаженнях. Все це обумовлює використання в цих ДВЗ у багатьох режимах роботи збагачених паливо-повітряних сумішей. Недостатня кількість кисню є основною причиною підвищення викидів із відпрацьованими газами бензинових двигунів продуктів неповного згоряння, в першу чергу, оксиду вуглецю  $CO$  і вуглеводнів  $C_n H_m$ , що являють собою газоподібні частини палива, яке не згоріло. При збідненні суміші кількість вуглеводнів зменшується, а потім різко збільшується. Мінімум вуглеводнів відповідає найбільш стабільній роботі двигуна і, як правило, найкращій паливній економічності. Часто причиною підвищених викидів  $C_n H_m$  є незадовільна робота системи запалювання. Особливо багато вуглеводнів викидається у режимах холостого ходу. Основні напрямки зниження викидів цих речовин — збіднення суміші і стабілізація її запалювання. Однак у цих умовах у відпрацьованих газах двигуна збільшується вміст оксидів азоту  $NO$  і  $NO_2$ , що пояснюється підвищенням температури в зоні реакції і наявністю надлишкового кисню, який вступає в реакцію з азотом, що є складовою повітря, і інертним газом у звичайних атмосферних умовах. Окислення азоту починається при температурі вище 1600 К, а з підвищенням її час реакції різко скорочується. Тому в режимах часткових навантажень і холостого ходу внаслідок зниження температури в зоні реакції кількість оксидів азоту різко знижується. Концентрація їх у відпрацьованих газах досягає максимального значення в режимах високих частот обертання при навантаженнях, що передують початку роботи збагачувального пристрою.

Розглянуті шкідливі речовини - продукти реакцій вуглеводнів палива і складових повітря. Поряд з цими речовинами у відпрацьованих газах містяться шкідливі речовини, що утворюються з домішок бензину. До таких домішок належить сірка. В циліндрі двигуна сірка окислюється і у вигляді двооксиду викидається в оточуюче середовище.

У країнах Європейського Союзу вміст сірки в бензинах з 2000 року за Директивою 98/70/ЄС не повинен перевищувати 150 мг/л. Із 2005 року ця межа була знижена до 50 мг/л.

У процесі згоряння паливо повітряної суміші, особливо при роботі, коли має місце детонаційне згоряння, утворюються проміжні з'єднання - недоокислені вуглеводні, відомі під назвою альдегіди. Останні утворюються, в основному, у вигляді формальдегіду ( $\text{H}_2\text{C}=\text{O}$ ) та акролеїну ( $\text{CH}_2 = \text{CH}=\text{CH}=\text{O}$ ).

У бензині містяться поліциклічні ароматичні вуглеводні, наприклад, бензапірен ( $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$ ), які мають канцерогенні властивості. Крім того, поліциклічні вуглеводні утворюються і в робочій порожнині двигуна.

Для забезпечення без детонаційного згоряння бензину при високих ступенях стискування, тобто додають антидетонатори. Найбільш розповсюдженою до недавнього часу речовиною, яка забезпечувала підвищення октанового числа бензину, була етилова рідина, що складається з тетраетилосвинцю - антидетонатора і виносника (хлорнафталін, діброметен та ін.), що запобігає відкладанню свинцю на деталях двигуна. Близько 70% з'єднань свинцю при роботі двигуна викидалася в атмосферу-[2].

### **1.3 Електродвигуни та їх вплив на навколишнє середовище**

Електродвигуни набирають популярність у сучасному світі, а все завдяки активному розвитку електромобілів.

Електродвигуни мають багато переваг перед іншими типами двигунів, вони дешевші у використанні, їх робота не вимагає використання природних ресурсів (вода, нафта, газ, вугілля); не забруднює навколишнє середовище (не виділяє диму, газу та пилу); набагато легше ремонтувати та обслуговувати.

В основі електродвигунів лежить принцип електромагнітної індукції. Основне призначення двигуна – перетворення електричної енергії в механічну. Відбувається

модифікація за рахунок взаємодії двох основних частин двигуна – нерухомої частини (статора) і рухомої частини (ротора). (див. рис.1.1)

Статор використовує для життя ротора магнітне поле, яке прикладається до ротора, що впливає на обертання ротора і крутний момент.

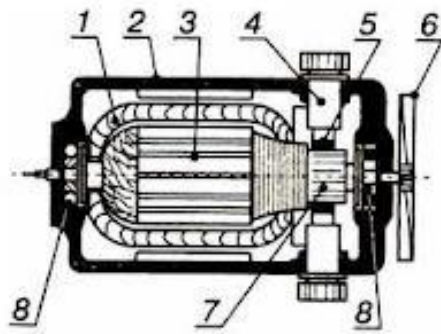


Схема колекторного електро-  
двигуна: 1 – обмотка статора; 2 – статор;  
3 – якор (ротор); 4 – корпус колекторних  
щіток із пружинами; 5 – колекторні щітки;  
6 – вентиляторна крильчатка; 7 – колек-  
тор; 8 – підшипники

Рис.1.1 Схема колекторного двигуна

Всі існуючі електродвигуни відрізняються за характеристиками, конструкцією і принципом роботи. Всі вони діляться на два види:

- Двигун змінного струму
- Двигун постійного струму

У сучасних електромобілях можна використовувати обидва види двигунів-[3].

Електродвигун набагато ефективніше двигуна внутрішнього згорання, а його високий крутний момент доступний від 0 км/год. Обслуговування електромобілів дешевше, ніж автомобілів внутрішнього згорання, але механік повинен мати спеціальну кваліфікацію.

Електромобіль найчастіше приводиться в рух одним електродвигуном, а в повнопривідних автомобілях двома двигунами. У такій ситуації один з них відповідає за привід передньої осі, а інший — за задній. Електродвигун набагато ефективніше двигуна внутрішнього згорання, він може перетворювати до 99 відсотків поданої енергії в механічну. Він має високий крутний момент, доступний з

самого початку автомобіля в широкому діапазоні роботи двигуна, і при обертанні до кількох тисяч обертів на хвилину він може підтримувати свою потужність.

Електродвигуни прості у виготовленні та надійні. Електричний автомобіль не має справжньої коробки передач і пов'язаний з диференціалом за допомогою редуктора. Вся справа, звичайно, керується комп'ютером, який у випадку з повним приводом визначає розподіл крутного моменту-[4].

#### **1.4 Висновки до розділу**

Автотранспорт є джерелом забруднення. Нині на частку автомобільного транспорту припадає більше половини всіх шкідливих викидів у навколишньому середовищі, які є головним джерелом забруднення атмосфери. При середньому пробігу 15 000 км на рік кожен автомобіль спалює 2 тони палива і 26-30 тон повітря, в тому числі 4,5 тони кисню, що в 50 разів більше потреби людини. Автомобіль виділяє в атмосферу: чадного газу - 700 кг / рік, двоокису азоту - 40 кг / рік, незгорілих вуглеводнів - 230 кг / рік і твердих речовин - 2 - 5 кг / рік. У 2006 р. викиди від окремих видів палива для транспортних засобів, у тому числі бензину, становили 88,6% загального обсягу викидів, у тому числі від легкових автомобілів – 60,9%.

Автомобільний транспорт забруднює атмосферу трьома способами: виділенням шкідливих речовин через вихлопні гази, вибухом газів у картері та виділенням шкідливих речовин внаслідок випаровування палива з паливних баків.

Основним споживачем палива у світі є автомобільний транспорт. В Україні вантажівки з бензиновими двигунами (більше 85%), дизельними – близько 13%, а бензиновими – менше 1,5%. У структурі вантажного парку Києва автомобілі з газовими балонами становлять 5,5%, бензинові – 77,6%.

ККД бензинових двигунів внутрішнього згорання низький – 27-28%. Тому для підвищення октанового числа в Україні до бензину додають сполуки свинцю. На сьогоднішній день й досі переважає свинцевий бензин, раніше його частка досягала



70%. Свинець у бензині не тільки забруднює навколишнє середовище, але й знижує активність каталізаторів, що використовуються для нейтралізації токсичних продуктів згорання в двигунах автомобілів. У результаті в країнах з високою моторизацією впроваджуються програми, спрямовані на зменшення кількості автомобілів, які забруднюють НС свинцем.

Джерелами викидів шкідливих речовин у ДЗВ є відпрацьовані терні газы та пари палив. Найбільше шкідливих речовин виділяється з відпрацьованими газами.

У даний час для живлення автомобільних двигунів найбільш широко використовуються рідке та газове палива основними складовими яких є вуглеводні. У процесі згорання утворюються як нетоксичні (водяна пара), так і токсичні речовини. Останні є продуктами неповного згорання або побічних реакцій, що мають місце при високих температурах.

У бензинових двигунах з іскровим запалюванням, у яких здійснюється зовнішнє сумішоутворення, теоретично для згорання одного кілограму бензину необхідно 14,95 кг повітря ( $\alpha = 1,0$ ). Однак регулювання карбюратора на такий склад суміші призведе до нестійкої роботи двигуна в режимах малих навантажень, холостого ходу, в режимах розгону і не забезпечить максимальних енергетичних показників при повних навантаженнях. Все це обумовлює використання в цих ДЗВ у багатьох режимах роботи збагачених паливо-повітряних сумішей. Недостатня кількість кисню є основною причиною підвищення викидів із відпрацьованими газами бензинових двигунів продуктів неповного згорання, в першу чергу, оксиду вуглецю  $CO$  і вуглеводнів  $C_n H_m$ , що являють собою газоподібні частини палива, яке не згоріло.

Електродвигуни набирають популярність у сучасному світі, а все завдяки активному розвитку електромобілів.

Електродвигуни мають багато переваг перед іншими типами двигунів, вони дешевші у використанні, їх робота не вимагає використання природних ресурсів (вода, нафта, газ, вугілля); не забруднює навколишнє середовище (не виділяє диму, газу та пилу); набагато легше ремонтувати та обслуговувати.

Електродвигуни прості у виготовленні та надійні. Електричний автомобіль не має справжньої коробки передач і пов'язаний з диференціалом за допомогою редуктора. Вся справа, звичайно, керується комп'ютером, який у випадку з повним приводом визначає розподіл крутного моменту.

## РОЗДІЛ 2

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1 Життєвий цикл двигуна внутрішнього згорання

У результаті інтенсивного розвитку науки і впровадження нових рішень та технічних засобів людство все більше задовольняє свої потреби. Усі ці об'єкти, від найменших до найбільших, чинять більший чи менший вплив на навколишнє середовище. Одним із таких технічних об'єктів є двигуни внутрішнього згорання, які використовуються для автотранспорту.

Усе частіше виникають питання, як зменшити негативний вплив двигуна внутрішнього згорання на навколишнє середовище.

У вирішенні цієї проблеми корисним стає аналіз структури життєвого циклу двигуна внутрішнього згорання. Подібно до живих організмів, існування яких можна описати як цикл, розділений на фази, від еволюційного розвитку виду, через процес формування конкретного організму та його життя, до смерті та розпаду. Існування кожного технічного об'єкта є циклічним, розділеним на чотири фази: проектування, виробництво, експлуатація та зняття з експлуатації, що супроводжується процесами переробки, що відбуваються також на попередніх фазах циклу. Ці фази з'єднані між собою називаються - «життєвим циклом» (див. рис. 2.1).

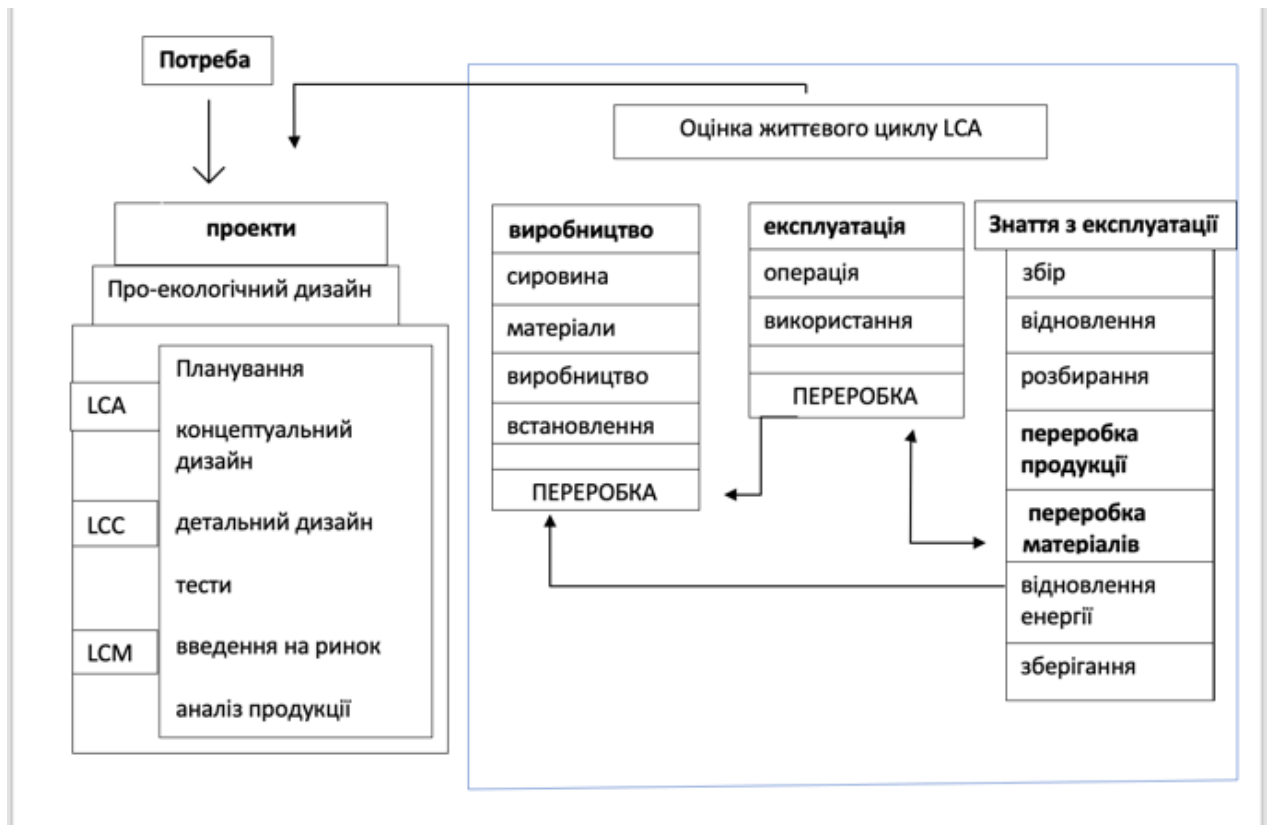


Рис. 2.1. Життєвий цикл двигуна внутрішнього згорання

### 2.1.1. Оцінка життєвого циклу двигуна внутрішнього згорання

Оцінка життєвого циклу (LCA) – це методика, спрямована на оцінку екологічної небезпеки, пов'язаної з системою продукту (двигун внутрішнього згорання) або його експлуатацією, як шляхом визначення та кількісної оцінки використовуваних матеріалів та енергії, так і відходів, що вносяться в навколишнє середовище, а також оцінки вплив цих матеріалів, енергії та відходів на навколишнє середовище.

Оцінка охоплює весь життєвий цикл двигуна внутрішнього згорання (виробу). LCA зосереджує увагу на дослідженні впливу системи продуктів на навколишнє середовище у сфері екосистеми, здоров'я людини та використовуваних ресурсів.

Введення та опис методики LCA в стандартах ISO 14040-14049 зробили її одним з найважливіших інструментів, що використовуються в системах екологічного менеджменту, розроблених відповідно до керівних принципів ISO 14001. Принципи

методики LCA, описані в міжнародних стандартах, які були запроваджені - впроваджені Українським комітетом стандартизації до українських стандартів як : PN-EN ISO 14040, PN-EN ISO 14041, PN-EN ISO 14042, PN-EN ISO 14043.

Оцінка життєвого циклу має включати чотири взаємопов'язані кроки: визначення мети та обсягу, аналіз набору вхідних і вихідних даних, оцінку впливу на навколишнє середовище та інтерпретацію життєвого циклу. (див.рис. 2.2)



Рис.2.2 Окремі стадії

Результати проведеної оцінки життєвого циклу виражаються в екологічних балах (Pt), одиниці, прийнятій в методі ДМС з метою однозначного визначення розміру впливу на навколишнє середовище. Додатні значення екологічних балів вказують на негативний вплив на навколишнє середовище, а від'ємні значення вказують на екологічні переваги.

## 2.1.2 Ідея стійкої мобільності

Сьогодні мобільність є важливою для якості життя та конкурентоспроможності в суспільстві європейських країн. Водночас вона є основою економіки, забезпечує зв'язки між окремими елементами виробничих ланцюгів і дає змогу сферам послуг охоплювати клієнтів, а також сама по собі є важливим джерелом зайнятості. Більше того, мобільність тягне за собою певні витрати для суспільства в результаті свого негативного впливу. Викиди транспортного сектору становлять небезпеку для здоров'я та негативно впливають на навколишнє середовище. Викиди CO<sub>2</sub> від транспорт на 30% вище, ніж у 1990 році, і є сектором, де очікується збільшення викидів у майбутньому. Тому центральним елементом транспортної політики ЄС є чистий транспорт, одним із елементів якого є мобільність, організована відповідно до принципу сталого розвитку, тобто мобільність, вільна від шкідливих побічних ефектів[5].

Європейський економічний і соціальний комітет перерахував ряд дій, які можуть бути вжиті різними органами Європейського Союзу, держав-членів та місцевих органів влади для зменшення наслідків забруднення повітря.

- використання в громадському транспорті трамваїв електричних, тролейбусів та автобусів на акумуляторах,
- обмеження приватного транспорту шляхом вдосконалення та розвитку громадського транспорту,
- прийняття різних ставок податків на транспортні засоби та паливо залежно від ступеня забруднення, спричиненого ними, а також плати за в'їзд до центру міста, яка б враховувала різні фінансові можливості громадян та рівень викидів,
- зменшення заторів на дорогах
- підтримка наукових досліджень та інноваційних розробок матеріалів і технологічних рішень для зменшення забруднення транспорту та дорожнього транспорту,

У той же час оцінки впливу на життєвий цикл слід застосовувати до непрямих викидів, пов'язаних із транспортуванням :

- виробництво та транспортування палива,
- виробництво транспортних засобів,
- вулиці та автостоянки.

### 2.1.3 Дослідження на зазначених етапах

У проведеному дослідженні впливу транспорту в місті було проведено аналіз впливу на навколишнє середовище двигунів внутрішнього згоряння, які використовуються як силові установки в транспортних засобах загального користування.

Дослідження було обмежено двома етапами життєвого циклу, тобто етапом експлуатації двигуна внутрішнього згоряння та етапом виведення з експлуатації двигуна внутрішнього згоряння. Окремі етапи були поділені на менші етапи, які були проаналізовані з точки зору реалізації ідеї сталої мобільності в місті. (див. рис. 2.3)

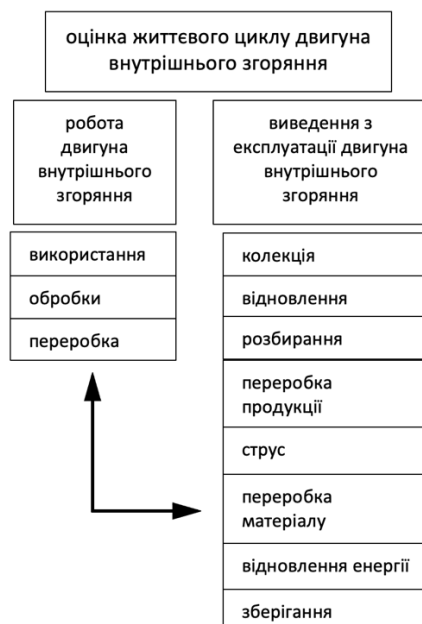


Рис.2.3 Життєвий цикл двигуна внутрішнього згоряння

#### 2.1.4 Норми викидів вихлопних газів

Норми викидів вихлопних газів є європейським стандартом, який визначає верхню допустиму кількість вихлопних газів, що викидаються в транспортних засобах, що продаються в межах Європейського Союзу. З роками ці стандарти змінювалися і ставали все більш обмежувачими.

Основною причиною запровадження європейських стандартів викидів вихлопних газів стало те, що виробники автомобілів встановлювали в свою продукцію двигуни з низьким рівнем викидів та найбільш екологічними.

Норми, розроблені Європейським Союзом і видані у формі директив, стосуються скорочення викидів:

- вуглеводні,
- окиси вуглецю,
- оксиди азоту,
- тверді частинки.

Варто зазначити, що для кожної групи транспортних засобів встановлені різні стандарти. Мотоцикл має зовсім інші межі викидів вихлопних газів, ніж сільськогосподарська машина чи автобус.

#### **Від 1 до 6 євро**

Україна, як і інші європейські країни, вже багато років впроваджує механізми контролю та скорочення викидів забруднюючих речовин в атмосферу з транспортних джерел. Слід зазначити, що наша країна в цій сфері досягла більшого успіху, ніж скорочення викидів від комунального та житлового секторів.

Інструменти, що використовуються для скорочення викидів транспортних засобів, – це в основному директиви, що діють відповідно до європейських стандартів викидів вихлопних газів, широко відомих як «євростандарти».



Перші норми в області обмеження викидів вихлопних газів були введені в 1980-х рр. Так званий регламент R49 вказував максимальні значення викидів від транспортних засобів таких забруднюючих речовин: оксиду вуглецю, вуглеводнів і оксидів азоту.

На початку 1990-х років було введено стандарт **Euro 0**, який започаткував систему регулювання викидів, яка використовується і сьогодні.

У 1993 році на основі директиви 1992 року набув чинності стандарт **ЄВРО 1**. Цей стандарт орієнтований насамперед на зменшення викидів оксиду вуглецю та вуглеводнів двигунами. Виробники автомобілів були зобов'язані встановлювати каталітичні нейтралізатори в нові автомобілі.

У 1996 році вступив в дію новий стандарт - **ЄВРО 2**. Стандарт додатково обмежував викиди твердих частинок. Це також висуває більші вимоги до дизельних двигунів. Ці типи двигунів можуть викидати близько 65 відсотків. менше окису вуглецю, ніж у стандарті ЄВРО 1.

Стандарт **ЄВРО 3**, запроваджений у 2001 році, змусив виробників автомобілів з дизельними двигунами встановлювати двигуни, які виділяють в два рази менше оксидів вуглецю, ніж за стандартом ЄВРО 2. Викиди оксидів азоту стали менш обмежувачими. Стандарт ЄВРО 3 також ввів різні обмеження для дизельних двигунів і бензинових синців.

2006 рік знаменує собою початок стандарту **ЄВРО 4**. Це змусило скоротити викиди до рівня, якого неможливо досягти наявними засобами. Щоб відповідати вимогам нового стандарту, в дизельних двигунах почали використовувати спеціальні технічні рішення – селективне каталітичне відновлення (SCR), що вимагає використання розчину сечовини (AdBlue). Під впливом високої температури з сечовини виділяється аміак, який реагує з оксидами азоту (одним із основних транспортних забруднювачів), відновлюючи їх до водяної пари та азоту. Альтернативою AdBlue є підвищення тиску впорскування палива та використання рециркуляції вихлопних газів (EGR).(див. рис. 2.4)

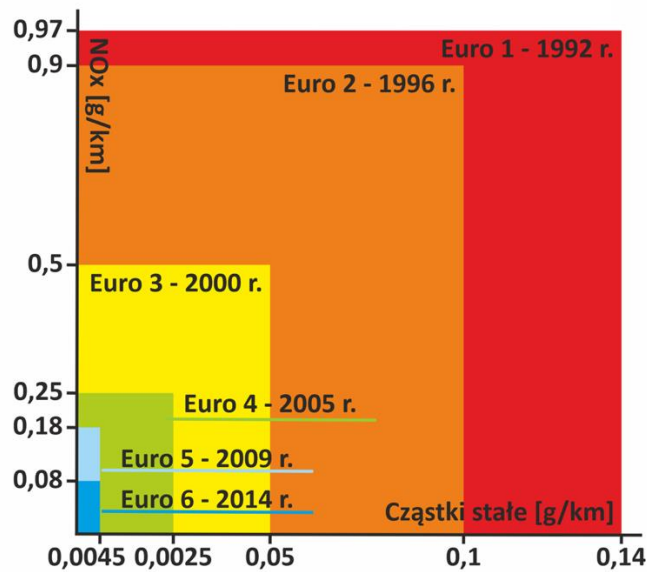


Рис.2.4 Масштаб змін викидів NOX і твердих частинок у наступних стандартах ЄВРО на прикладі правил для легкових автомобілів з дизельним двигуном

У 2009 році введено стандарт **ЄВРО 5**. Для дизельних двигунів допустимий викид твердих частинок зменшено в 5 разів.

Стандарт **ЄВРО 6** діє з 2012 року. Це зменшило допустимі викиди оксидів азоту ще на 80% по відношенню до стандарту Євро 5, а викиди твердих частинок – на 66%.

Отримання таких значень, необхідних від виробників автомобілів для підвищення температури згоряння, зміни способу впорскування палива тощо. При цьому введено вимогу вимірювати викиди в реальних дорожніх умовах, а не в контрольованих лабораторних умовах (динамометр), як раніше.(див. рис. 2.5)

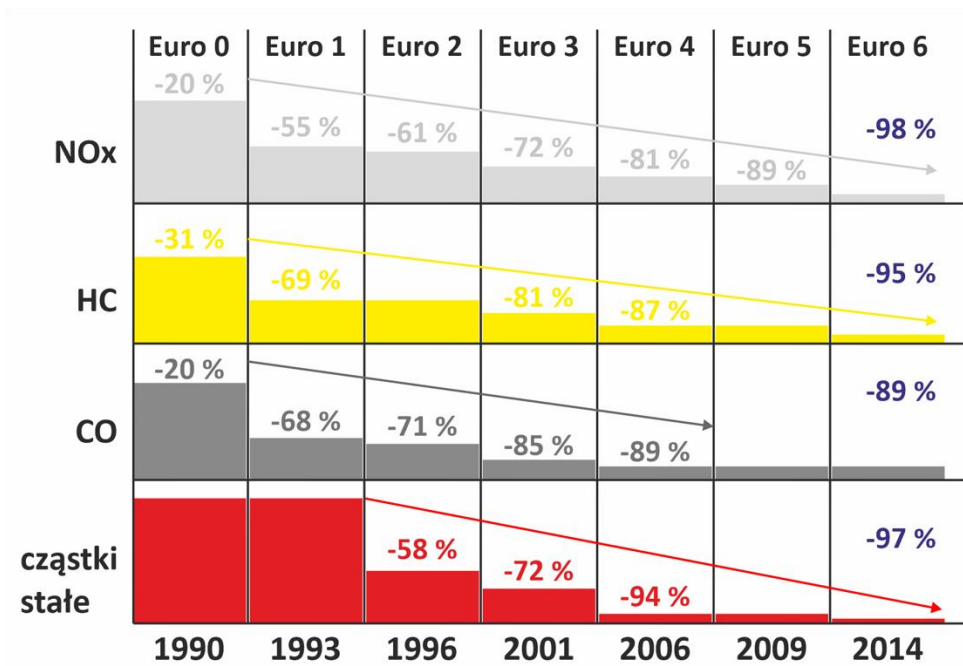


Рис. 2.5 Зменшення викидів забруднюючих речовин у відсотках в окремих стандартах ЄВРО, по відношенню до регламенту R49

Стандарт **EURO 6c** був введений у 2019 році, а тимчасовий стандарт EURO 6d – у 2020 році. Ці стандарти зменшили допустимі викиди твердих частинок.

Усі ці заходи призвели до набуття чинності нового стандарту горіння **EURO 6D ISC** - FCM у 2021 році. Основна увага тут приділяється процесу горіння. Кожен новий автомобіль, щоб бути допущений до реєстрації, повинен бути обладнаний інтерфейсом, який дозволяє зчитувати реальні дані згоряння безпосередньо з контролера двигуна. Автомобіль повинен постійно підраховувати та зберігати дані про реальну витрату палива.

У 2025 році має набути чинності стандарт **ЄВРО 7**. Передбачається, що він дозволить, серед іншого, виділяти втричі менше оксидів азоту, ніж діючий стандарт. Запровадження стандарту EURO 7 може завершити еру автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння та почати розширення електродвигунів-[6].

## 2.1.5 Етап - зняття з експлуатації

Вплив на навколишнє середовище також відбувається на етапі управління двигуном, який закінчив термін служби. Відходи, що утворюються у вигляді відпрацьованого двигуна, слід утилізувати безпечним для життя і здоров'я людей та навколишнього природного середовища способом. Це управління має полягати в максимальному використанні компонентів і матеріалів цього двигуна в експлуатації та промисловості, дуже обмеженому використанні в енергетиці, аж до періодичного зберігання залишків на звалищі. У рамках управління відходами ми займаємося утилізацією.

Процес нейтралізації – це екологічно безпечне поводження з відходами, які не підлягають повторному використанню. Утворені відходи піддають біологічним, фізичним або хімічним процесам перетворення, щоб привести їх до стану, в якому вони не становлять загрози життю, здоров'ю людей чи навколишньому середовищу. У випадку з відпрацьованими двигунами процес нейтралізації не застосовується, оскільки утворені відходи можна повторно використовувати або переробляти. Однак використовується процес відновлення.

Утилізація, відповідно до визначення, що міститься в Законі про відходи, визначає утилізацію усіх видів діяльності, які не становлять загрози життю, здоров'ю людей чи навколишньому середовищу, що призводять до використання відходів повністю або частково, або до утилізації. речовин, матеріалів або енергії з відходів та їх використання-[7]. Відповідно до визначення, рекуперацію можна розділити на дві основні форми відновлення, тобто рециркуляцію та відновлення енергії.

Порівняльний аналіз процесу відновлення та зберігання відходів на полігоні відходів щодо виведеного з експлуатації двигуна внутрішнього згорання показує, що процес відновлення призводить до екологічних переваг, а зберігання негативно впливає на навколишнє середовище.

Найбільші екологічні переваги на рівні -14,182Pt і -12,948Pt отримано після утилізації брухту кольорових і чорних металів. З іншого боку, відновлення решти матеріалів призвело до екологічної користі -0,781 Pt. Відновлення окремих матеріалів із двигуна, що закінчився, є джерелом екологічних переваг на рівні -27,948 Pt, тоді як розміщення цих матеріалів у вигляді відходів на полігоні має негативний вплив на навколишнє середовище у розмірі 0,898 Pt.

Необхідною умовою для отримання такої великої екологічної вигоди є правильне відновлення компонентів і матеріалів з двигунів, у яких закінчився термін служби. З іншого боку, належне виконання процесу відновлення вимагає впровадження та застосування процесу демонтажу.

Розбирання визначається як процес розкладання виробу на окремі елементи або вузли, метою якого може бути заміна пошкодженого елемента, вилучення цінних елементів і матеріалів із виробів, призначених для переробки, або вилучення з них екологічно шкідливих матеріалів-[8].

## **2.2 Електродвигуни**

Роботи над електромобілями почалися на початку 18 століття. Поряд з необхідністю швидкого руху, перші конструкції електромобілів з'явилися протягом наступних кількох років.

В даний час під електромобілем розуміють транспортний засіб, який використовує електрику, накопичену в акумуляторі батареєю, для керування ним. Система приводу класичного електромобіля складається з джерела електричної енергії, електричної машини (двигуна) і механічної трансмісії, що передає потужність на ходові колеса. Двигун створює крутний момент для руху вперед і назад, а також може створювати гальмівний момент при застосуванні електричного гальмування (робота генератора). Електродвигун перетворює електричну енергію в механічну, тобто електричний струм, що подається на двигун, змушуючи його рухатися.

Як електрична машина постійного струму вона може працювати як двигун або генератор.

За типом напруги живлення електродвигуни поділяються на

1. Електродвигуни постійного струму
2. Електродвигуни змінного струму
3. Універсальні двигуни

Електродвигун складається з

1. Щітки - які подають електрику до двигуна,
2. Комутатори - які змінюють напрямок струму в рамці,
3. Магніти - які створюють магнітне поле, необхідне для того, щоб рама рухалася,
4. Ротор - завдяки подачі енергії ця частина двигуна приводиться в рух.(див. рис. 2.6)

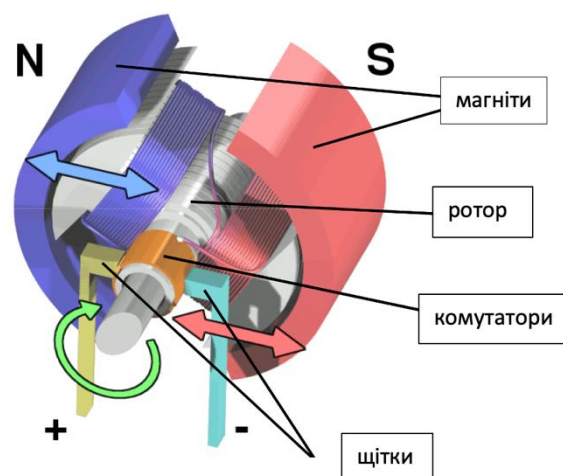


Рис.2.6 Схема електродвигуна

Принцип роботи електродвигуна відбувається так:

Ротор двигуна обертається за рахунок того, що струмопровідна обмотка поміщена в магнітне поле. Ці два поля стикаються один з одним, викликаючи рух ротора (рами). Комутатори викликають подальше обертання, швидко змінюючи

напрямок потоку струму через ряди. Після цього процес починається спочатку і цикл повторюється-[9].

Електродвигуни мають багато переваг перед іншими типами двигунів, вони дешевші у використанні, їх робота не вимагає використання природних ресурсів (вода, нафта, газ, вугілля); не забруднює навколишнє середовище (не виділяє диму, газу та пилу); набагато легше ремонтувати та обслуговувати.

В основі електродвигунів лежить принцип електромагнітної індукції. Основне призначення двигуна - перетворення електричної енергії в механічну. Перетворення відбувається за рахунок взаємодії двох основних частин двигуна - нерухомої частини (статора) і рухомої частини (ротора) (рисунок 2.6).

Коли статор заряджений, він створює магнітне поле, яке діє на ротор, змушуючи ротор обертатися, таким чином генеруючи крутний момент.

Основними характеристиками електродвигуна для автомобіля є традиційні компактні габарити автомобіля, які обмежені наявним простором. Ефективні електродвигуни характеризуються високими показниками, напруженою, максимальним крутним моментом, швидкістю потоку та частотою обмотки-[10].

### 2.2.1 Споживання енергії електромобілем

Однією з важливих причин зростання значення електромобіля є розвиток виробництва електроенергії з відновлюваних джерел енергії. Його ефективне використання вимагає зберігання, оскільки не завжди світить сонце або віє вітер. При масовому використанні електромобілів батареї могли б успішно грати роль резервуарів. Коли електромобілі споживають енергію, вироблену з вугілля, їх використання не зменшує викиди парникових газів. Тому надзвичайно важливо, щоб поширення електромобілів супроводжувалося будівництвом локальних розумних мереж передачі енергії, до яких підключалися б локальні накопичувачі енергії (акумулятори для електромобілів), які черпали б електроенергію з розподілених джерел виробництва енергії з ВДЕ, таких як фотоелементи, вітрові та

водяні електростанції, біогазові установки. У місті комунальні відходи, перетворені на біогаз, можуть бути чудовим джерелом енергії.

i-MiEV дуже економічний, оскільки йому потрібно трохи більше 10 кВт·год, щоб подолати 100 км, що означає значно нижчі витрати на водіння (енергію), ніж у випадку його аналога з системою згоряння. У реальних умовах автомобіль може проїхати до 160 км на одній зарядці. Максимальна швидкість 130 км/год. Високий крутний момент, наявний у низьких діапазонах частоти обертання двигуна, означає, що автомобіль характеризується хорошим прискоренням. Конструкція автомобіля дозволяє заряджати акумулятор трьома способами:

- стандартна електрична розетка 100 В - час зарядки 14 годин,
  - стандартна електрична розетка потужністю 200В - час зарядки 7 годин,
  - трифазна розетка і станції швидкої зарядки приблизно за півгодини.
- Випромінювальна здатність електромобілів та автомобілів внутрішнього згоряння

Забруднення, що викидаються автомобілями зі звичайним приводом, не повинно перевищувати європейських норм викидів. Взявши електромобіль середнього класу з низьким споживанням енергії (0,135 кВт·год/км) і враховуючи втрати, викликані передачею електроенергії від електростанції, і втрати акумуляції, можна отримати загальна енергія, необхідна для подолання одного кілометра маршруту. Загальна ефективність передачі та накопичення енергії приймається на рівні 62,3%. Звідси випливає, що електростанція повинна виробляти 0,217 кВт·год, щоб транспортний засіб подолати один кілометр маршруту.



**Викиди для транспортних засобів з двигуном внутрішнього згоряння та викиди, які виникають під час виробництва енергії, необхідної для електромобілів**

	норма	Актуальне від	CO гп/кг	HC гп/кг	NDx гп/кг	HC + NDx гп/кг	PM гп/кг
ДВЗ	Euro 1	12/1992	2,27	-	-	0,97	-
	Euro 2	01/1997	2,20	-	-	0,50	-
	Euro 3	01/2000	2,30	0,20	0,15	-	-
	Euro 4	01/2005	1,00	0,10	0,08	-	-
	Euro 5	09/2009	1,00	0,10	0,06	-	0,01
	Euro 6	08/2014	1,00	0,10	0,06	-	0,01
Дизель	Euro 1	12/1992	3,96	-	-	1,13	0,14
	Euro 2	01/1997	1,00	0,15	0,15	0,70	0,08
	Euro 3	01/2000	0,64	0,06	0,06	0,58	0,05
	Euro 4	01/2003	0,50	0,05	0,05	0,30	-
	Euro 5	09/2009	0,50	0,05	0,05	0,25	0,01
Електромобіль	Euro 6	08/2014	0,50	0,09	0,08	0,17	0,01
	-		0,008	-	0,29	-	0,01

Знаючи кількість викидів, що утворюються в результаті виробництва 1 кВт-год енергії, можна розрахувати кількість вихлопних газів, що викидаються електромобілем.

У таблиці (див. табл. 2.7) наведено норми викидів для транспортних засобів з двигуном внутрішнього згоряння та викиди, які виникають під час виробництва енергії, необхідної для електромобілів. Викиди вихлопних газів у процесі виробництва електроенергії з традиційних джерел, через викиди NOx, відповідають лише стандарту Euro III.

### 2.2.2 Утилізація та переробка електричних акумуляторів NMC і NCA

Індустрія електромобілів, що активно просувається і розвивається, також має свою темну сторону, яка досі рідко обговорюється. Експерти попереджають, що в найближчі роки з'являться мільйони тон відпрацьованих батарейок, якщо ми швидко не придумаємо більш ефективні методи переробки. Після хвилі ажіотажу

щодо електрифікації в автомобільній промисловості починають з'являтися голоси, що цей шлях також має друге, менш привабливе обличчя. Є багато ознак того, що перехід автомобільної промисловості на електромобілі допоможе боротися із забрудненням повітря, але, ймовірно, це призведе нас до ще однієї екологічної катастрофи. Це проблема відпрацьованого акумулятора, яка ставить під сумнів екологічні переваги електрифікації автопарку.

Акумулятори для електромобілів, виготовлені з кількох електричних елементів, важко демонтувати. Крім того, вони містять отруйні речовини. Найгірше те, що батареї не розроблені з урахуванням їх подальшої переробки. Дивлячись на прогнози, згідно з якими наприкінці цього десятиліття на дорогах вийде 145 мільйонів електромобілів, може виявитися, що, борючись за скорочення викидів шкідливих речовин, ми занурилися в чергову екологічну катастрофу.

За даними Greenpeace, у період з 2021 по 2030 рік 12,85 мільйона тон літій-іонних акумуляторів у всьому світі стануть непридатними для використання в електромобілях. У той же час понад 10 мільйонів тон літію, кобальту, нікелю та марганцю буде видобуто із землі для виробництва нових акумуляторів. То чому ж сировина не відновлюється? Вся справа у витратах – витрати на виробництво свіжо видобутих інгредієнтів просто нижчі, ніж при використанні перероблених матеріалів-[11].

На сьогодні деякі виробники розробляють батареї з урахуванням переробки, використовують чітке маркування для того щоб полегшувати демонтаж елементів.

### **2.3. Висновки до розділу**

Дослідження впливу двигунів внутрішнього згоряння на етапі їх експлуатації дозволяють визначити їх вплив на навколишнє середовище. Цей вплив визначається на основі шкідливих компонентів, що виділяються в навколишнє середовище, що містяться у вихлопних газах автомобілів.

З іншого боку, вивчення стадії виведення двигунів з експлуатації дозволяє визначити вплив на навколишнє середовище процесу управління використаними двигунами, а також вплив матеріалів і компонентів, що відновлюються в цьому процесі.

Поєднання цих двох етапів, відмінних від життєвого циклу двигуна внутрішнього згоряння, дозволяє провести двоетапне дослідження впливу двигуна на навколишнє середовище. Крім того, можливе також проведення досліджень щодо реалізації ідеї сталої мобільності, яка передбачає зниження попиту на реалізацію транспорту за рахунок використання індивідуального автомобільного транспорту на користь громадського транспорту, їзди на велосипеді або пішки.

## РОЗДІЛ 3

### ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ДВИГУНІВ

#### 3.1 Двигун внутрішнього згоряння та електродвигун – переваги і недоліки з екологічної точки зору

Під двигуном внутрішнього згоряння розуміють тип двигуна, який використовує стиснення і розширення газу для створення крутного моменту або сили. Гарячий газ використовується для вироблення енергії, яка використовується для руху транспортного засобу. Його отримують шляхом спалювання палива, звідси і назва двигун внутрішнього згоряння. З іншого боку, електродвигун — це електрична машина, в якій електрика перетворюється в механічну. Обидва рішення в приводі автомобілів мають свої переваги і недоліки.

#### Двигуни внутрішнього згоряння

- компактні
- прості в ремонті
- готові працювати в дуже короткий термін
- мають високу паливну економічність
- доступні

Також є недоліки у використанні цього типу двигуна.

- вони забруднюють атмосферу токсичними речовинами
- мають велику порожню масу та обмежену потужність і швидкість.
- затратні в виготовленні
- шумні

З іншого боку, електродвигун — це електрична машина, в якій електрика перетворюється в механічну. Електродвигун перетворює електричну енергію в механічну, тобто електричний струм, що подається на двигун, змушує його рухатися.

Як електрична машина постійного струму вона може працювати як двигун або генератор.

За типом напруги живлення електродвигуни поділяються на

1. Електродвигуни постійного струму
2. Електродвигуни змінного струму
3. Універсальні двигуни

Електродвигун складається з

1. Щітки - які подають електрику до двигуна
2. Комутатори - які змінюють напрямок струму в рамці
3. Магніти - які створюють магнітне поле, необхідне для того, щоб рама рухалася
4. Ротор - завдяки подачі енергії ця частина двигуна приводиться в рух.

Принцип роботи електродвигуна відбувається так:

Ротор двигуна обертається за рахунок того, що струмопровідна обмотка поміщена в магнітне поле. Ці два поля стикаються один з одним, викликаючи рух ротора (рами). Комутатори викликають подальше обертання, швидко змінюючи напрямок потоку струму через ряди. Після цього процес починається спочатку і цикл починається спочатку.

До переваг електродвигуна входять

- низький рівень шуму
- високий ККД (близько 90-95%)
- відсутність втрати тертя в трансмісії
- максимальний крутний момент відразу при запуску
- екологічність

- відсутність коробки передач
- можливість гальмування двигуном

До недоліків таких двигунів можна віднести:

- обмежений час роботи в автономному режимі;
- потреби електропостачання (батареї, зарядні станції);
- довгий час зарядки;
- дорого вартісне виробництво;
- недосконалість утилізації гальванічних елементів.(див. табл. 3.1)

Таблиця 3.1

### Порівняльна таблиця традиційного та електро-автотранспорту

Бензинові автомобілі	Електроавтомобілі
Забруднення атмосфери	Відсутність вихлопних газів
Запас ходу +/- 300км	Запас ходу +/- 100км
Від 28 грн. літр	Від 50 грн. місяць
Заправка декілька хвилин	Зарядка до декількох годин
ОПЕК	Місцевий постач. палива

### 3.2 Дослідження атмосферного повітря за допомогою геоінформаційних технологій

Сьогодні географічні інформаційні системи мають багато загальних і різних визначень, а також багато визначень з різним ступенем повноти. (див. схем. 3.2)

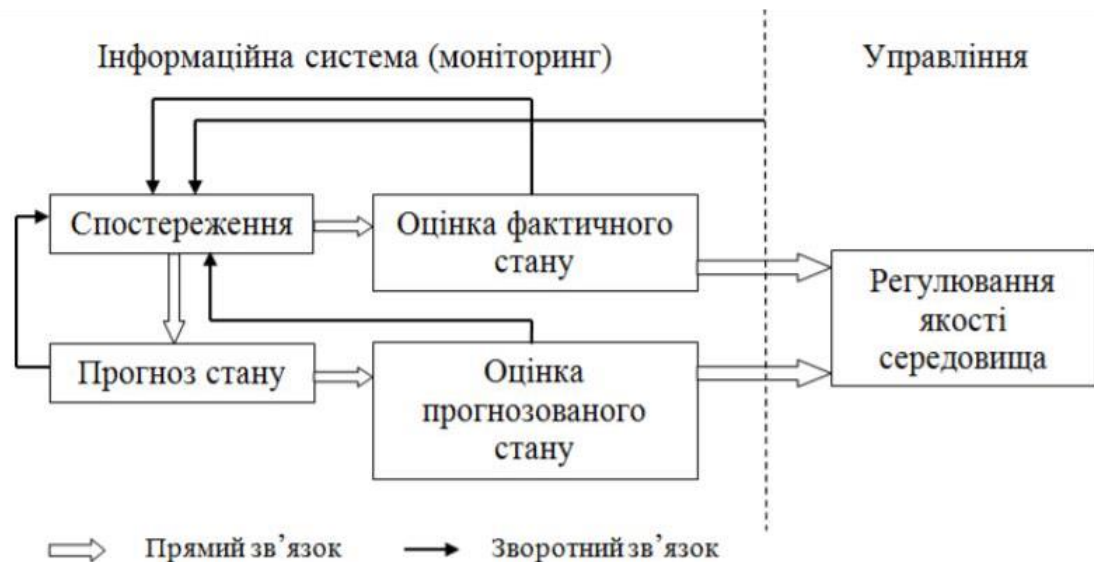


Схема 3.2 Блок-схема системи моніторингу

Геоінформаційні системи за найбільшими характеристиками:

- інформаційна система, здатна забезпечувати збирання, маніпулювання та аналіз географічно ідентифікованих даних для допомоги у прийнятті рішень;
- Автоматизовані засоби комп'ютерного зберігання знань про територіальні аспекти взаємодії природи і суспільства, а також дослідження, впровадження, моделювання тощо. програмне забезпечення, що імітує функції;
- набір інструментів для збору, зберігання, пошуку, перетворення та відображення екологічних даних для певної мети;
- інформаційна система для роботи з просторовими або географічними координатами;
- людино-машинний апаратно-програмний комплекс, що забезпечує збір, обробку, відображення та розподіл просторово узгоджених даних, інтеграцію інформації та знань на території для ефективного використання в інвентаризації, аналіз, моделювання, прогнозування та розв'язання прикладних наукових географічні проблеми. природокористування та територіальна організація суспільства;
- набір апаратних засобів, програмного забезпечення та процедур для

забезпечити введення, контроль, обробку, аналіз, моделювання та відображення просторово узгоджених даних для вирішення складних питань планування та управління;

- науково-технічні комплекси автоматизованого збору, систематизації, обробки та представлення (поширення) геоінформації в новій якості за умови знання досліджуваних просторових систем;

- набір апаратних, програмних та алгоритмічних процедур для збору, захоплення, зберігання, математичного та картографічного моделювання та відображення геопросторової інформації;

- набір технічних, програмних та інформаційних засобів, що забезпечують введення, зберігання, обробку, математичне та картографічне моделювання та інтегроване зображення супутніх географічних та атрибутивних даних для вирішення питань землеустрою та управління 4. простором;

- інформаційна система, яка збирає, зберігає, обробляє, отримує доступ, відображає та поширює просторово узгоджені (просторові) дані.

За словами директора географічної та регіональної наукової програми Національного наукового фонду США, ГІС надає географам інструменти для обробки регіональної інформації, яку вони шукали протягом 2000 років. «Регіональний аналіз і синтез» (Альберт, 1988, с. 137). З цим не можна повністю не погодитися з авторитетним експертним висновком (особливо в другій частині цитати, враховуючи корекцію емоційності та образності).

Якщо коротко, ГІС (геоінформаційні технології) — це сучасна інформаційна технологія географії. При цьому вони не тільки підвищують швидкість, якість і точність обробки інформації за допомогою сучасних комп'ютерів, автоматизують виконання багатьох традиційних аналітичних процедур, але й пропонують географам принципово нові можливості для поля та теорії. дослідження.

Розглядаючи автоматизацію традиційної діяльності географів, варто відзначити, насамперед, тематичне картографування, збір географічних даних та створення репозитаріїв. Однак і тут використання геоінформаційних технологій



відкриває якісно нові можливості. При створенні тематичних карт це, наприклад, створення спеціальних тематичних карт за допомогою алгоритмів комп'ютерної графіки, які практично неможливо зробити вручну; створення електронно-комп'ютерних карт з можливістю інтерактивного зчитування інформації з карти та модифікації її оформлення та змісту, використовуючи складні аналітичні алгоритми (визначення інтерактивності, проектування та обчислювально-аналітичні); підключатися до звукових і відео електронних тематичних карт, використовувати анімацію тощо.

У сфері зберігання інформації ГІС-технологія дозволяє створювати автоматизовані бази даних картографічних та атрибутивних (буквенно-цифрових) даних практично з необмеженою ємністю, з можливістю пошуку необхідної інформації в комплексі системи запитів та відображення її на екрані в паперова форма. (зазвичай на папері) у двох і трьох вимірах. Принципово новим типом довідкової системи є цифрові географічні атласи - [12]. Геоінформаційні технології дозволяють автоматизувати багато традиційних процедур ручної обробки, в тому числі трудомістких, таких як визначення довжин, обчислення площ, об'ємів, побудова полігонів Тіссена-Равена, укладання та аналіз шарів даних.

Однак до аналітичних можливостей сучасних інструментальних ГІС належать методи просторового аналізу, реалізація яких можлива лише з використанням ЕОМ. До них відносяться методи просторової кореляції та регресії, аналіз видимих і невидимих ділянок з однією або системою точок і створення відповідних карт, карт «верхніх елементів», в яких кожен елемент складається з цього елемента. отримує воду тощо. Нарешті, лише геоінформаційні технології дозволяють практично реалізувати просторове моделювання процесів енерго- і масообміну в природних і природно-економічних територіальних системах, що дає змогу врахувати всі фактори. складність їх просторової диференціації. Описуючи перспективи геоінформатики в наукових дослідженнях, виробництві та викладанні географії, слід пам'ятати, що, з одного боку, будь-яка технологія (в тому числі геоінформація) потребує відповідного використання, а з іншого – необхідно перевірити результати цього. використання (тобто піддається перевірці).

Сучасна так звана «інструментальна ГІС» з розширеними аналітичними можливостями пропонує дуже великий і різноманітний (постійно зростаючий) перелік процедур аналізу просторових даних. Зауважимо, що необхідною умовою використання будь-якого для вирішення конкретної проблеми є чітке розуміння теоретичних ідей, що лежать в основі кожної аналітичної процедури, її переваг, недоліків та обмежень. Крім того, перевірка достовірності отриманих результатів завжди повинна забезпечуватися за допомогою реальних даних або на основі теоретичних моделей. Слід також мати на увазі, що достовірність результатів часто визначається повнотою та точністю залучених до аналізу просторових даних (цифрових карт) -[13].

### **3.3 Порівняльний аналіз життєвого циклу двигунів внутрішнього згорання та електродвигунів**

У результаті інтенсивного розвитку науки і впровадження нових рішень і технічних засобів людство все більше задовольняє свої потреби. Усі ці об'єкти, від найменших до найбільших, чинять більший чи менший вплив на навколишнє середовище. Одним із таких технічних об'єктів є двигуни(внутрішнього згорання та електричні), які використовуються для приводу автотранспорту в рух.

Тому все частіше виникає питання, чи двигуни шкідливі для навколишнього середовища і якщо так, то як зменшити їх негативний вплив.

У вирішенні цієї проблеми корисним стає аналіз структури життєвого циклу двигуна внутрішнього згорання. Подібно до живих організмів, існування яких можна описати як цикл, розділений на фази, від еволюційного розвитку виду, через процес формування конкретного організму та його життя, до смерті та розпаду. Існування кожного технічного об'єкта є циклічним, розділеним на чотири фази: проектування, виробництво, експлуатація та зняття з експлуатації, що супроводжується процесами переробки, що відбуваються також на попередніх фазах циклу. Ці фази з'єднані між собою називаються - «життєвим циклом». Життєвий

цикл електродвигуна та двигуна внутрішнього згорання показані в таблицях. ( див. рис 3.3 та 3.4)

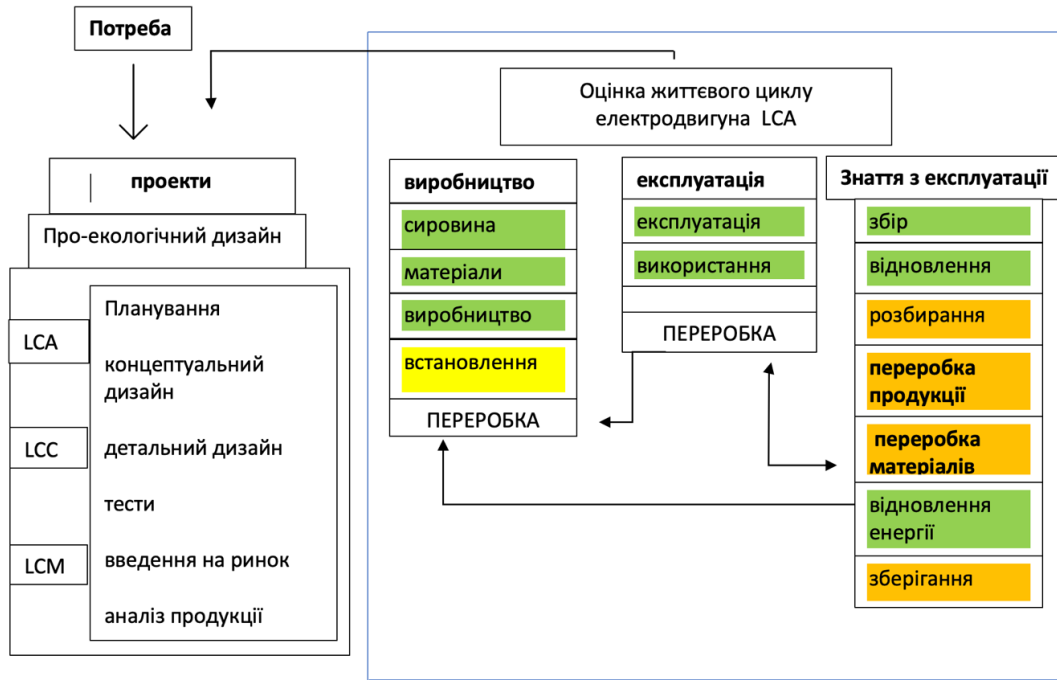


Рис 3.3 Оцінка життєвого циклу електродвигуна

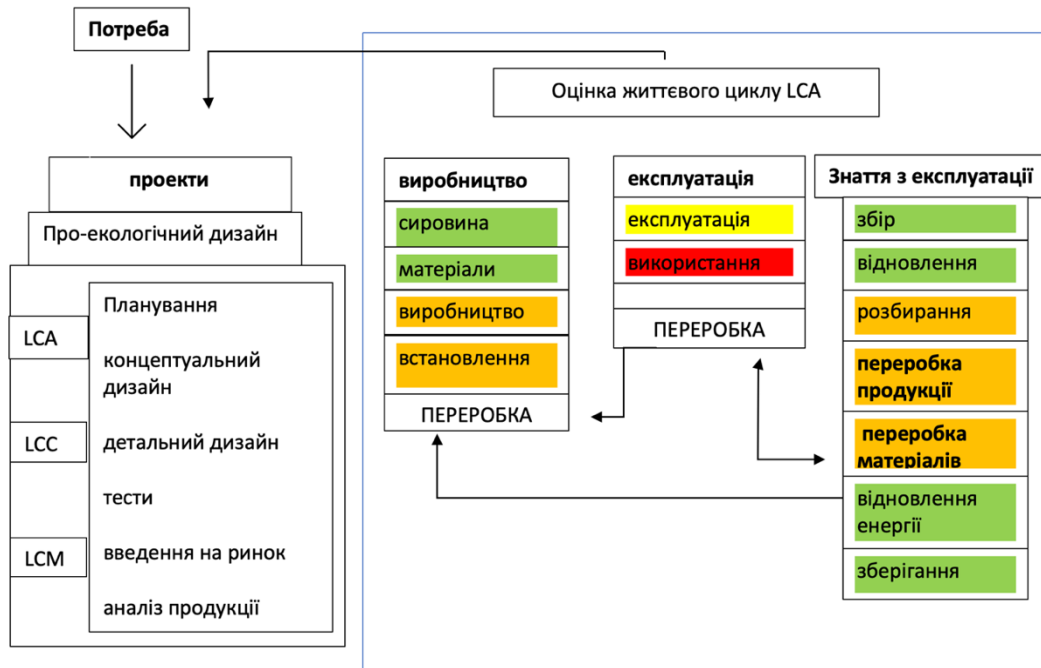


Рис. 3.4 Оцінка життєвого циклу двигуна внутрішнього згорання

Виходячи з даних на рисунках ми можемо побачити чім відрізняються оцінки життєвого циклу електродвигунів та двигунів внутрішнього згорання.

*Сировина та матеріали.* Для обох видів двигунів сировина та матеріали для виробництва не викликають проблеми. Будь який двигун в першу чергу складається зі статора та якоря(ротор). Статор може бути виконаний з обмоток дроту та магнітів різного перетину та також різного матеріалу, а від цього в свою чергу залежить ціна та можливість доступу до матеріалів.

*Виробництво та встановлення.* При виробництві двигунів внутрішнього згорання треба враховувати складність будови самого двигуна, через велику кількість деталей збірка механічного двигуна займає багато часу. Електродвигун набагато легше ремонтувати та обслуговувати, проте на сьогоднішній день спеціалістів в галузі електродвигунів менше.

*Експлуатація та використання.* Під час роботи двигун внутрішнього згорання викидає значну частку шкідливих викидів в атмосферу. У викидах ДВЗ міститься багато шкідливих сполук їх кількість перевищує 100, умовно всі ці сполуки можна поділити на шість груп:

- Сажа
- Вуглеводні
- Діоксид вуглецю, водень, водяна пара, кисень
- Альдегіди
- Окиси азоту
- Оксид вуглецю

Басейн планети піддається найбільшому забрудненню під час роботи теплових двигунів. Тверді частинки сажі і пилу утворені під час роботи двигуна запилюють повітря. Так званий «парниковий ефект» результатом якого є перегрів атмосфери, відбувається через надходження дрібних частинок викидів, які зависають у атмосфері відбиваючи назад теплові промені, що випромінюються земною поверхнею.

Причиною утворення кислотних опадів є викиди сірчистого газу й оксидів азоту. Також при використанні в ДВЗ етилованих бензинів з вихлопними газами в атмосферу виділяються сполуки свинцю. Склад викидів залежить від режимів експлуатації та справності систем ДВЗ і проведенні регулювань в своїй часі.

Електродвигуни мають багато переваг перед механічними, їх робота не вимагає використання природних ресурсів таких як: вода, нафта, газ, вугілля. Вони не забруднюють навколишнє середовище (не виділяють диму, газу та пилу)-[14].

*Зняття з експлуатації.* Процес нейтралізації – це екологічно безпечне поводження з відходами, які не підлягають повторному використанню. Утворені відходи піддають біологічним, фізичним або хімічним процесам перетворення, щоб привести їх до стану, в якому вони не становлять загрози життю, здоров'ю людей чи навколишньому середовищу. У випадку з відпрацьованими двигунами процес нейтралізації не застосовується, оскільки утворені відходи можна повторно використовувати або переробляти. Однак використовується процес відновлення.

Порівняльний аналіз процесу відновлення та зберігання відходів на полігоні відходів щодо виведеного з експлуатації двигуна внутрішнього згорання показує, що процес відновлення призводить до екологічних переваг, а зберігання негативно впливає на навколишнє середовище. Найбільші екологічні переваги на рівні -14,182Pt і -12,948Pt отримано після утилізації брухту кольорових і чорних металів. З іншого боку, відновлення решти матеріалів призвело до екологічної користі -0,781 Pt. Відновлення окремих матеріалів із двигуна, що закінчився, є джерелом екологічних переваг на рівні -27,948 Pt, тоді як розміщення цих матеріалів у вигляді відходів на полігоні має негативний вплив на навколишнє середовище у розмірі 0,898 Pt -[15].

Необхідною умовою для отримання такої великої екологічної вигоди є правильне відновлення компонентів і матеріалів з двигунів, у яких закінчився термін служби.

Експерти попереджають, що в найближчі роки з'являться мільйони тон відпрацьованих батарейок, якщо ми швидко не придумаємо більш ефективні методи переробки. Після хвилі ажіотажу щодо електрифікації в автомобільній

промисловості починають з'являтися голоси, що цей шлях також має друге, менш привабливе обличчя. Є багато ознак того, що перехід автомобільної промисловості на електромобілі допоможе боротися із забрудненням повітря, але, ймовірно, це призведе нас до ще однієї екологічної катастрофи. Це проблема відпрацьованого акумулятора, яка ставить під сумнів екологічні переваги електрифікації автопарку.

Акумулятори для електромобілів, виготовлені з кількох електричних елементів, важко демонтувати. Крім того, вони містять отруйні речовини. Найгірше те, що батареї не розроблені з урахуванням їх подальшої переробки. Дивлячись на прогнози, згідно з якими наприкінці цього десятиліття на дорогах вийде 145 мільйонів електромобілів, може виявитися, що, борючись за скорочення викидів шкідливих речовин, ми занурилися в чергову екологічну катастрофу.

За даними Greenpeace, у період з 2021 по 2030 рік 12,85 мільйона тон літій-іонних акумуляторів у всьому світі стануть непридатними для використання в електромобілях. У той же час понад 10 мільйонів тон літію, кобальту, нікелю та марганцю буде видобуто із землі для виробництва нових акумуляторів. То чому ж сировина не відновлюється? Вся справа у витратах – витрати на виробництво свіжо видобутих інгредієнтів просто нижчі, ніж при використанні перероблених матеріалів.

На сьогодні деякі виробники розробляють батареї з урахуванням переробки, використовують чітке маркування для того, щоб полегшувати демонтаж елементів.

### **3.4 Висновки до розділу**

Під двигуном внутрішнього згорання розуміють тип двигуна, який використовує стиснення і розширення газу для створення крутного моменту або сили. Гарячий газ використовується для вироблення енергії, яка використовується для руху транспортного засобу. Його отримують шляхом спалювання палива, звідси і назва двигун внутрішнього згорання. З іншого боку, електродвигун — це

електрична машина, в якій електрика перетворюється в механічну. Обидва рішення в приводі автомобілів мають свої переваги і недоліки.

#### Двигуни внутрішнього згорання

- компактні
- прості в ремонті
- готові працювати в дуже короткий термін
- мають високу паливну економічність
- доступні

Також є недоліки у використанні цього типу двигуна.

- вони забруднюють атмосферу токсичними речовинами
- мають велику порожню масу та обмежену потужність і швидкість.
- затратні в виготовленні
- шумні

До переваг електродвигуна входять

- низький рівень шуму
- високий ККД (близько 90-95%)
- відсутність втрати тертя в трансмісії
- максимальний крутний момент відразу при запуску
- екологічність
- відсутність коробки передач
- можливість гальмування двигуном

До недоліків таких двигунів можна віднести:

- обмежений час роботи в автономному режимі;
- потреби електропостачання (батареї, зарядні станції);
- довгий час зарядки;
- дорого вартісне виробництво;
- недосконалість утилізації гальванічних елементів.

## ВИСНОВКИ

Автотранспорт є джерелом забруднення. Нині на частку автомобільного транспорту припадає більше половини всіх шкідливих викидів у навколишньому середовищі, які є головним джерелом забруднення атмосфери.

Автомобільний транспорт забруднює атмосферу трьома способами: виділенням шкідливих речовин через вихлопні гази, вибухом газів у картері та виділенням шкідливих речовин внаслідок випаровування палива з паливних баків.

Основним споживачем палива у світі є автомобільний транспорт. В Україні вантажівки з бензиновими двигунами (більше 85%), дизельними – близько 13%, а бензиновими – менше 1,5%. У структурі вантажного парку Києва автомобілі з газовими балонами становлять 5,5%, бензинові – 77,6%.

Електродвигуни набирають популярність у сучасному світі, а все завдяки активному розвитку електромобілів.

Електродвигуни мають багато переваг перед іншими типами двигунів, вони дешевші у використанні, їх робота не вимагає використання природних ресурсів (вода, нафта, газ, вугілля); не забруднює навколишнє середовище (не виділяє диму, газу та пилу); набагато легше ремонтувати та обслуговувати.

Електродвигуни прості у виготовленні та надійні. Електричний автомобіль не має справжньої коробки передач і пов'язаний з диференціалом за допомогою редуктора. Вся справа, звичайно, керується комп'ютером, який у випадку з повним приводом визначає розподіл крутного моменту.

Мною було досліджено життєвий цикл двигунів внутрішнього згорання та електродвигунів, їх вплив на навколишнє середовище. Зроблений їх порівняльний аналіз. Я зробила аналіз літературних джерел за тематикою, математичну обробку та систематизацію статистичних даних, узагальнення науково-теоретичних даних.

Мною були виконані такі завдання:

1. Проаналізувати літературні джерела



2. Визначити етапи життєвого циклу електродвигунів та двигунів внутрішнього згорання
3. Провести порівняльний аналіз впливу етапів життєвого циклу двигунів на екологічну ситуацію.
4. Надати рекомендації щодо мінімізації шкідливих наслідків.

В результаті проведених досліджень можемо сказати, що механічні та електродвигуни, є найбільшим забруднювачем навколишнього середовища. Вплив електродвигунів є дещо меншим, та несе менше загрози для довкілля, нажаль наша країна ще не готова відмовитися від користування традиційними двигунами.

## СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Повторейко А.Д. студентки 4 курсу Житомирський державний технологічний університет Камських Т.Є. науковий керівник, старший викладач кафедри екології
2. Łebkowski P. : Model planowania demontażu maszyn i urządzeń. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn. Tribologia, niezawodność, eksplo- atyka, diagnostyka, bezpieczeństwo, Polska Akademia Nauk, Komitet Budowy Maszyn, Instytut Technologii Eksploatacji, vol. 37, z. 4 (132), str. 151-162, Radom 2002.
3. PIOTR KARZMARCZYK Zasypią nas miliony ton zużytych baterii z aut - straszą eksperci
4. Крикавський Є. Логістичне управління: підруч. Львів : Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2005. с. 650
5. Комариста Б.М., Бендюг В.І. ОСНОВИ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ
6. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни: Підручник. К.: Арістей, 2014
7. Płona Małuszyńska, Bartosz Bielecki, Andrzej Wiktorowicz, Marcin J. Małuszyński. Recykling pojazdów wycofanych z eksploatacji jako metoda ograniczająca ilość odpadów niebezpiecznych w środowisku // Ochrona środowiska i zasobów naturalnych. No 48. 2011. P.362.378.
8. Komisja Wspólnot Europejskich. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie Ekologicznego transportu, Bruksela, 08.07.2008, KOM(2008), SEK(2008) 2206.
9. Ustawa o odpadach z dnia 27.04.2001 (Dz. U. Nr 62, poz. 628)
10. <https://businessinsider.com.pl/technologie/nowe-technologie/auta-elektryczne-i-spalinowe-jakie-sa-roznice/jc>
11. <https://mappingair.meteo.uni.wroc.pl/2020/05/normy-czystosci-spalin/>

12. [https://sp3-hrubieszow.pl/zsm3/images/materialy/silnik\\_elektryczny.pdf](https://sp3-hrubieszow.pl/zsm3/images/materialy/silnik_elektryczny.pdf)
13. <https://www.nature.com/articles/s41893-019-0222-5>
14. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/421-18#Text>
15. <https://vseosvita.ua/library/vpliv-dviguna-vnutrisnogo-zgoranna-na-navkolisne-seredovise-121810.html>