

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра прикладної екології

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**

Спеціальність 183 „Технології захисту навколишнього середовища”

Тема роботи: Реалізація технологій захисту атмосферного повітря при використанні гібридних автомобілів

Виконав:  
Студент Параконний Д.П.

\_\_\_\_\_ прізвище, ім'я та по батькові

Залікова книжка

№ \_\_\_\_\_

Підпис \_\_\_\_\_

Захищена з оцінкою

\_\_\_\_\_ оцінка, дата

Керівник:  
асистент Яхненко О.М.

\_\_\_\_\_ посада, прізвище, ім'я та по батькові

Підпис \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ дата, підпис

Консультант з охорони праці:

доц. Васькін Р.А.

\_\_\_\_\_ посада, прізвище, ім'я та по батькові

Підпис \_\_\_\_\_

Секретар ЕК

Аблєєва І.Ю.

\_\_\_\_\_ прізвище, підпис

Суми 2020

# СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра прикладної екології  
Спеціальність 183 „Технології захисту навколишнього середовища”

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Зав. кафедрою \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студенту \_\_\_\_\_ Параконному \_\_\_\_\_ Група \_\_\_\_\_ ТС-61 \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Реалізація технологій захисту атмосферного повітря при використанні гібридних автомобілів

2. Вихідні дані \_\_\_\_\_

3. Перелік обов'язково графічного матеріалу:

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

4. Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	ТИЖНІ					
		1	2	3	4	5	6
	Розділ 1	+					
	Розділ 2		+				
	Розділ 3			+			
	Розділ 4				+		
	Розділ 5					+	
	Висновки, оформлення роботи						+

5. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 30.03 \_\_\_\_\_ 2020 р.

Керівник \_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_ ас. Яхненко О.М. \_\_\_\_\_  
(посада, прізвище)

## РЕФЕРАТ

*Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи бакалавра.*

Робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 27 найменування. Загальний обсяг бакалаврської роботи становить 54 с., у тому числі \_\_\_\_ таблиць, \_\_\_\_ рисунків, список використаних джерел 3 сторінок.

*Мета роботи* - дослідити можливі шляхи реалізації технологій захисту атмосферного повітря при використанні гібридних автомобілів.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та вирішено такі *завдання*: вивчити вплив автомобілів на стан атмосферного повітря; розглянути склад викидних газів, дослідити основні процеси, що відбуваються в двигунах різних типів автомобілів та проаналізувати можливість зменшення негативного впливу автомобільного транспорту за рахунок переходу на використанні гібридних автомобілів.

*Об'єкт дослідження* - технології захисту атмосферного повітря при використанні гібридних автомобілів

*Предмет дослідження* - зменшення рівня забруднення атмосферного повітря при використанні гібридних автомобілів

У кваліфікаційній роботі розглянуть одну з гострих екологічних проблем теперішнього часу є забруднення атмосферного повітря. У великих містах до числа основних джерел забруднення атмосферного повітря відноситься автотранспорт. Гази, що відходять від двигунів, містять складну суміш з більш ніж двохсот компонентів, серед яких чимало канцерогенів. Шкідливі речовини надходять в повітря практично в зоні дихання людини, а тому авто транспорт слід віднести до найбільш небезпечних джерел забруднення атмосфери та атмосферного повітря.

*Ключові слова*: ГІБРИДНИЙ АВТОМОБІЛЬ, ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ, ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 ВПЛИВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ НА СТАН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	7
РОЗДІЛ 2 ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ БЕНЗИНОВИХ ДВИГУНІВ.....	16
2.1 Двигуни внутрішнього згорання, їх переваги і недоліки .....	16
2.2 Основні напрямки зменшення шкідливих викидів від двигунів внутрішнього згорання.....	18
РОЗДІЛ 3 ДВИГУНИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА ДИЗЕЛЬНОМУ ПАЛИВІ.....	21
3.1. Особливості дизельних двигунів .....	21
3.2 Шляхи поліпшення екологічних показників дизелів.....	22
РОЗДІЛ 4. РЕАЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ.....	28
4.1 Особливості роботи електромобілів.....	28
4.2 Особливості роботи гібридних автомобілів.....	29
4.3 Екологічний аспект використання гібридних установок.....	35
4.4 Економічний аспект використання гібридних установок.....	37
4.5 Характеристика переваг та недоліків гібридних установок.....	39
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	43
ВИСНОВКИ.....	49
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	51

Підп. і дата		Підп. і дата		Взаєм. інв. №		Інв. № дубл.		Підп. і дата	
Інв. № подл.	Розроб.	Перев.	Н. Конт	Затв.	Васем. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	Підп. і дата	Підп. і дата
	Параконний	Яхненко	Васькін	Пляцук					
	№ докум.	Підп.	Дат						
	Реалізація технологій захисту атмосферного повітря при використанні гібридних автомобілів								
	Лім.	Аркуш	Аркушів						
		4							
	СумДУ, ф-т ТеСЕТ								
	гр. ТС-61								

## ВСТУП

**Актуальність теми.** В даний час, мабуть найбільшою екологічною проблемою є забруднення атмосфери та її шарів. У великих містах до числа основних джерел забруднення атмосферного повітря відноситься автомобільний транспорт. Гази, що відходять від двигунів, містять складну суміш з більш ніж двохсот компонентів, серед яких чимало канцерогенів. Шкідливі речовини надходять в повітря практично в зоні дихання людини, а тому автотранспорт слід віднести до найбільш небезпечних джерел забруднення атмосфери та атмосферного повітря.

Головним чином найбільші екологічні проблеми міст, пов'язані з надмірною концентрацією на невеликих територіях проживання населення, автомобільного транспорту і підприємств промислового значення, з утворенням антропогенних проблем ґрунтів, води і атмосферного повітря, дуже далеких від стану екологічної рівноваги [25].

Практично всі сучасні автомобілі обладнані двигунами внутрішнього згоряння. При порівняно невеликій масі цей двигун розвиває значну потужність, економічний, досить надійний. У міру зростання автомобільного парку, став виявлятися істотний недолік такого двигуна - з вихлопними газами в навколишнє повітря надходять шкідливі для здоров'я людини речовини. Кожен автомобіль викидає більше 3 кг шкідливих речовин щоденно. Коли автомобілів стало занадто багато, у великих містах помітно погіршився стан атмосферного повітря.

Існуючий рівень техніки в нашій країні не дозволяє забезпечити потрібну ступінь очищення викидів. Повне вирішення проблеми це - зменшення забруднення повітря автотранспортом залежить, в першу чергу, від технічних заходів, що стосуються підвищення екологічності кожного автомобіля і зменшення токсичності автомобільних викидів.

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

										ТС	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат							5

Заміна автомобілів зі звичайним двигуном на автомобілі з використанням гібридних двигунів можуть бути прикладом реалізації технології захисту атмосферного повітря зі зменшенням рівня забруднення НС.

**Мета дипломної роботи** – дослідити можливі шляхи реалізації технологій захисту атмосферного повітря при використанні гібридних автомобілів.

**Задачі досліджень.** Для досягнення поставленої мети визначено наступні завдання: вивчити вплив автомобілів на стан атмосферного повітря; розглянути склад викидних газів, дослідити основні процеси, що відбуваються в двигунах різних типів автомобілів та проаналізувати можливість зменшення негативного впливу автомобільного транспорту за рахунок переходу на використання гібридних автомобілів.

**Об’єкт досліджень** – технології захисту атмосферного повітря при використанні гібридних автомобілів

**Предмет досліджень** – зменшення рівня забруднення атмосферного повітря при використанні гібридних автомобілів

**Методи дослідження** - літературний пошук, теоретичний аналіз літературних даних, статистична обробка матеріалу, системний аналіз

**Наукова новизна одержаних результатів:** було розглянуто роботу двигунів автомобілів різного типу та визначено, що використання гібридних автомобілів дозволить знизити рівень забруднення атмосферного повітря

**Ключові слова:** гібридний автомобіль, забруднення повітря, технології захисту атмосферного повітря

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

							ТС	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат				6

## РОЗДІЛ 1. ВПЛИВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ НА СТАН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Серед галузей економіки автотранспортний комплекс є найбільшим джерелом забруднення навколишнього середовища. У масштабах країни частка транспорту в сумарних викидах забруднюючих речовин в атмосферу від усіх джерел сягає 45%, у викидах парникових газів - приблизно 10%, в масі промислових відходів - 2%, в скидах шкідливих речовин зі стічними водами - близько 3%, в споживанні руйнуючих озон речовин - не більше 5%. Доля транспорту у шумовому впливі на населення становить 85-95% на різних територіях. Над великими містами атмосфера містить в 10 разів більше аерозолів і в 25 разів більше газів [26].

Об'єм світового автомобільного парку перевищує 600 млн. одиниць, з яких 83-85% становлять легкові автомобілі, 15-17% - вантажні автомобілі і автобуси. Частка транспортних засобів в забрудненні повітря в містах сягає 70-90%, що створює досить стійкі і великі зони, всередині яких санітарно-гігієнічні нормативи забруднення повітря перевищено в кілька разів.

Шкідливий вплив автомобільного транспорту на навколишнє середовище проявляється під час роботи автомобілів (шкідливі викиди двигунів, шум, вібрація) та їх технічного обслуговування і ремонту.

Найбільш небезпечними є фактори першої групи, а з поміж них - викиди шкідливих речовин двигунами. Джерелами шкідливих викидів двигунів внутрішнього згоряння є відпрацьовані гази, картерні гази та випари з системи живлення. Серед цих джерел забруднення основним є відпрацьовані гази.

Одна автомобільна одиниця щорічно поглинає з атмосфери понад 4 т кисню, викидаючи з відпрацьованими газами приблизно 800 кг оксиду вуглецю, близько 40 кг оксидів азоту та майже 200 кг різних вуглеводнів.

Підп. і дата
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № подл.

						ТС	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			7

В даний час вивчено понад 200 компонентів, що входять до складу відпрацьованих газів автотранспорту. За обсягом найбільшу питому вагу мають оксид вуглецю (0,5-10%), оксиди азоту (до 0,8%), незгорілі вуглеводні (0,2-3,0%), альдегіди (до 0,2%) і сажа. Токсичність відпрацьованих газів карбюраторних двигунів обумовлюється головним чином вмістом окису вуглецю та оксидів азоту, а дизельних двигунів - оксидів азоту і сажі.

Утворення токсичних речовин - продуктів неповного згоряння та оксидів азоту в циліндрі двигуна в процесі згоряння відбувається принципово різними шляхами. Перша група токсичних речовин пов'язана з хімічними реакціями окислення палива, що протікають як в перед полум'яний період, так і в процесі згоряння. Друга група токсичних речовин утворюється при з'єднанні азоту та надлишкового кисню в продуктах згорання.

Кожен автомобіль під час коли він працює, викидає в атмосферу з відпрацьованими газами близько 200 різних компонентів. У вихлопних газах містяться вуглеводні - незгорілі або не повністю згорілі компоненти палива, частка яких різко зростає, якщо двигун працює на малих обертах або в момент збільшення швидкості на старті, тобто під час заторів і червоного сигналу світлофора. Саме в цей момент, коли натискають на акселератор, виділяється більше всього незгорілих часток: приблизно в 10 разів більше, ніж при роботі двигуна в нормальному режимі. Реакція утворення окислів азоту носить термічний характер і не пов'язана безпосередньо з реакціями окислення палива[27].

До основних токсичних викидів автомобіля відносяться: відпрацьовані гази, картерні гази і паливні випаровування. Відпрацьовані гази, що викидаються двигуном, містять окис вуглецю (CO), вуглеводні, оксиди азоту, бензопірен, альдегіди і сажу. Картерні гази - суміш частини відпрацьованих газів, що проникла через нещільність поршневих кілець у картер двигуна, з парами моторного масла. Паливні випаровування надходять у навколишнє середовище з системи живлення двигуна: стиків, шлангів і т.д [26].

Підп. і дата
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № подл.

						ТС	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			8



Викиди від карбюраторних двигунів розподіляються наступним чином: відпрацьовані гази містять 95% CO, 55% C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> і 98% NO<sub>x</sub>, картерних гази по - 5% C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>, 2% NO<sub>x</sub>, а паливні випаровування - до 40% C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>.

У загальному випадку в складі відпрацьованих газів двигунів можуть міститися такі нетоксичні і токсичні компоненти: O, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, C, CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>, C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>O, NO, NO<sub>2</sub>, N, N<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, HNO<sub>3</sub>, HCN, H, H<sub>2</sub>, OH, H<sub>2</sub>O.

Основними токсичними речовинами - продуктами неповного згорання є сажа, окис вуглецю, вуглеводні, альдегіди (таблиця 1.1) [1].

Таблиця 1.1 - Вміст токсичних викидів у відпрацьованих газах двигунів внутрішнього згорання

Компоненти	Доля токсичного компонента в відпрацьованих газах ДВЗ			
	Бензинові двигуни		Дизелі	
	%	на 1000 л палива, кг	%	на 1000л палива, кг
CO	0,5-12,0	до 200	0,01-0,5	до 25
NO <sub>x</sub>	до 0,8	20	до 0,5	36
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	0,2 – 3,0	25	0,009-0,5	8
Бензопірен	-	до 10 мкг/м <sup>3</sup>	-	-
Альдегіди	до 0,2мг/л	-	0,001- 0,09мг/л	-
Сажа	до 0,04 г/м <sup>3</sup>	1	0,01-1,1г/м <sup>3</sup>	3

Шкідливі токсичні викиди розподіляються на регламентовані і не регламентовані. Вони діють на організм людини по-різному

CO (оксид вуглецю) - цей газ без кольору і запаху, легший за повітря. Утворюється на поверхні поршня і на стінці циліндра, в якому активація не відбувається внаслідок інтенсивного тепловідводу стінки, поганого розпилення палива та дисоціації CO<sub>2</sub> на CO і O при високих температурах.

Підп. і дата  
Інв. №дубл.  
Взаєм. інв. №  
Підп. і дата  
Інв. №подл.

Під час роботи дизельного двигуна концентрація СО незначна (0,1 ... 0,2%). У карбюраторних двигунів при роботі на холостому ході і малих навантаженнях вміст СО досягає 5 ... 8% через роботи на збагачених сумішах. СО - газ без кольору і запаху. Молекулярна маса його 28, тобто дещо менша від маси повітря. Тому він легко поширюється в атмосфері, проникає у житлові приміщення. Внаслідок попаданні в органи дихання проникає в кров і там накопичується. Гемоглобін крові у 240 разів швидше сполучається з оксидом вуглецю, ніж з киснем, утворюючи карбокси-гемоглобін, і втрачає здатність переносити кисень від легенів до окремих органів. В людини виникає спочатку головний біль, а потім втрата свідомості та смерть.

Від температури середовища, залежить і кількість викидів з відпрацьованих газів. Чим більше навантаження двигуна, тим вища температура в камері згорання, і відповідно збільшується викид оксидів азоту. Крім того, температура в зоні горіння (камера згорання) багато в чому залежить від складу суміші. Занадто збіднена або збагачена суміш при горінні виділяє меншу кількість теплоти, процес згорання сповільнюється і супроводжується великими втратами тепла в стінці, тобто, в таких умовах виділяється менша кількість  $\text{NO}_x$ , а викиди зростають, коли склад суміші близький до стехіометричного (1 кг палива до 15 кг повітря) [26].

Склад  $\text{NO}_x$  для дизельних двигунів залежить від кута випередження впорскування палива та періоду затримки запалення палива. Зі збільшенням кута випередження упорскування палива зростає період затримки займання, поліпшується однорідність паливо-повітряної суміші, більшу кількість палива випаровується, і при згоранні різко (у 3 рази) збільшується температура, тобто збільшується кількість  $\text{NO}_x$ .

Крім того, зі зменшенням кута випередження упорскування палива можна істотно знизити виділення оксидів азоту, але при цьому значно погіршуються показники потужності та економічні показники.

Підп. і дата
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС

Арк

10

Гідроге́ни ( $C_xH_y$ ) - етан, метан, бензол, ацетилен і інші токсичні речовини містять близько 200 різних гідроґенів.

$SO_2$  (оксид сірки) - утворюється під час роботи двигуна з палива, одержуваного з сірчистої нафти (особливо в дизелях); ці викиди подразнюють очі, органи дихання.

Альдегіди ( $R_xCHO$ ) - утворюються, коли паливо спалюється при низьких температурах або суміш дуже бідна, а також з-за окислення тонкого шару олії в стінці циліндра. При спалюванні палива при високих температурах ці альдегіди зникають

Дим - непрозорий газ. Дим може бути білим, синім, чорним. Білий і синій дим - це суміш краплі палива з мікроскопічною кількістю пари; утворюється із-за неповного згорання та подальшої конденсації. Колір залежить від стану відпрацьованих газів. До чинників, що визначають виникнення білого і синього диму, а також його запах у відпрацьованих газах, відносяться температура двигуна (білий дим утворюється, коли двигун знаходиться в холодному перебуванні, а потім зникає через нагрівання), метод утворення суміші, паливні характеристики (колір краплі залежить від температури її утворення: при збільшенні температури палива дим набуває синього кольору, тобто зменшується розмір краплі).

Сажа - являє собою безформне тіло без кристалічної решітки; в відпрацьованих газах дизельного двигуна сажа складається з невизначених частин з розмірами 0,3-100 мкм. Утворення сажі залежить від температури, тиску в камері згорання, типу палива, співвідношення: паливо-повітря. Вміст сажі в відхідних газах зменшується із збільшенням кута випередження упорскування палива, а при зменшенні кута випередження випорскування палива, виділення сажі помітно зростає [2].

Автомобільні викиди поширюються і трансформуються в атмосфері за певними закономірностям. Так, тверді частинки розміром більше 0,1 мм осідають на підстилаючих поверхнях в основному з-за дії гравітаційних сил.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС					Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	

Частинки, розмір яких менше 0,1 мм, а також газові домішки у вигляді CO, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> поширюються в атмосфері під впливом процесів дифузії. Вони вступають в процеси фізико-хімічної взаємодії між собою і з компонентами атмосфери, і їх дія виявляється на локальних територіях в межах певних регіонів. У цьому випадку розсіювання домішок в атмосфері є невід'ємною частиною процесу забруднення і залежить від багатьох факторів.

Ступінь забруднення атмосферного повітря викидами об'єктів автомобільно-транспортного комплексу залежить від можливості перенесення розглянутих забруднюючих речовин на значні відстані, рівня їх хімічної активності, метеорологічних умов поширення.

Компоненти шкідливих викидів з підвищеною реакційною здатністю, потрапляючи у вільну атмосферу, взаємодіють між собою і компонентами атмосферного повітря. При цьому розрізняють фізичні, хімічні і фотохімічні взаємодії.

Приклади фізичного реагування: конденсація парів кислот у вологому повітрі з утворенням аерозолі, зменшення розмірів крапель рідини в результаті випаровування в сухому теплому повітрі. Рідкі і тверді частинки можуть об'єднуватися, адсорбувати або розчиняти газоподібні речовини. Реакції синтезу та розпаду, окислення і відновлення здійснюються між газоподібними компонентами забруднюючих речовин і атмосферним повітрям.

Деякі процеси хімічних перетворень починаються безпосередньо з моменту надходження викидів в атмосферу, інші - при появі для цього сприятливих умов - необхідних реагентів, сонячного випромінювання, інших факторів [3].

Оксид вуглецю в атмосфері швидко дифундує і звичайно не створює високої концентрації. Вуглеводні в атмосфері піддаються різним перетворенням (окисленню, полімеризації), взаємодіють з іншими атмосферними забрудненнями, насамперед під дією сонячної радіації. У результаті цих реакцій утворюються перекиси, вільні радикали, сполуки з оксидами азоту і сірки.

Підп. і дата
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № подл.

					ТС	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		12

У атмосфері сірчистий газ ( $\text{SO}_2$ ) через деякий час окислюється до сірчистого ангідриду ( $\text{SO}_3$ ) або вступає у взаємодію з іншими сполуками, зокрема вуглеводнями. Окислення сірчистого ангідриду в сірчаній відбувається у вільній атмосфері при фотохімічних і каталітичних реакціях. В обох випадках кінцевим продуктом є аерозоль або розчин сірчаної кислоти в дощовій воді. В сухому повітрі окислення сірчистого газу відбувається вкрай повільно.

Сполуки азоту, що надходять в атмосферу, представлені в основному  $\text{NO}$  і  $\text{NO}_2$ . Монооксид азоту, що виділяється в атмосферу, під впливом сонячного світла інтенсивно окислюється атмосферним киснем до діоксиду азоту. Інші речовини ( $\text{SO}_2$ ), тверді частинки також можуть брати участь в утворенні смогу, але не є основними носіями високого рівня окислювальної активності, характерної для смогу.

Найпоширенішими причинами забруднення повітря від автотранспорту є:

- поганий стан технічного обслуговування автомобілів,
- низька якість застосовуваного палива,
- нерозвиненість системи управління транспортними потоками,
- низький відсоток використання екологічно чистих видів транспорту” [4].

Склад вихлопних газів автотранспорту, що потрапляє у повітря, залежить від типу двигуна, режиму роботи, технічного стану і якості палива.

Якість палива обумовлює склад відпрацьованих газів автотранспорту. Склад і властивості токсичних речовин, що надходять в атмосферу міста з вихлопними газами, істотно залежать не тільки від виду палива, але і від типу, моделі, технічних параметрів автомашин, в тому числі від ступеня їх зношеності[5].

Сьогодні на транспортних засобах намагаються використовувати велику кількість альтернативних видів пального (рисунок 1.1). Різні джерела енергії мають свої переваги і недоліки.

Першою альтернативою бензину є дизельне пальне (ДП), це – основний вид пального для дизельних двигунів. Основними перевагами ДП є збільшення

Підп. і дата
Інв. №дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. №подл.

коефіцієнта корисної дії двигуна за більш тривалого терміну експлуатації, порівняно з бензиновим. Недоліком залишається необхідність частішої та ретельної перевірки повітряного фільтра та точності кута випередження впорскування палива [6].

Наступним типом пального є пропан або зріджений нафтовий газ. Зріджений нафтовий газ – очищений і підготовлений нафтовий газ, переведений під впливом високого тиску в рідкий стан (переважно пропан і бутан) для полегшення зберігання та перевезення. Основною перевагою є фінансова вигода, використання такого джерела енергії вдвічі вигідніше від бензинового. Щодо недоліків, то їх небагато – втрата місткості багажного відділення внаслідок розташування газового балона та невелика кількість авто-газозаправних станцій у віддалених від міст районах [6].

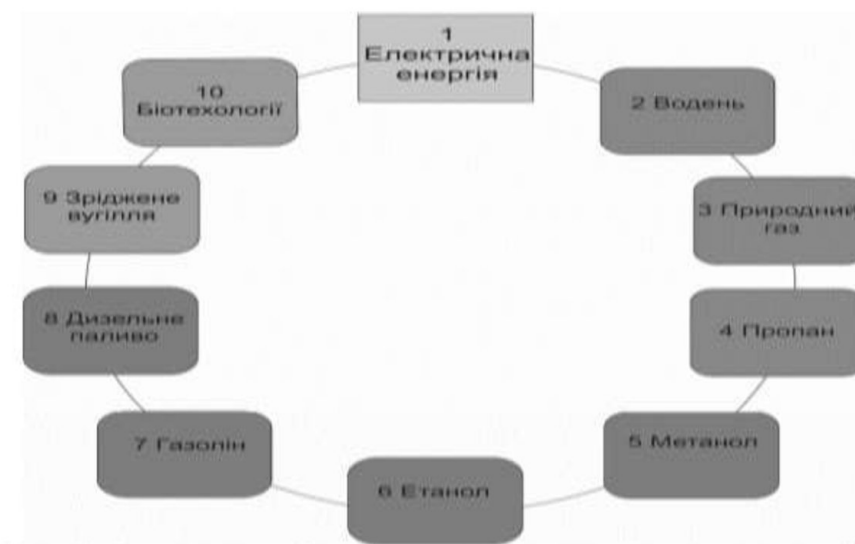


Рисунок 1.1- Альтернативні види пального автотранспортних засобів [16].

У водневому двигуні водень використовують як пальне. Двигун складається з двох основних частин – це паливний елемент, як первинний генератор енергії та електродвигун, який її використовує для зміни її типу. Перевагами водневого двигуна є те, що він удвічі ефективніший від звичайного двигуна, абсолютно безшумний і не виділяє шкідливих газів у навколишнє середовище. Проте найбільшою перевагою є дешевизна паливних елементів

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

водневого автомобіля. Однак у ньому існує один вагомий недолік, який відлякує багатьох автомобілістів, – небезпека вибуху установки за найменшої аварії [6].

Достатньої популярності, останнім часом, набули транспортні засоби з електрорушійною системою, що пояснюється їх перевагами в екологічному плані (рисунок 1.2).

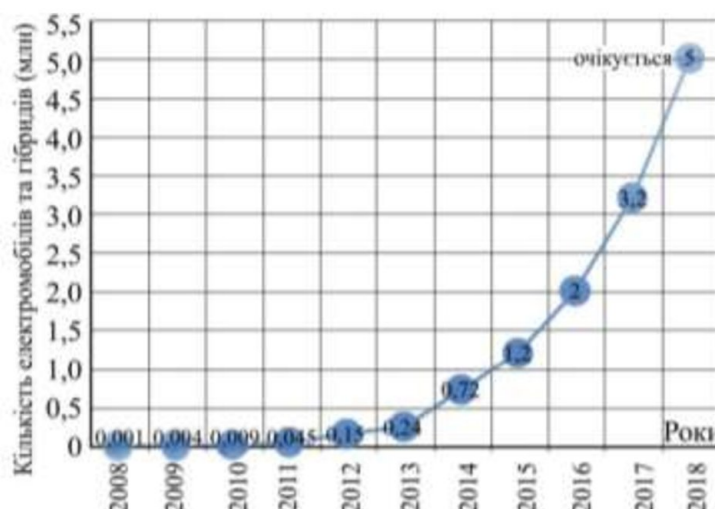


Рисунок 1.2 - Статистика продажів електромобілів та гібридів у світі [16]

Енергоустановки нетрадиційних автомобілів мають у своєму складі разом або замість двигуна внутрішнього згорання також і альтернативні джерела енергії. Зокрема, у гібридних автомобілях для поліпшення паливної економічності та зниження викидів шкідливих речовин використовуються спеціальні високовольтні акумуляторні батареї та тягові електричні двигуни, які повністю замінюють або частково доповнюють ДВЗ у різних швидкісних і навантажувальних режимах руху автомобіля [7].

Отже, гібридні автомобілі, які набувають популярності на сьогодні, можуть стати більш екологічно чистою, хоча і недешевою, заміною автомобілям з бензиновим або дизельним двигуном.

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

## РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ БЕНЗИНОВИХ ДВИГУНІВ

### 2.1 Двигуни внутрішнього згорання, їх переваги і недоліки

На автомобільному транспорті та інших видах дорожньо-транспортних засобів встановлюються, в основному, двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ) – двигуни, в яких хімічна енергія палива перетворюється в теплову, а теплова - в механічну, всередині циліндрів з рухомими поршнями або всередині спеціальних камер (газотурбінні та реактивні двигуни) [8].

В бензиновому двигуні під час процесу впуску в циліндри надходить суміш парів бензину з повітрям – горюча суміш, далі ця суміш змішується в циліндрі з залишковими газами і утворюється робоча суміш. Після згорання робочої суміші утворюються продукти згорання.

На автомобілях, як правило, застосовуються ДВЗ поршневого типу.

Основні їх переваги:

- економія палива;
- компактність;
- швидкість пуску та постійна готовність до дії.

Недоліки поршневих ДВЗ:

- несприятлива форма тягової характеристики ДТЗ, внаслідок чого їх необхідно агрегатувати з коробкою передач;
- нездатність до пуску під навантаженням;
- високі експлуатаційні вимоги до пального;
- великі затрати на виготовлення;
- забруднення атмосфери токсичними речовинами та шумність.

Інші типи ДВЗ не набули широкого розповсюдження на автомобілях [8].

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС

Арк

16



Режими роботи ДВЗ для автомобілів залежать від призначення автомобіля, умов його експлуатації та деяких інших факторів. В умовах великого міста, за даними численних досліджень, до 95% часу автомобіль працює на швидкостях і потужностях, які складають 35-50% від номінальних значень. Їх робота супроводжується частою і різкою зміною режимів та тривалою роботою в перехідних режимах. Лише на міжміських трасах до 90% часу автомобілі працюють в стабільних режимах роботи зі швидкостями і потужностями, близькими до номінальних.

Таким чином, для значної частини автомобільних двигунів у процесі експлуатації характерні: часті й різкі зміни режимів роботи; тривала робота на перехідних (неусталених) режимах; робота за малих навантажень і низьких частот обертання колінчастого вала (рисунок 2.1).

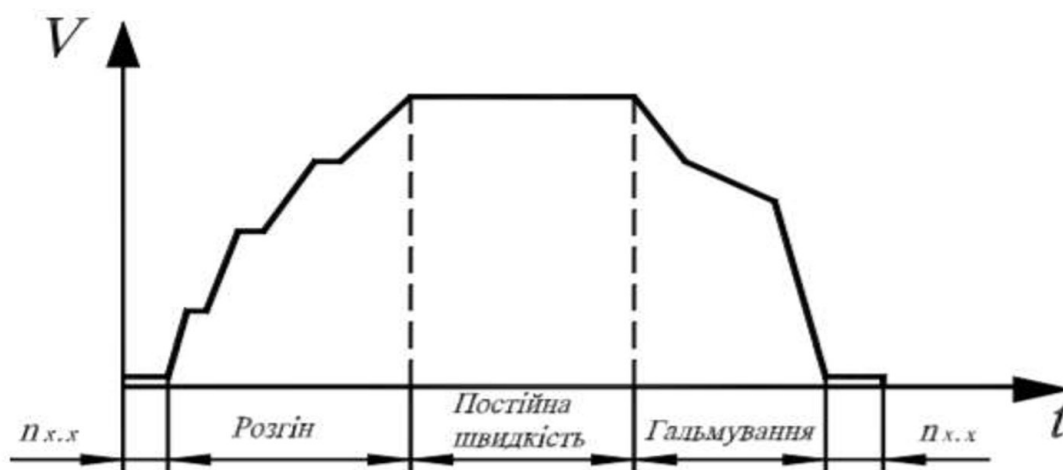


Рисунок 2.1 Приблизна схема руху автомобіля [9]

З цього витікає, що встановлення переважних режимів роботи автомобільних ДВЗ конкретного призначення є важливим при визначенні не тільки експлуатаційної питомої витрати палива, але і забезпечення необхідної екологічної чистоти і надійності роботи двигуна [9].

Підп. і дата
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

## 2.2. Основні напрямки зменшення шкідливих викидів від двигунів внутрішнього згорання

Існує декілька основних напрямків зменшення токсичності відпрацьованих газів:

1. Організація раціонального перевезення і руху: удосконалення доріг, вибір парку рухомого складу та його структури, оптимізація авто перевезень, раціональне керування автомобілів.

2. Удосконалення конструкції автомобіля та його двигуна, застосування нових видів палива.

3. Нейтралізація відпрацьованих газів [8,10].

З відомих способів нейтралізації найбільш поширеною зараз є каталітична нейтралізація відпрацьованих газів. Двосекційні нейтралізатори дозволяють одночасно зменшити викиди всіх основних шкідливих речовин. Для їх нейтралізації необхідно забезпечити перебіг як окислювальних реакцій - для окислення продуктів неповного згорання палива CO і C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> до продуктів повного згорання CO<sub>2</sub> і H<sub>2</sub>O, так і відновлювальних реакцій - для розкладання оксидів азоту NO<sub>x</sub> у вихідні речовини N<sub>2</sub> і O<sub>2</sub>. Для прискорення перебігу вказаних реакцій в нейтралізаторах застосовують каталізатори. Найбільш ефективними, але досить дорогими є каталізатори на основі платини і паладію. Для зменшення вартості застосовують три-металевий каталізатор: платина, паладій і родій у співвідношенні 1:16:1 або 1:28:1.

Стосовно удосконалення конструкції двигуна можна виділити такі заходи:

1) збільшення точності дозування палива відповідно до режимів роботи двигуна, що досягається застосуванням систем впорскування бензину з електронним керуванням;

2) покращення сумішоутворення. Є два шляхи вирішення цієї задачі: а) утворення однорідної суміші, яке досягається якісним перемішуванням свіжого заряду, зокрема гвинтовими впускними каналами, заслінками у впускному

Підп. і дата
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС

Арк

18

коллекторі;б) розшарування свіжого заряду, яке можна досягти в розділених і нерозділених камерах згоряння. Розділені камери згоряння застосовуються при форкамерно-факельному запалюванні, а нерозділені камери - при безпосередньому впорскуванні бензину;

3) забезпечення роботи бензинових двигунів на збіднених паливних сумішах, що можна досягти застосуванням електронної безконтактної системи запалювання з підвищеною енергією іскрового розряду, встановленням двох свічок запалювання або багато електродних свічок (кілька бокових електродів), та спеціальних (плазмових) свічок.

4) рециркуляція відпрацьованих газів: частина продуктів згоряння направляється назад в камеру згоряння для зменшення максимальної температури згоряння з метою зниження утворення оксидів азоту. Рециркуляція може здійснюватися одним із двох способів: а) внутрішньою рециркуляцією, яка забезпечується відповідним перекриттям клапанів; б) зовнішньою рециркуляцією з використанням керуючих клапанів;

5) удосконалення газорозподільного механізму: застосування змінних фаз газорозподілу бажане з точки зору пристосування процесу згоряння до умов роботи двигуна;

б) удосконалення конструкції камер згоряння: в першу чергу актуальне для дизелів, у яких форма камери згоряння (розділена або нерозділена) суттєво впливає на токсичність відпрацьованих газів;

7) удосконалення паливної апаратури дизелів: збільшення тиску впорскування до 100... 160 МПа сприяє кращому змішуванню палива і повітря, а отже зменшенню викидів сажі та оксидів азоту;

8) застосування альтернативних палив. Найменше викидають шкідливих речовин двигуни, які працюють на стиснутому природному газі та скрапленому нафтовому газі, який містить пропано-бутанові суміші (рис. 2.2).

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

						ТС	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			19

Переведення двигунів на живлення іншими альтернативними паливами потребує внесення змін у їх конструкцію. Тому більш перспективним є додавання до традиційних палив їх добавок.

Добавка етилового спирту в межах 10...15 % не погіршує енергетичні показники бензинового двигуна, при цьому викиди оксиду вуглецю зменшуються втричі, викиди оксидів азоту на часткових навантаженнях також зменшуються суттєво. Це обумовлено більш повним згорянням спирту завдяки наявності в його молекулі кисню.

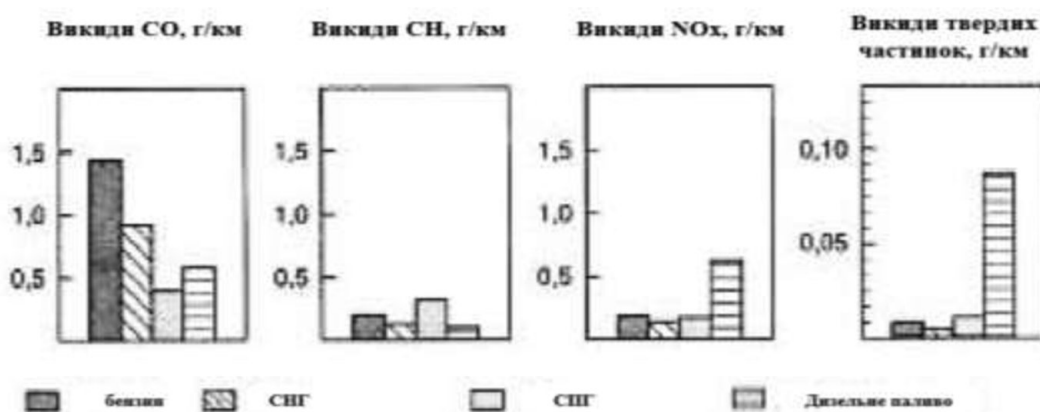


Рисунок 2.2 - Викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами двигунів, які працюють на бензині, скрапленому нафтовому газі (СНГ), стиснутому природному газі (СПГ) та дизпаливі [8]

Додавання до бензину водню зменшує викиди основних шкідливих речовин у декілька разів.

Додавання води підвищує детонаційну стійкість паливо-повітряної суміші, тому можливе підвищення ступеня стискання і, відповідно, покращення енергетичних та економічних показників двигунів. Спостерігається зменшення викидів оксидів азоту і оксиду вуглецю, що пояснюється зниженням температури в камерах згоряння і покращенням сумішоутворення.

Біо-дизельне паливо на основі ріпакової олії, яке отримують розведенням олії метанолом також має менші викиди вуглеводнів і сажі.

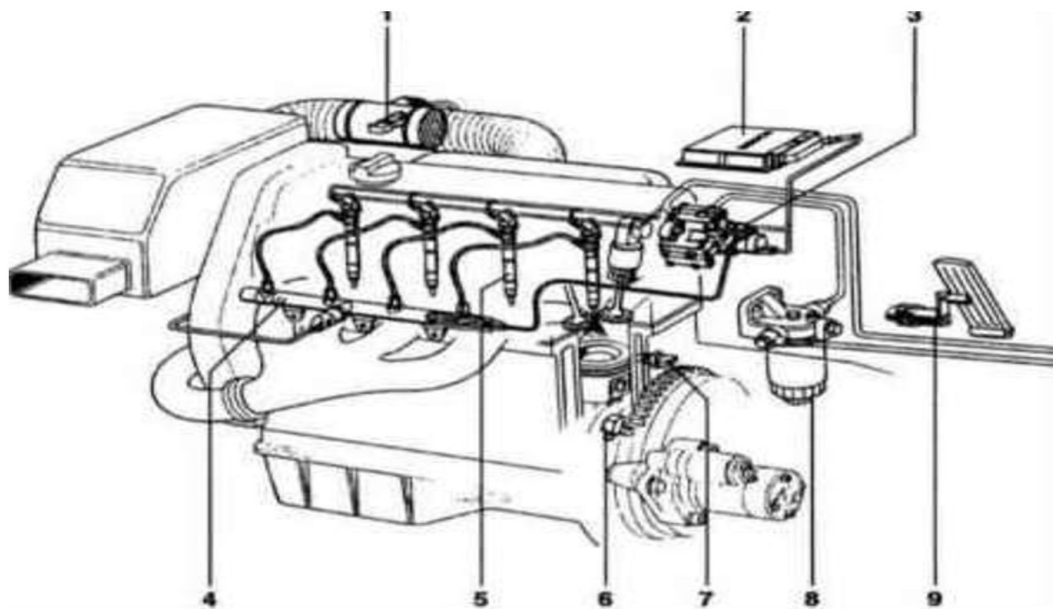
Підп. і дата
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № подл.

# РОЗДІЛ 3. ДВИГУНИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА ДИЗЕЛЬНОМУ ПАЛИВІ

## 3.1 Особливості дизельних двигунів

Система живлення дизеля складається з підсистеми живлення паливом і підсистеми живлення повітрям. Дизельне паливо і повітря поступають в камери згорання дизеля окремо і там утворюють горючу суміш, тому дизелі є двигунами із внутрішнім сумішоутворенням [8].

Дизель - двигун із якісним регулюванням потужності. В його циліндри під час його роботи поступає приблизно однакова кількість повітря, а потужність регулюється зміною кількості палива, що вприскується в циліндри.



1– вимірювач витрат палива; 2 – центральний блок керування ECU; 3– паливний насос високого тиску; 4 – акумулятор високого тиску; 5– форсунки; 6– датчик частоти обертів колінчатого вала; 7– датчик температури охолоджуючої рідини; 8– паливний фільтр; 9– датчик положення педалі подачі палива;

Рисунок 2.3 - Система живлення дизельного двигунапрямого вприскування палива (Bosch “CommonRail”)

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

Оснoву системи складає резервуар (акумулятор), який створює запас палива під тиском. Тиск впорскування не залежить від кількості палива, яке подається і частоти обертання вала двигуна. Кількість вприскуємого палива визначається водієм, а тиск впорскування розраховується блоком керування (ECU) на основі інформації від різноманітних датчиків. ECU в точно встановлений момент передає сигнал збудження до соленоїда форсунки, що є командою на початок подачі палива. Кількість вприскуємого палива визначається періодом відкриття розпилювача та тиском у системі. Основне завдання системи живлення-забезпечення впорскування необхідної кількості палива в строго визначений момент та під необхідним тиском, що забезпечує оптимальну економічну роботу дизеля.

Особливістю дизелів є те, що вони на всіх режимах працюють на бідних сумішах, чим пояснюється те, що дизелі в середньому на 30 % економічно вигідні, ніж бензинові двигуни [8].

### 3.2 Шляхи поліпшення екологічних показників дизелів

За економічністю і надійністю роботи дизелі успішно конкурують з карбюраторними двигунами, але дизельні палива спричинюють масштабні забруднення навколишнього середовища, тому, підвищення екологічної якості дизельного палива (ДП) є актуальним. З продуктами згоряння ДП щороку викидається до 500 тис. т. сірчаного ангідриду, близько 1,5 млн. т. вуглеводнів та 1–1,5 млн. т. твердих часточок, основна маса яких припадає на сажу [11].

Споживання екологічно чистого ДП в окремих країнах світу (у відсотках від загальної потреби) складає: Великобританія — 8; Австрія — 30; Німеччина — 20; Скандинавські країни — 65; Італія — 3; США — 35; Росія — близько 70 млн. т/рік

Вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах (ВГ) дизеля визначається специфікою організації робочого циклу цього типу двигунів. Так, у ВГ дизеля (і

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

							ТС	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат				22

особливо біо-дизельних паливних композицій) дуже мало газоподібних продуктів неповного згоряння (оксиду вуглецю та вуглеводнів, що не згоріли), що обумовлено, головним чином, роботою з великими коефіцієнтами надлишку повітря.

Натомість дизель має суттєвий рівень емісії оксидів азоту, величина якого не дуже відрізняється від аналогічного показника роботи бензинового двигуна, та сірчаних сполук. Сірчані сполуки згорають у дизельних двигунах в основному до діоксиду сірки та частково до триоксиду (1–2 %). Безперечно, ці речовини здатні викликати корозію металів, руйнування металоконструкцій та доріг, а також кислотні дощі, тощо [12].

Радикальною відзнакою дизеля від інших типів двигунів є підвищена димність відпрацьованих газів або вміст твердих частинок (насамперед сажі). Екологічна небезпека сажі збільшується за рахунок адсорбції на її поверхні поліциклічних ароматичних вуглеводів, у тому числі висококанцерогенних бензопірену та нітро-амінів [14].

Отже, екологічність дизеля визначається в основному вмістом у його відпрацьованих газах оксидів азоту та твердих частинок (димністю).

Можливі шляхи зниження утворення оксидів азоту (NO<sub>x</sub>): перед- та пост-полум’яні впливи.

Перед-полум’яний шлях стосується заходів, що вживаються до початку процесу в камері згоряння, пост-полум’яний – впливає на сформовані у продуктах згоряння шкідливі речовини.

Зниження кількості утвореного NO<sub>x</sub> за перед-полум’яним шляхом може досягатись модифікацією процесу згоряння, яка може бути спрямована:

- на зменшення пікової температури в камері згоряння наступними шляхами: формуванням збіднених сумішей; організацією низькотемпературного згоряння (LTC)); охолодженням повітряного заряду циліндра; впорскуванням води в зону згоряння; зволоженням повітряного заряду водяною парою;

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

						ТС	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			23

рециркуляцією ВГ та додатковим їх охолодженням; використанням водно-паливних емульсій; використанням паливних присадок, інертних газів, водню.

– скорочення часу перебування горючої суміші в зоні пікової температури за рахунок збільшення тиску в системі впорскування палива; обиранням моменту початку впорскування палива ближче до ВМТ та його тривалістю; багатостадійним впорскуванням палива; зміною фаз газорозподілу; оптимізацією конструкції інжектора.

Також змінити рівень утворення  $\text{NO}_x$  можна за рахунок варіювання ступеня стиску, геометрії камери згоряння, заміною частини вуглеводневого палива воднем або синтез-газом та застосуванням автоматичного регулювання параметрів двигуна.

Пост-полум'яний вплив на продукти згоряння дизеля каталітичними та хімічними методами являє собою галузь, що межує з дослідженнями процесів у ДВЗ. [13]

До основних експлуатаційних показників дизельного палива належать: цетанове число, що визначає високі показники потужності та економічні показники роботи двигуна; фракційний склад, що визначає повноту згорання, димність і токсичність відпрацьованих газів двигуна; в'язкість і щільність, що забезпечують нормальну подачу палива, розпилювання в камері згоряння і працездатність системи фільтрування; низькотемпературні властивості визначають функціонування системи живлення при негативних температурах навколишнього середовища і умови зберігання палива; наявність сірчистих з'єднань, ароматичних вуглеводнів і металів - характеризує нагаро-утворення, корозію і зношення.

Існує тенденція для всіх типів двигунів: чим більший загальний вміст ароматичних вуглеводів, тим більше у вихлопі пірену та бензопірену. Вторинними характеристиками вмісту АВ також є наступні показники: густина, цетанове число, в'язкість. Зокрема збільшення густини палива з 800 до 860–870  $\text{kg/m}^3$  призводить до збільшення вмісту АВ з 15 до 27 %, тобто приблизно в 5

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	





Європейська класифікація на дизельне паливо EN 590

Показник	2005 рік	2015 рік	2025 рік
Цетанове число	45	49	53
Густина (15 °С), г л.	—	820–860	<845
Фракційний склад (95 % об.), °С	—	370	340
Тк. к., °С	—	—	350
Поліароматичні сполуки, %	—	—	2
Вміст сірки, %	0,2	0,05	0,003–0,005
Здатність до змащення	—	460**	—
Захист від корозії	—	—	вводиться
Миюча здатність	—	—	вводиться

**Примітка:** \* — Європейський парламент погодив специфікацію до 2025 року; \*\* — діє до 2025 року

Рисунок 3.1- Європейська класифікація на дизельне паливо EN 590 [15]

Європейський стандарт EN 590 діє в країнах Європейського економічного співтовариства з 1996 р. і передбачає випуск дизельних палив для різних кліматичних регіонів. Спільними для дизельних палив є вимоги по температурі спалаху - не нижче 55 ° С, коксівність 10%-ного залишку - не більше 0,30%, зольності - не більше 0,01%, вміст води - не більше 200 ppm, механічних домішок - не більше 24 ppm, корозії мідної пластинки - клас 1, стійкості до окислення - не більше 25 г осада/м3[15].

Таким чином, найбільш важливою задачею у виробництві палив є не лише задоволення зростаючого попиту, але й дотримання жорстких вимог екологічних властивостей палив.

Найбільш ефективним способом зниження вмісту сірки у дизельному пальному є процес гідроочищення та де-ароматизації, і ці технології можливо вважати пріоритетними для країн з розвинутою нафтопереробною промисловістю. Паралельно необхідно застосовувати і анти-димні присадки[14].

У всіх країнах приймаються урядові постанови, які більш жорстко регламентують якість моторних палив, особливо дизельних, за вмістом сірки,

Підп. і дата
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

азоту, ароматичних вуглеводнів. Деякі діючі норми та екологічно чисті дизельні палива (ЕЧДП) наведені в таблиці (рисунок 3.2).

Показник	США з 1993 року		Швеція			ЕЕС*	Японія з 1997 року
	Закон про чисте повітря	Штат Каліфорнія	I-кл.	II-кл.	III-кл.		
Густина, г/см <sup>3</sup>	830-860	830-860	800-820	800-820	800-830	—	—
Уміст сірки, мгл <sup>-1</sup> , не більше	500	500	10	50	500	500	500
Уміст азоту, мгл <sup>-1</sup> , не більше	—	10	—	—	—	—	—
Уміст ароматичних вуглеводнів, % об. не більше	35	10	5	10	25	—	—
Цетановий індекс, не менше	40	48 (ЦЧ)	50	47	47	—	—
Температура, °С:							
н. к.	171	170-215	180	180	180	—	—
к. к.	349	305-350	300	310	330	—	—

Примітка: \* — в країнах ЕЕС 25 % ЕЧДП випускають з 1995 року, повний перехід — в 1996 році

Рисунок 3.2 - Показники якості екологічно чистих дизельних палив [15]

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	TC	Арк
						27
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		



аксіома, було винесено припущення, що електромобіль абсолютно чистий транспортний засіб, як тролейбус без дротів. Проте станції їх обслуговування самі по собі можуть стати джерелами забруднення довкілля. Перехід на електромобілі зменшить забруднення довкілля автомобілями, але збільшиться споживання й забруднення довкілля електростанціями.

Серйозною вадою електромобілів є можливе забруднення довкілля важкими металами. На більшості електромобілів встановлено свинцево-кислотні акумуляторні батареї. Виробництво, експлуатація, утилізація таких батарей неминуче збільшує забруднення довкілля свинцем. Акумулятори з використанням нікелю ще більше токсичні.

Усупереч думці про високу економічність акумуляторних електромобілів, аналіз показує, що хімічна енергія палива, спалюваного на електростанціях, використовується для руху транспортних засобів всього на 15% і менше. Це наслідок втрат електроенергії у лініях електропередачі, трансформаторах, перетворювачах, зарядних пристроях для акумуляторів та тілах акумуляторів, електромашин, як в тяговому, і у генераторному режимах, а також в гальмах при неможливості рекуперації енергії. В той час, як дизельний двигун в оптимальному режимі роботи перетворює в механічну енергію близько 40% хімічної енергії палива.

Електромобілі коштують значно дорожче аналогічних моделей з двигунами внутрішнього згорання. Також серйозний недолік електромобілів — малий пробіг до перезарядження акумуляторної батареї: 80-160 км — залежно від швидкості.

Таким чином, виходить що на сьогодні експлуатація електромобілів є економічно невиправданою, вони використовуються більше з політичних, ніж екологічних міркувань.

#### 4.2 Особливості роботи гібридних автомобілів

Гібридні електромобілі з ДВЗ іноді називають бензо-електро-мобілями. Гібридні електромобілі мають двигун внутрішнього згорання, тяговий

Підп. і дата
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № подл.

						ТС	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			29

електродвигун і акумуляторну батарею. У гібридних електромобілях недолік електромобілів - малий пробіг до перезарядження батареї - долається з допомогою використання двох джерел енергії: електродвигуна з акумулятором і двигуна внутрішнього згорання.

Гібридний автомобіль (HEV – Hybrid electric vehicle) схожий на звичайне авто, але його привід складається з двигуна внутрішнього згорання і вбудованого електродвигуна, який забезпечує певну частку потужності (рисунок 4.2).

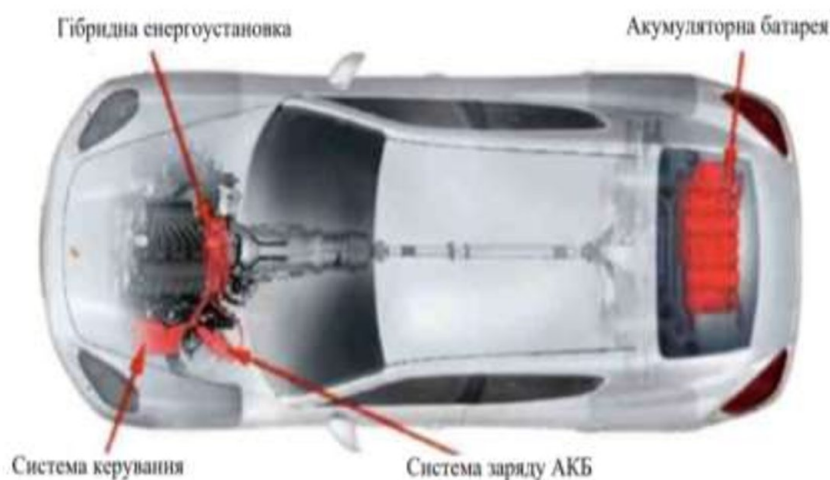


Рисунок 4.2 – схема автомобіля з гібридною енергоустановкою [17]

Електродвигун живиться від вбудованої батареї, яка заряджається у процесі роботи паливного мотора і рекуперативним гальмуванням. Таким чином отримується більша ефективність, при зменшенні шкідливого впливу на довкілля

Під час руху по замиському шосе, коли забруднення атмосфери менш критично, працює ДВЗ, рухає електромобіль і під заряджає акумуляторну батарею. У місті рух здійснюється від тягової акумуляторної батареї. У вночі тягові акумулятори можуть під заряджатися від електричної мережі.

Силова установка гібрида складається з:

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

						ТС	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			30



недоліки у вартості, часі зарядки, критичній температурі нагрівання, системі охолодження та інших характеристик [16].

Таблиця 4.1- Переваги та недоліки основних типів батарей електромобілів та гібридів

Тип батареї	Переваги	Недоліки
Свинцево-кислотна (PbSO <sub>4</sub> )	низька початкова вартість	короткий життєвий цикл; низька щільність енергії
Нікель-метал-гідридна (NiMH)	висока та середня щільність енергії; використання безпечних матеріалів; стабільна вихідна потужність	висока початкова вартість; швидко само розряджається; погано працює за низьких температур; високі вимоги до охолодження
Літійово-іонна (Li-ion)	висока щільність енергії; низька швидкість само розрядки добре працює за низьких температур	висока початкова вартість; відсутність довговічних експлуатаційних характеристик

Відомі паралельні, послідовні і змішані схеми гібридних силових установок (рисунок 4.3, 4.4, 4.5).

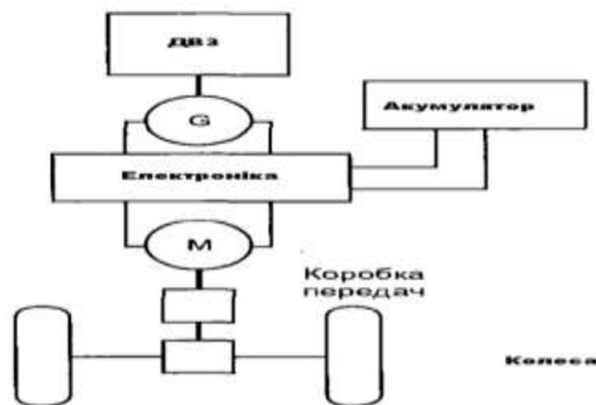


Рисунок 4.3 - Послідовна схема силових установок гібридного електромобіля [17]

ДВЗ (рисунок 4.3) спричиняє дію на генератор G, який заряджає акумуляторну батарею і дає енергію тяговому електродвигуну M, обертаючому колеса. Привід електродвигуна спрощує коробку перемикачів передач. Недолік

Підп. і дата
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № подл.



такої схеми: і ДВЗ, і тяговий електродвигун розраховують з максимальної потужності, ККД системи низький.



Рисунок 4.4 - Паралельна схема силової установки гібридного електромобіля [17]

У паралельній структурі (рисунок 4.4), ДВЗ і тяговий електродвигун під'єднані до механічної коробки перемикачів передач. Електричний привід складається з оборотного електродвигуна G/M, електронного управління і акумуляторної батареї.

На шосе ДВЗ рухає електромобіль і крізь мотор-генератор заряджає акумуляторну батарею. У місті працює електродвигун. Під час підйому та при інших умовах, коли потрібно максимум потужності, обидва двигуна працюють паралельно, їх потужності сумуються. Ця структура забезпечує менше значення, невисоку вартість, більший ККД проти акумуляторних електромобілів [17].

При побудові автомобіля з високим рівнем екологічної безпеки однією з найбільш ефективних схем трансмісії гібридних енергоустановок є послідовно-паралельна схема, оскільки початок руху і рух на невисоких швидкостях здійснюється або виключно на електричній тязі, або комбіновано за допомогою ДВЗ та електродвигуна, що істотно підвищує екологічну безпеку автомобіля, особливо в міському циклі руху (рисунок 4.5) [16].

Підп. і дата
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № подл.

Вип.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат.



Рисунок 4.5 - Структурна схема послідовно-паралельної гібридної енергоустановки автомобіля [17]

Наприклад, модель Toyota Prius є першим серійним гібридним електромобілем. З 1997 роки їх частка лише у Японії більш 37000 штук. Це п'ятимістний седан вартістю близько 20 000 доларів. Електромобіль має 1,5-літровий бензиновий двигун потужністю 53 кВт (70 л. з.) при 4500 об./хв, безколекторний електродвигун постійного струму потужністю 33 кВт при 1040...5600 об./хв, тягову батарею з нікель-метал-гідридних акумуляторів з номінальним напругою 274 В.

Система керування гібридної силової установки (рисунок 4.6) забезпечує рух електромобіля із швидкістю в оптимальному режимі. При цьому працюють чи бензиновий двигун чи електродвигун окремо, чи його комбінація з різними частками за проектною потужністю. Для водія і пасажирів переключення режимів відбувається практично непомітно.

Змішана структура, реалізована на Toyota Prius, комбінує гідності паралельної та послідовної схем. Бензиновий двигун через коробку перемикачів передає крутний момент до дії колеса і генератора. Напруга з генератора після перетворення на інверторі надходить для заряду акумуляторної батареї або для роботи електродвигуна.

Використовуючи електромотор як допоміжний, розробники отримали можливість відмовитися від ненажерливого і потужного двигуна внутрішнього

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

згоряння. Двигок меншої потужності виробляє менше енергії і споживає менше кількість пального, сприяючи економії пального. У метушливому і тісному місті при русі на швидкості до 30 км / год Prius перетворюється на електромобіль. Бензиновий агрегат включається лише у разі сильного навантаження - під час обгону, активного набору швидкості або русі по швидкісній магістралі. Зрозуміло, коли запас енергії в акумуляторах низький, бензиновий двигун не вимикається і заряджає їх.

Щоб організувати злагоджену роботу всіх елементів гібридної системи, машину комплектують бортовим комп'ютером, який стежить за всіма параметрами, включаючи і гальмуванням.

Спеціальна коробка перемикання передач підсумовує і розподіляє енергію між бензиновим двигуном, електродвигуном, генератором. При гальмуванні енергія рекуперується, за необхідності різкого гальмування використовують і звичайні гідравлічні гальма. Є й анти блокувальна гальмівна система.

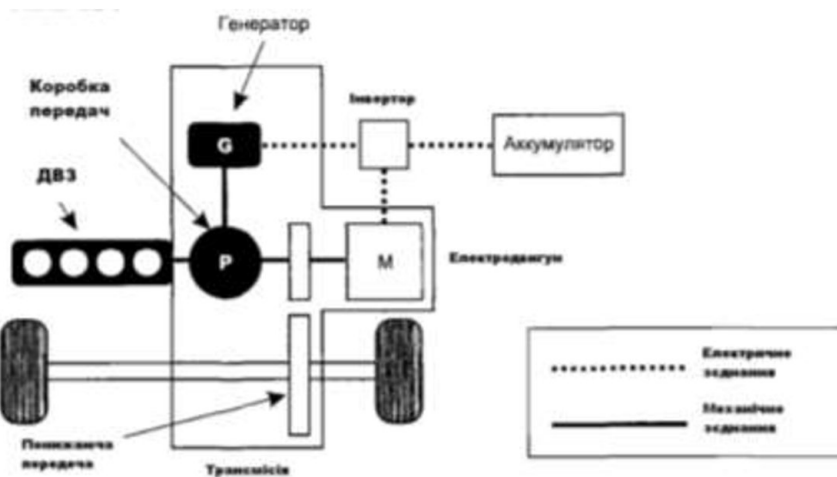


Рисунок 4.6 – Блок схема гібридної силової установки електромобіля Toyota Prius [17]

Гібридний автомобіль, не маючи спеціальної конструкції як, наприклад, «Toyota Prius», забезпечить економію у середньому 25% палива за умов руху в європейському міському циклі.

При умові, що середньорічний пробіг авто становить 20000 км при ціні бензину 28 грн/л і витратах палива базового автомобіля 10 л/100 км,

Підп. і дата
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № подл.

					ТС	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		35

середньорічні витрати на паливо становитимуть:  $28 \text{ грн} \times 20000 \text{ км} \times 0,1 \text{ л/км} = 56000 \text{ грн}$ . Тоді, можлива щорічна економія палива становитиме:  $56000 \text{ грн} \times 0,25 = 14\,000 \text{ грн}$ .

#### 4.3 Екологічний аспект використання гібридних установок

Електродвигун гібрида може керувати автомобілем на низьких швидкостях, тому гібрид – зазвичай це транспортний засіб з нульовим рівнем шкідливих викидів у режимі міського водіння.

Якщо вважати, що показник викиду діоксиду вуглецю залежить не стільки від конструкції гібридного приводу, скільки від витрати палива, то викиди  $\text{CO}_2$  зменшаться що найменше на 25%.

Забруднення навколишнього середовища шкідливими викидами від гібридних електромобілів відносно звичайних автомобілів значно зменшене (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2 – Показник витрати палива та викидів шкідливих речовин

Базовий варіант автомобіля		Гібридний варіант		Ефективність впровадження, в %
Витрата палива за один елементарний європейський міський цикл, г				
162,4		116,9		28
Викиди шкідливих речовин, г				
CO	0,283	0,134	47	
CH	0,1919	0,0913	48	
NOx	4,041	1,924	48	

(Порівняння проведено по усередненим значенням викидів діоксиду вуглецю для чотирьох автомобілів: Honda Civic Hybrid – 109 г/км; Toyota Prius – 104 г/км; Citroen C4 Hybrid – 90 г/км; Honda Insight – 80 г/км)[18]

За один елементарний міський цикл акумулятор втрачає близько 1% своєї енергії. При умові, що акумулятор не можна розряджати більше ніж на 50% його ємності для забезпечення довговічності і незмінності експлуатаційних властивостей, автомобіль з повністю зарядженим акумулятором потенційно

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

						ТС	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			36



Таким чином, практичне застосування гібридної технології вдосконалення енергетичних установок транспортних засобів є ефективним заходом для підвищення їх екологічної безпеки.

Згідно літературним даним, показників паливної економічності та викидів шкідливих речовин традиційного і гібридного автомобіля при їх русі у режимах їздового циклу показують, що витрата палива гібридного автомобіля менше на 28%, а викиди нормованих шкідливих речовин на 47-48 %.

Отже використовуючи у автомобілях гібридних технологій дозволить зменшити навантаження на НС і зменшити рівень забруднення атмосферного повітря.

#### 4.4 Економічний аспект використання гібридних установок

Застосування гібридної установки в автомобілі дозволяє зменшити в 10 разів викиди шкідливих речовин в атмосферу, зменшити кількість споживаного палива, поліпшити динамічні показники. Досягається це завдяки тому, що на несприятливих режимах руху (початок руху, рух з навантаженням, їзда з невеликою швидкістю, розгін з максимальним прискоренням), коли токсичність вихлопу максимальна, у роботу включається електродвигун.

Коли машина зупиняється, двигун автоматично заглушається, що особливо важливо у великих мегаполісах при простої в пробках.

В якості палива можна використовувати і природний газ, метан. Такий автомобіль привабливий тим, що його силова установка не відрізняється складною конструкцією, а являє собою простий двигун, в камеру згорання якого замість бензинового палива подається суміш газу та повітря. У результаті робота такого мотора на 25% екологічна, ніж функціонування ДВС, при цьому, якщо заправляти такий автомобіль біогазом, то вміст CO<sub>2</sub> у вихлопі автомобіля буде нульовим.

Отже, економічні переваги гібридного автомобіля:

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

						ТС	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			38

- Гібридні автомобілі більш економічні, тобто витрачають на 20 – 25% менше палива, ніж традиційні машини.
- Гібридні автомобілі завдають менше шкоди навколишньому середовищу. Скорочення викидів вуглекислого газу та інших шкідливих вихлопів в атмосферу відбувається за рахунок більш раціональної витрати палива або повної зупинки споживання бензину двигуном за певних умов руху.
- Гібридний автомобіль може довше обходитися без заправки, тобто володіє більшою дальністю пробігу.
- У «гібридів» збережені всі необхідні базові характеристики традиційних автомобілів: потужність, можливість швидко набирати швидкість тощо
- Електричні батареї гібридного двигуна позбавлені недоліків тих же батарей у електромобіля. Вони можуть під заряджатися від бензинового двигуна. Крім того, батареї «гібрида» важать істотно менше, чим електромобілів.
- Двигун гібридного автомобіля постійно працює в оптимальному режимі.
- Вважається, що в міському режимі експлуатації машини, велику частину часу «гібрид» працює як електромобіль.
- У гібридних автомобілів існує можливість рухатися тільки на електродвигунах.
- Мотор гібридних машин працює безшумно, якщо машина стоїть на місці. Такий ефект досягається завдяки роботі електродвигуна.
- Заправка гібридного автомобіля здійснюється за стандартною схемою, тобто вуглеводневим паливом.

Максимальна потужність гібридної установки становить 153 к.с., що дозволяє автомобілю досягати максимальної швидкості рівною 175 км/год. Залежно від режиму руху, KIA Ray приводиться в рух бензиновим або електричним двигуном, а при зростанні навантаження обидва агрегату

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

						ТС	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			39

працюють одночасно. У багажнику автомобіля знаходяться акумулятор, охолоджуюча система, а також зарядний блок і модуль підключення до електромережі. Автомобіль оснащений електродвигуном потужністю 109 к.с. с максимальним обертовим моментом рівним 280 Нм. Зарядка мотора здійснюється від здвоєною акумуляторної батареї. У режимі швидкої зарядки за 20 хвилин акумулятор заряджається на 80%. У звичайному режимі повна зарядка займає 8 годин. На одному заряджанні концепт здатний проїхати до 180 км [20].

#### 4.5 Характеристика переваг та недоліків гібридних установок

##### 4.5.1 Переваги гібридного автомобіля

###### 1. Економна експлуатація.

Економна експлуатація - головна перевага гібридів. Щоб досягти її, необхідно було шукати баланс, тобто врівноважити всі технічні показники машини, але при цьому зберегти всі корисні параметри звичайного автомобіля: його потужність, швидкість, здатність до швидкого розгону, і безліч інших, дуже важливих характеристик, закладених в сучасних автомобілях. Мало того, здатність накопичувати енергію, у тому числі, і не втрачати даремно кінетичну енергію руху під час гальмування, а заряджати акумуляторні батареї, крім основних явних переваг, додало автомобілю ще й менший знос гальмівних колодок.

Економію було досягнуто: зниженням обсягу та потужності двигуна; роботою двигуна в оптимальному і рівномірному режимі, у значно меншій залежності від умов їзди; можливістю рухатися тільки на електродвигунах; рекуперативним гальмуванням із заряджанням акумулятора.

Вся ця система дуже складна, і її реалізація стала можлива повною мірою тільки в сучасних умовах із застосуванням досить складних алгоритмів роботи

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

						ТС	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			40





Час - найцінніший ресурс. Виняток половини заїздів на заправні станції, і навіть більшої кількості таких заїздів, при їзді по місту, вивільняє в автовласника деяку кількість часу для інших великих і важливих справ.

#### 5. Збереження та повторне використання енергії.

Усунутий головний недолік двигуна на вуглецевому паливі - неможливість повернення енергії назад у вуглецеве паливо. Інженери з транспорту давно намагалися зберегти енергію руху при гальмуванні, щоб її повторно використовувати. Наприклад, застосовувалися спеціальні конструкції з великим маховиком. Але тільки електричну енергію вдається зберегти з самими мінімальними втратами і максимально дешево. В якості накопичувача застосовуються як акумулятори, так і спеціальні конденсатори.

#### 6. Звичайна заправка паливом.

У електромобілів поки є один великий недолік - необхідність зарядки акумулятора. Процес довгий, і вимагає деякого спеціально обладнаного пункту зарядки. Таким чином він стає непридатним для тривалих і далеких поїздок, хоча вже розроблені технології, що дозволяють заряджати літій-іонні акумулятори з електродами з нано-матеріалів до 80% ємності за 5 – 15 хвилин.

У гібридного автомобіля цей недолік усунуто. Заправка здійснюється за звичною схемою, звичайним вуглецевим паливом, тоді, коли це необхідно, і подальший рух можна негайно продовжити. У міському циклі експлуатації гібридний автомобіль 80% часу працює в режимі електромобіля. В автомобілях передбачено режим електромобіля на швидкостях менше 50 км/ч. Водій може за бажанням включати режим електромобіля [21].

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

						ТС	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			42

#### 4.5.2 Недоліки гібридного автомобіля:

1. Акумуляторні батареї «гібридів» мають обмежений термін служби, схильні до само розряджання, можуть не витримувати великого перепаду температур.

2. Існує проблема утилізації акумуляторів гібридних автомобілів. Їх вплив на навколишнє середовище поки недостатньо вивчений.

3. Через складність пристрою двигуна покупка гібридних автомобілів і їх ремонт обходиться набагато дорожче, ніж придбання і лагодження машини з класичним двигуном.

4. Гібридні автомобілі досить складні в пристрої. Для їх лагодження потрібна допомога професіонала, яку не скрізь можна отримати.

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	ТС	Арк
						43
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		

## РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У комплексі заходів спрямованих на вдосконалювання умов праці, важливим моментом є заходи щодо охорони праці. Цьому питанню приділяється все більша увага, бо турбота про здоров'я людини стала не тільки справою державної важливості, але й елементом конкуренції роботодавців у питанні залучення кадрів.

Для успішного втілення вжиття всіх заходів щодо охорони праці необхідні знання в області фізіології праці, які дозволяють правильно організувати процес трудової діяльності людини.

Небезпечним називається виробничий фактор, вплив якого на працюючого людину в певних умовах приведе до травми або іншому раптовому різкому погіршенню здоров'я. Якщо ж виробничий фактор приводить тільки лише до захворювання або зниження працездатності, то його вважають шкідливим. Залежно від рівня й тривалості впливу шкідливий виробничий фактор може стати небезпечним. Небезпечні й шкідливі виробничі фактори підрозділяються на чотири групи: фізичні, хімічні, біологічні й психофізичні.

Науково-технічний прогрес останніх десятиліть найбільше яскраво виявився в проникненні комп'ютерів у багато сфер життєдіяльності людини. Однак, суттєво полегшивши йому життя, підвищивши продуктивність праці, комп'ютер перетворився в одну з основних проблем для здоров'я [22].

При роботі на персональних комп'ютерах мають місце наступні небезпечні й шкідливі виробничі фактори:

- фізичні: наявність шуму й вібрації; м'яке рентгенівське випромінювання; електромагнітне випромінювання; ультрафіолетове й інфрачервоне випромінювання; підвищене значення напруги в електричній мережі;

Підп. і дата
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № подл.

					ТС	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		44



портативні системи обробки даних, якщо вони мінливо використовуються на робочім місці); обчислювальні машини, що реєструють каси й прилади з невеликими пристосуваннями індикації даних або результатів виміру; друкарські машини класичної конструкції, обладнані відео-терміналом (так звані дисплейні друкарські машини); комп'ютерні ігрові автомати й системи обробки даних, призначені для суспільного користування [23].

Згідно Правил охорони праці при експлуатації електронно-обчислювальних машин, будинку й приміщення, у яких експлуатуються ЕОМ і виконуються їхнє обслуговування, налагодження й ремонт, повинні відповідати вимогам:

- Сніп 2.09.02-85 “Виробничі будинки”,
- Сніп 2.09.04-87 “Адміністративні й побутові будинки”,
- “Правил пристрою електро установок”, затверджених Главгосэнергонадзором СРСР в 1984 р. (ПУЭ),
- “Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів”, затверджених Главгосэнергонадзором СРСР 21.12.84 (ПТЭ),
- Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів,
- затверджених наказом Госнадзорохрантруда 09.01.98 №4, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 10.02.98 під № 93/2533 (ПБЭ),
- Сніп 2.01.02-85 “Протипожежні норми”,
- Дст 12.1.004 “ССБТ. Пожежна безпека. Загальні вимоги безпеки”,
- Правил пожежної безпеки в Україні, затверджених наказом Керування
- Державної пожежної охорони МВС України від 14.06.95 г. №400, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 14.07.95 г. під № 219/755,
- Сніп 2.08.02-89 “Суспільні будинки й спорудження”, з доповненнями, затвердженими наказом Госкомградостроения України від 29.12.94 № 106,
- СН 512-78 “ Інструкція із проектування будинків і приміщень для електронно-обчислювальних машин”, затверджених Госстроем СРСР,

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

						ТС	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			46

– ГСАНПН 3.3.2-007-98 “Державні санітарні правила й норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин”, затверджених МЗ України 10.12.98, а також вимогам нормативно-технічної й експлуатаційної документації заводу-виробника ЕОМ, що діють санітарних норм і правил, правил у сфері охорони праці й даних Правил.

Монітор, робота якого заснована на використанні електронно-променевої трубки, являє собою джерело досить інтенсивного випромінювання у вигляді змінних електричних і магнітних полів із частотою від 50 Гц. Вплив змінних електричних і магнітних полів такої частоти веде до виникнення ішемії й пухлини мозку. Екран монітора також є джерелом слабого рентгенівського випромінювання, яке виникає в результаті гальмування електронів про екран.

Тривалий вплив даного фактора на організм людини приводить до виникнення різних захворювань. Постійне опромінення зарядженими частками від монітора викликає роздратування шкірних покривів у людей з підвищеною чутливістю епідерміса. До дисплеїв пред’являються вимоги по технічній обслуговуванню ремонту, транспортабельності, безпеці за ДСТ 21552-84.

Напруженість електричних і магнітних полів частотою 50 Гц не повинна перевищувати 80 В/м і 50 А/м відповідно за ДСТ 12.1.006-84. Оператор ЕОМ може самостійно ужити заходів для того, щоб обмежити небезпечні випромінювання терміналів. Тому що джерело високої напруги комп’ютера, рядковий трансформатор, міститься в задній або бічній частині терміналу, рівень випромінювання з боку задньої панелі дисплея вище, причому стінки корпусу випромінювання не екранують. На екран монітора може встановлюватися спеціальний фільтр, який частково поглинає магнітне поле й усуває статичне поле.

Від малорухливого способу життя можуть з’явитися проблеми із хребтом.

Ушкодження хребта утворюються в результаті недостатнього рівня ергономічності робочого місця користувача. Значення оптимальних

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

						ТС	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			47









ж акумуляторних батарей набагато меншої ємності, ніж в електромобілях, знизить гостроту проблеми утилізації використаних акумуляторів.

Розвиток гібридної технології в суспільному транспорті та для вантажних автомобілів ще більше поліпшить екологічну ситуацію у містах; він має кращі ходові характеристики, є більш енергоефективним і запобігає забрудненню атмосферного повітря в містах.

Основні недоліки гібридів: вони складніші та дорожчі за традиційні автомобілі з ДВЗ; утилізація акумуляторів в гібридних автомобілях є досить проблемною, хоч і меншою мірою, ніж в електромобілях.

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС

Арк

51



10. Данилевич Я.Б., Денисов В.Я. Системні рішення проблем екологічної безпеки автотранспортного комплексу, як метод покращення екологічної ситуації у мегаполісах // Доп. IV Міжнар. наук.-практ. конф. «Автотранспорт: від екологічної політики до щоденної практики». - К.: ЦУЛ, 2005. - 200 с

10. Внукова Н.В., Барун М.В., Альтернативне паливо як основа ресурсозбереження і екобезпеки транспорту. Энерго сбережение Энергетика Энергоаудит. №9 (91) 2011 с 45-55.

11. Селимов М. К., Абросимов. А. А Эколого-экономические аспекты развития производства моторных топлив в США. М.: ЦНИИТЭ нефтехим, 2011. — 65 с

12. Насиров, Р. К., Харченко В. Ю., Насиров И. Р., Талисман Э. М., Ковальчук Н. А. Экологические аспекты производства и сертификации нефтепродуктов. М.: ЦНИИТЭ-нефтахим., 2006. — 83 с

13. Левтеров А. М., Савицкий В.Д. Улучшение экологических характеристик дизеля, работающего на биодизельных топливных композициях. Автомобильный транспорт, вып. 36, 2015. – с.110-117

14. Семитківська Т. О. Аналіз закордонних дизельних палив та перспективи покращання їх екологічних характеристик. Technology auditand production reserves — № 5/7(25), 2015. – с. 16 -21

15. Т.М. Мітусова, Є.В. Поліна, М.В. Калініна. Сучасні дизельні палива й присадки до них - М.: Видавництво "Техніка". ТОВ "туман ГРУП", 2002. - 64 с.

16. А. П. Гаврись, М. З. Лавривский. Опасности электромобилей и гибридных транспортны хсредств. Науковий вісник НЛТУ України, 2018, т. 28, № 10. – с. 6-70

17. Електронне та мікропроцесорне обладнання автомобілів: навч. посіб. / Ю.І. Пиндус, Р.Р. Заверуха. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – 209 с.

18. Бажинов О.В. Конверсія легкового автомобіля в гібридний / О.В. Бажинов, В.Я. Двадненко, М. Хакім. – Х.: ХНАДУ, 2014. – 160 с.

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

						ТС	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			53

19. Матейчик В. П. Особенности конверсии автомобиля с ДВС в гибридный автомобиль / В.П. Матейчик, Н.П. Цюман, В.В. Яновский, Д.Е. Руденко // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2017. – Вып. 3 (39).

20. Бакбардіна Т.В. Інноваційна активність у напрямках удосконалення експлуатаційних характеристик автомобілів. Науково-виробничий журнал № 5 (217), 2010. С. 22-26

21. О. М. Артюх, О. В. Дударенко, А. Ю. Сосик, А. В. Щербина. ДВЗ з нетрадиційними робочим циклами. Напрямки розвитку транспортних енергетичних установок: Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. 82 с.

22. Винокурова Л. Е., Васильчук М. В., Гаман М. В. Основы охраны труда: Підручн. для проф.-техн. навч. закладів. — 2-ге вид., допов., перероб. — К. : Вікторія, 2001. - 192 с.

23. Основы охраны труда: Підручник. 21ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз'яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. — К.: Основа, 2006 — 448 с.

24. Голінько В.І. Основы охраны труда: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.

25. Довгопольок Л.О., Проблеми екології при будівництві та експлуатації автомобільних доріг: [http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi\\_i\\_stroitelstvo/102/268-275.pdf](http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/102/268-275.pdf),

26. <https://ukrdoc.com.ua/text/30112/index-1.html> .

27. [https://oadk.at.ua/load/ehkologija/gidrosfera\\_zagrijaznenie/zabrudnennja\\_gruntiv\\_i\\_vodnogo\\_seredovishha\\_palivno\\_mastilnimi\\_materialami/101-1-0-2636](https://oadk.at.ua/load/ehkologija/gidrosfera_zagrijaznenie/zabrudnennja_gruntiv_i_vodnogo_seredovishha_palivno_mastilnimi_materialami/101-1-0-2636)

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

						ТС	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			54