

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний, транспортний

(повне найменування інституту, факультету)

«Транспортні технології»

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на тему ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ
АВТОМОБІЛЬНИМ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТОМ

Виконав: студент II курсу, групи T-311м

Спеціальності 275 Транспортні технології

(на автомобільному транспорті)

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Транспортні технології

(на автомобільному транспорті)



Віктор МИХАЙЛЕНКО

(прізвище та ініціали)

Керівник



Олена ОСТРОГЛЯД

(прізвище та ініціали)

Рецензент



Олександр АРТЮХ

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет _____ машинобудівний, транспортний
 Кафедра _____ «Транспортні технології»
 Ступінь вищої освіти _____ магістр
 Спеціальність _____ 275 Транспортні технології

 _____ (на автомобільному транспорті)
 _____ (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) _____ Транспортні технології

 _____ (на автомобільному транспорті)
 _____ (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
 «Транспортні технології»

 Сергій ТУРПАК
 «10» _____ 2022 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

_____ Михайленка Віктора Олеговича

 _____ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Особливості впровадження вантажних перевезень автомобільним електротранспортом

керівник проєкту (роботи) _____ Острогляд Олена Олександрівна,

 _____ канд.техн.наук

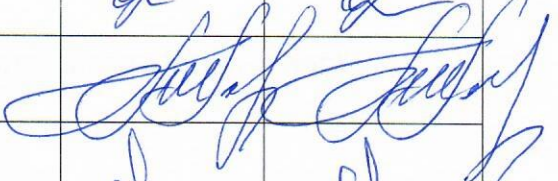
затверджені наказом закладу вищої освіти від «31» жовтня 2022 р. №352

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 01.12.2022 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) особливості експлуатації автомобільного вантажного транспорту, стан розвитку електротранспорту в вантажних перевезеннях

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина. 2. Основна частина. 2.1 Проблеми та переваги впровадження вантажного електротранспорту. 2.2 Особливості та світовий досвід використання енергетичної інфраструктури автомобільного транспорту. 2.3 Очікувані зміни в організації роботи автотранспортного підприємства. 2.4 Оцінка економічно-соціального збитку, що завдається навколишньому середовищу через викиди автомобільного транспорту. 3. Економічна частина. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.
 5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Презентація магістерської роботи.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Аналітична частина	Острогляд О.О., доцент		
Основна частина	Острогляд О.О., доцент		
Економічна частина	Харченко Т.В., ст. викл.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Лазуткін М.І., доцент		

7. Дата видачі завдання «10» жовтня 2022 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

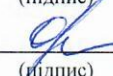
№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина	24.10-07.11.2022	
2	Основна частина	07.11-27.11.2022	
3	Економічна частина	28.12-05.12.2022	
4	Охорона праці	05.12-10.12.2022	
5	Оформлення МР	10.12.-13.12.2022	
6	Перевірка МР на плагіат	12.12.-18.12.2022	
7	Отримання зовнішніх рецензій	12.12.-16.12.2022	
8	Захист магістерських робіт	19.12.-23.12.2022	

Студент(ка)


(підпис)

Віктор МИХАЙЛЕНКО
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Олена ОСТРОГЛЯД
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 127 с., 24 табл., 37 рис., 4 дод., 54 джерела.

АВТОМОБІЛЬ, АВТОТРАНСПОРТНЕ ПІДПРИЄМСТВО, ВАНТАЖНИЙ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТ, ВАНТАЖНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ, ВИДОБУТОК НАФТИ, ЕКОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ, ЕЛЕКТРОАВТОМОБІЛЬ, ЗАБРУДНЮЮЧІ РЕЧОВИНИ, ЗАРЯДНА ІНФРАСТРУКТУРА, ЗЕЛЕНИЙ ПЕРЕХІД, ІМПОРТ НАФТОПРОДУКТІВ, ПАРНИКОВІ ГАЗИ, СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ ЗБИТОК.

Об'єкт дослідження: вантажний електротранспорт.

Мета дослідження: можливість заміни паливного автотранспорту на електротранспорт в сучасних умовах України.

Методи дослідження: аналітичний та графічний.

Проаналізовані економічні, політичні та екологічні складові, які впливають на сферу діяльності автомобільного транспорту. Наведені методи розрахунку шкідливих екологічних впливів від роботи паливного автотранспорту. Проведено аналіз переваг та недоліків автомобільного електротранспорту. Проаналізовані особливості роботи вантажного автомобільного електротранспорту та розміщення зарядної інфраструктури для його роботи. Побудовані графіки, які показують відмінності у роботі паливних та електроавтомобілів на підприємстві. Проведено розрахунок економічної ефективності заміни паливних автомобілів на електротранспорт.

ЗМІСТ

Завдання на магістерську роботу.....	2
Реферат.....	4
Вступ.....	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	8
1.1 Коротка характеристика автомобільних вантажоперевезень...	8
1.2 Вплив та масштаби шкідливих викидів автотранспорту на організм людини.....	10
1.3 Спосіб розрахунку шкідливих викидів від автомобілів.....	19
1.4 Сучасна криза у сферах видобутку і транспортування нафтопродуктів та споживання палива.....	24
1.5 Міжнаціональний проект, що допоможе країнам вийти з паливно-енергетичної кризи.....	38
1.6 Основні переваги та недоліки автомобільного електротранспорту.....	41
1.6.1 Безпека електроавтомобіля у порівнянні з автомобілем з двигуном внутрішнього згоряння.....	43
1.6.2 Рекуперативне гальмування.....	44
1.6.3 Технічне обслуговування.....	46
1.6.4 Експлуатація електроавтомобіля у зимову пору року...	41
1.6.5 Особливості зарядки акумуляторної батареї електромобіля.....	49
1.6.6 Недоліки електроавтомобіля.....	50
1.7 Постановка завдань на магістерську роботу.....	53
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	55
2.1 Проблеми та переваги впровадження вантажного електротранспорту.....	55

2.2. Особливості та світовий досвід використання енергетичної інфраструктури автомобільного транспорту.....	62
2.3 Очікувані зміни в організації роботі автотранспортного підприємства.....	68
2.4 Оцінка економічно-соціального збитку, що завдається навколишньому середовищу через викиди автомобільного транспорту.	82
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	86
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	101
4.1 Аналіз потенційних небезпек.....	101
4.2 Заходи з пожежної безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	102
Висновок.....	103
Перелік джерел посилання.....	104
Додаток А.....	112
Додаток Б.....	114
Додаток В.....	117
Додаток Г.....	127

ВСТУП

Автомобільний транспорт це одна з найважливіших складових існування будь-якої сучасної країни. Як і на будь-які інші види транспорту, на автомобільний транспорт впливає велика кількість показників. Дві найголовніші складові, які впливають на нього у наш час це рентабельність вантажних транспортних перевезень та екологічний вплив автотранспорту на навколишнє середовище.

Екологічний вплив автотранспорту на навколишнє середовище можна розглядати дуже широко. Наприклад від моменту видобування нафтопродуктів для виробництва палива, необхідного для його роботи, до негативного впливу на конкретну людину та суспільство в цілому.

Кінцева ціна товарів та послуг або їх доступність напряду залежить від транспорту. Тому важливою частиною економічної складової автомобільного транспорту є собівартість його роботи, яка залежить в тому числі від його технічних характеристик.

Заміна паливного вантажного автомобільного транспорту на його електричні аналоги може знизити собівартість його роботи та знизити соціально-економічний збиток, що завдається екології країни.

Ці питання розглянуті в роботі на прикладі автомобілів умовного автотранспортного підприємства.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Коротка характеристика автомобільних вантажоперевезень

У світовій економіці немає таких галузей, які не вимагали б безпечної та швидкої доставки своєї продукції за допомогою транспорту. Однак географічні умови планети не можуть не впливати на процеси транспортування вантажів, що обумовлює існування різних видів транспорту.

Окремі типи транспорту вже несуть свої основні відмінності у своїх відповідних назвах: морські перевезення виконуються за допомогою суден через ріки та океани, повітряні перевезення здійснюються літаками. Транспорт що перевозить вантажі землею диференціюється на залізничні, автомобільні та трубопровідні перевезення.

Кожен із цих видів транспорту має як переваги так й недоліки. Судна можуть перевозити найбільші обсяги вантажу та мають найнижчу з усіх вартість перевезення, але цей тип транспорту характеризується найнижчою швидкістю доставки вантажу. Авіаперевезення навпаки, має найшвидшу швидкість сполучення, але й вартість доставки у них найвища серед інших видів транспорту. До того ж, авіатранспортним засобам притаманна низька вантажопідйомність. Залізничний транспорт поєднує у собі здатність перевезення великих обсягів перевезень (хоч і менше ніж у водного) з кращими екологічними показниками серед усіх видів вантажів. Автотранспортні автомобільні перевезення відрізняються від інших максимально можливою гнучкістю шляхів сполучення та високою швидкістю доставки після авіаційного.

У цій роботі переваги та недоліки автомобільного транспорту потрібно розглянути детальніше. Автомобільний транспорт це надзвичайно ефективний спосіб перевезення товарів з різних місць для підвищення ефективності та зростання бізнесу. Є безліч галузей, які вимагають безпечного перевезення своїх товарів, і автомобільні перевезення – найкращий спосіб зробити це.

Автомобільні перевезення не залежать від логістичних вузлів, таких як порти, аеропорти або залізничні вокзали. Це також приносить користь іншим видам транспорту, морському, повітряному чи залізничному. У переважній більшості випадків для кінцевого постачання вантажу цими видами транспорту потрібні додаткові автомобільні транспортні засоби для доставки товарів із (повітряного) порту чи залізничного вокзалу на завод чи склад або навпаки що можна описати як доставку «від дверей до дверей». Доставка «від дверей до дверей» здебільшого можлива лише автомобільним транспортом. Вантаж забирається безпосередньо з виробничого майданчика або пункту навантаження та одразу ж доставляється до місця призначення без необхідності використання будь-якого іншого виду транспорту чи перевантаження. Асортимент та гнучкість автомобільних вантажоперевезень пропонують майже необмежені можливості для доставки товарів з одного місця до іншого.

Завдяки використанню існуючої інфраструктури та порівняно дешевої транспортної техніки автомобільні перевезення є економічно вигідним способом перевезення вантажів. Перевага в ціні найбільш помітна для невеликих обсягів вантажів, тому особливо для компаній з невеликими обсягами перевезень, автоперевезення часто є кращим вибором. Добре розвинена дорожня мережа дозволяє гнучко планувати маршрути чи проміжні зупинки. При автомобільних вантажоперевезеннях маршрут може бути змінено та розширено у найкоротші терміни. Навіть спонтанно запрошені перевезення часто можуть бути оброблені, оскільки використання дорожньої інфраструктури можливе будь-коли без попередньої реєстрації або бронювання. Також вантажні автомобілі можуть використовуватись для інтермодальних перевезень. Завантажені, вони можуть подорожувати кораблями і перевозитися залізницею у спеціальних вагонах. Це запобігає трудомісткому перевантаженню з одного виду транспорту на інший.

Недоліки автомобільних вантажоперевезень носять скоріше загальний характер і не зачіпають безпосередньо компанію, яка має намір здійснити

перевезення вантажу. Основні недоліки автомобільних перевезень пов'язані з впливом на довкілля та транспортною політикою. Дорожня мережа не може розширюватися необмежено, а дороги у мегаполісах перевантажені. Витрати на утримання і розширення дорожньої мережі значні. Хоча їх несе відповідна держава-власник шляхів, у більшості країн автомобільні перевезення оплачуються як частина експлуатаційних витрат через системи стягування плати за проїзд. Крім того, викиди забруднюючих речовин та шуму від вантажних автомобілів високі. Однак саме в цій галузі транспорту, його електрифікація за допомогою легкових та вантажних електромобілів може стати гарантом продовження його важливої ролі у світових перевезеннях та гарантує зниження впливу цього виду транспорту на навколишнє середовище на людину окремо. Нажаль, у наші часи ці впливи залишаються досить значною проблемою, яку неможливо ігнорувати через її масштабні наслідки.

1.2 Вплив та масштаби шкідливих викидів автотранспорту на організм людини

Автомобілі споживають багато ресурсів та енергії, перш ніж виїжджають на дорогу. Автомобільне виробництво залишає гігантський слід, тому що перш ніж новий автомобіль буде готовий до експлуатації, для його виробництва виробляються такі матеріали як: сталь, гума, скло, пластик, фарби та багато інших. Основні напрями цього впливу наведені на рисунку 1.1.

Так само закінчення терміну служби автомобіля не означає припинення його впливу на навколишнє середовище. Пластмаси, токсичні акумуляторні кислоти та інші продукти залишаються у навколишньому середовищі.

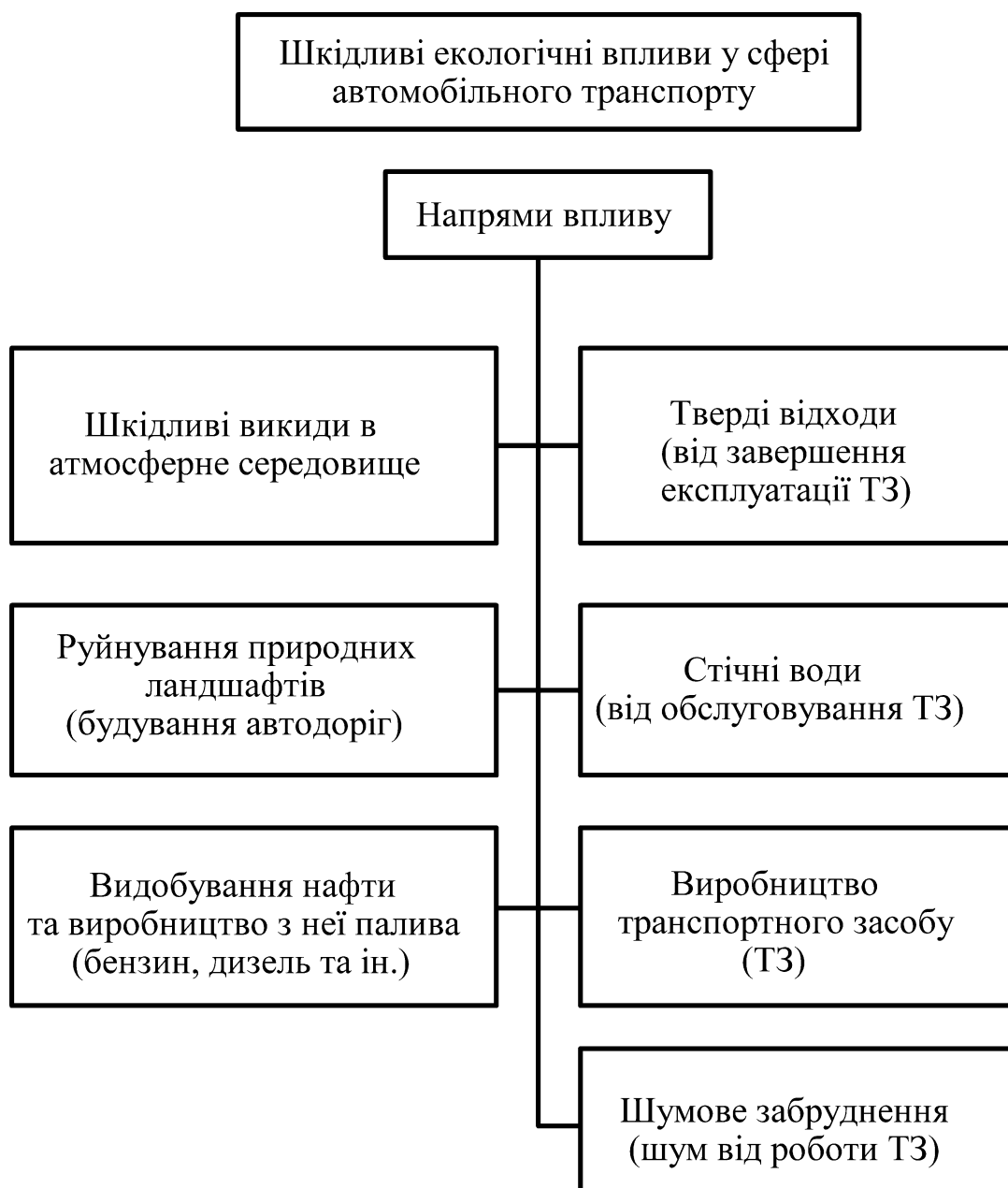


Рисунок 1.1 – Шкідливі екологічні впливи у сфері автомобільного транспорту

Витрати на виробництво, переробку і утилізацію автотранспорту в докільля важко піддаються кількісній оцінці й значною мірою перебувають поза контролем більшості споживачів. Але більша частина впливу автомобіля на навколишнє середовище, від 80 до 90 відсотків [1], пов'язана зі споживанням палива та викидами забруднюючих речовин в атмосферу та парникових газів, які, на думку вчених-кліматологів, викликають глобальне потепління.

Видобуток нафтопродуктів завдає екологічної шкоди ще до того, як вони перетворюються на паливо або паливо-мастильні матеріали. Вилучення їх з надр — енергоємний процес, здатний завдати шкоди місцевим екосистемам. Транспортування палива до споживачів також може споживати багато енергії та створювати екологічні катастрофи, наприклад розлив нафти з танкерів або пошкодження трубопроводів. Через зростання світового попиту та методів її видобутку з нетрадиційних джерел палива, таких як нафтоносні піски, екологічні наслідки видобутку нафтопродуктів також можуть різко зрости[1].

Забруднення повітря автомобілями виникає в результаті випаровування з паливних систем летких органічних сполучень, що включають вуглеводні та хімічні сполуки після згоряння, які виходять із двигуна через вихлопну систему (вихлопну трубу) та картер. У двигунах, що використовують неетильований бензин, хімічні з'єднання у вихлопі зазвичай являють собою вуглеводні, вуглекислотні сполуки та оксиди азоту. У дизельних двигунах до них відносяться тверді частини, які виділяються разом з вихлопними газами. А у двигунах, що використовують альтернативні види палива, такі як метанол, вони також включають формальдегід[2].

Викид вихлопних газів автомобілем залежать від роботи двигуна, наприклад, від ступеня стиснення, кута випередження запалення та співвідношення повітря/паливо у ньому. Вуглеводні сполуки у вихлопних газах являють собою не повністю згорілі або незгорілі паливо та мастило. Чадний газ, що утворюється в процесі згоряння завжди є в невеликих кількостях серед вихлопних газів незалежно від співвідношення у двигуні повітря та палива. Чим більша частка палива в повітряно-паливній суміші, тим більше виділяється СО. Оксиди азоту утворюються в процесі згоряння, збільшуються з пікової температури згоряння, та також залежать від співвідношення повітря/паливо[2].

Забруднення повітря транспортом поділяється на первинне та вторинне. Первинне забруднення викидається у атмосферу а вторинне забруднення виникає внаслідок хімічних реакцій між забруднюючими речовинами у

атмосфері. Дослідження пов'язують забруднюючі речовини від вихлопних газів автомобілів із несприятливим впливом майже на кожну систему органів в організмі людини[3]. Тому слід детально розглянути основні види забруднювачів від автотранспорту, які наведені на рисунку 1.2 та описані нижче.



Рисунок 1.2 – Забруднюючі речовини у вихлопних газах автомобілів

Тверді частки (ТЧ). Одним із видів твердих частинок є сажа у вихлопних газах автомобілів. Ці дрібні частки розміром менше однієї десятої діаметра людського волосся та становлять серйозну загрозу для здоров'я людини, оскільки можуть проникати глибоко у легені. ТЧ можуть бути первинним забруднювачем або вторинним забруднювачем від вуглеводнів, оксидів азоту та діоксидів сірки. Дизельні вихлопи є основним джерелом забруднення ТЧ.

Леткі органічні сполуки (ЛОС). Ці забруднюючі речовини реагують з оксидами азоту у присутності сонячного світла та сприяють заснуванню приземного озону, основного компонента смогу. Хоча це корисно у верхніх шарах атмосфери, на рівні землі цей газ подразнює дихальну систему, викликаючи кашель, ядуху та зниження обсягу легень. ЛОС, що викидаються автомобілями, вантажівками та автобусами, у тому числі токсичні забруднювачі повітря бензол, ацетальдегід та 1,3-бутадиєн, пов'язані з різними видами раку.

Оксиди азоту (NO_x). Ці забруднюючі речовини утворюють приземний озон та тверді частинки (вторинні). Крім того, шкідливий як основний забруднювач, NO_x може спричинити подразнення легень та послабити захист організму від респіраторних інфекцій, таких як пневмонія та грип.

Чадний газ (CO). Цей безбарвний і отруйний газ без запаху утворюється при розробці нафтових копалин або спалюванні бензину, і викидається в основному з легкових і вантажних автомобілів. При вдиханні CO блокує надходження кисню до мозку, серця та інших життєво важливих органів.

Діоксид сірки (SO_2). Електростанції та автомобілі створюють цей забруднювач при спалюванні сірковмісних палив, особливо дизельного палива та вугілля. Діоксид сірки може реагувати в атмосфері з утворенням дрібних частинок і, як і інші забруднювачі повітря, є великою небезпекою.

Парникові гази. Автомобілі викидають безліч забруднюючих речовин, переважно з них виділяється двоокис вуглецю, який сприяє глобальній зміні клімату[3].

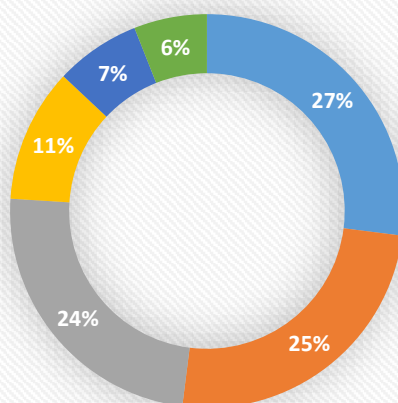
До 1988 року, у Сполучених Штатах Америки (США), викиди на пройдений кілометр транспортного засобу для нових автомобілів та легких вантажівок знизилися приблизно на 90 відсотків порівняно з минулими роками, коли ці дані не підлягали обстеженню та не прикладались зусилля по їх зниженню. Однак загальний показник викидів на кілометр все одно щорічно збільшувався на 2,3 відсотки протягом 1970-х та 1980-х років, через зростання попиту на автотранспортні перевезення. У 1987 р. на автомобілі та легкі

вантажівки припадало 30% викидів летких органічних сполучень та оксидів азоту у США та 60% CO. У період з 1980-х по 2000 роки, викиди CO перевищувалися приблизно у 60 міських районах, які включають в себе 98 міст у яких проживало приблизно 115 мільйонів американців[2].

Відсоток старих автомобілів на дорогах також зростає, що збільшило рівень автомобільних викидів. Частка автомобілів віком 12 років і більше зростала з 11,9% у 1980 р. до 20,8% у 1990 р., а частка легких вантажівок зросла з 18,4 до 27,6%. На старі автомобілі припадає непропорційно більша частка викидів, навіть незважаючи на те, що вони проїжджають менше кілометрів на рік, ніж нові автомобілі. Наприклад, незважаючи на те, що у 1988 році старовинні автомобілі до 1981 року становили лише близько 35 відсотків викидів на кілометр пробігу, на їхню частку припадало близько 70 відсотків викидів вуглеводнів (CO), 75 відсотків викидів CO₂ та 68 відсотків викидів оксидів азоту[2].

Згідно з Інвентаризацією викидів і стоків парникових газів США за 1990–2020 роки. (Національна інвентаризація, яку Сполучені Штати складають щорічно відповідно до Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату), на транспорт припадає найбільша частина (27%) загальних викидів парникових газів США у 2020 році. Автомобілі, вантажівки, комерційні літаки та залізниці, серед інших джерел, роблять свій вагомий внесок у викиди шкідливих речовин в атмосферу[4].

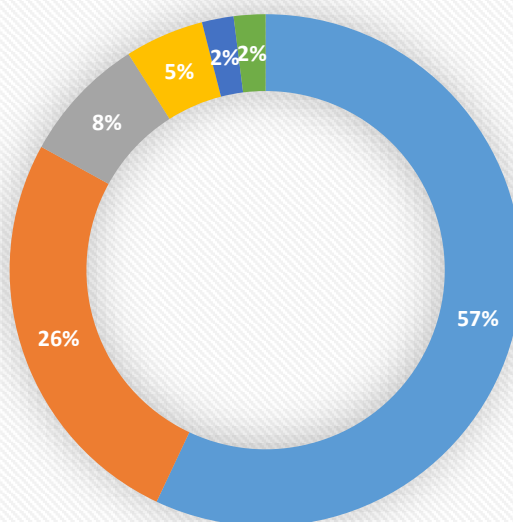
Викиди парникових газів у США за секторами економіки, 2020 р.



■ Транспортний сектор ■ Електроенергетичний сектор ■ Виробничий сектор
■ Сільське господарство ■ Торгівельний сектор ■ Комунальний сектор

Рисунок 1.3 – Викиди парникових газів у США за секторами економіки[4].

Викиди парникових газів у США в транспортному секторі, 2020 р.



■ Легкові автомобілі ■ Вантажний автомобільний транспорт
■ Авіація ■ Інше
■ Залізничний транспорт ■ Водний транспорт

Рисунок 1.4 – Викиди парникових газів у США в транспортному секторі[4].

В Україні, станом на 2015 рік, шкідливі викиди в атмосферу від транспортного сектору становили 36,8 % від загальної суми, що відображено на рисунку 1.3, викиди на сектор легкового автотранспорту склали 88,7 %, що відображено на рисунку 1.4[5].



Рисунок 1.5 – Розподіл шкідливих викидів в атмосферу в Україні[5].

Тільки у 2018 році на транспортний сектор припало 35 мільйонів тон викидів CO₂. У 2021 році, українські експерти прогнозували зростання викидів CO₂ через збільшення кількості автотранспортних засобів та зростання ВВП в Україні. За їх прогнозами, українська економіка мала зростати понад 3% на рік що привело б до зростання кількості автомобілів на 3% щорічно. Якщо у 2020 році в Україні налічувалось приблизно 7 мільйонів автомобілів, то за прогнозом, у 2030 році їх мало бути приблизно 9 мільйонів транспортних засобів. За прогнозом, близько 90% цих автомобілів будуть

складати застарілі моделі, внаслідок чого сукупні викиди транспортного сектору збільшаться на 21%[6].



Рисунок 1.6 – Розподіл шкідливих викидів від транспортної сфери в Україні за видами транспорту[5].

Отже, автомобілі, вантажівки та автобуси, що працюють на викопному паливі, є основними джерелами забруднення повітря. Фактично транспорт викидає більше половини оксидів азоту в наше повітря. А вплив великої кількості забруднюючих речовини від вихлопних газів автомобілів є негативним для навколишнього середовища та в особливості для загального людського здоров'я. Навіть з введенням нових стандартів очищення дизеля і бензину, та поява нових стандартів виробництва автомобілів Євро-6+, шкідливі викиди від автомобільного транспорту все одно будуть існувати як факт. Лише повна електрифікація автотранспортних засобів здатна значно

знизити рівень шкідливих для навколишнього середовища та людини викидів до гранично можливого нижнього рівня.

1.3 Спосіб розрахунку шкідливих викидів від автомобілів

Одним із найпоширеніших методів визначення токсичності відпрацьованих газів є вимірювання концентрації в них шкідливих речовин. Концентрації шкідливих речовин серед відпрацьованих газів змінюються у широких межах і залежать від типу двигуна, режиму їх роботи, складу паливно-повітряної суміші тощо.

Великі концентрації шкідливих речовин прийнято оцінювати об'ємними процентами (%), а малі – в частинках на мільйон (млн^{-1}). Залежно від методу вимірювання і застосовуваного обладнання концентрації шкідливих речовин вимірюють в сухих, вологих і розбавлених відпрацьованих газах. У сухих продуктах згорання вимірюють концентрації оксиду вуглецю (CO), вуглеводнів (C_mH_n) методом інфрачервоної спектроскопії [7].

Якщо концентрації вуглеводнів вимірюють приладами, в яких застосовано полум'яно-іонізаційний метод, а оксидів азоту (NO_x) – метод хімічної люмінесценції, то в пробовідбірнику забезпечено обов'язкове підігрівання відпрацьованих газів у межах 150-200 °C. У такому разі концентрації вимірюють у вологих відпрацьованих газах, без конденсації водяної пари. Також у вологих відпрацьованих газах дизелів вимірюють концентрацію частинок (сажі).

Часто необхідно переходити від концентрацій, визначених в одних одиницях – в інші. Співвідношення між цими величинами: $1\% = 10000 \text{ млн}^{-1}$, тобто[7]:

$$C_i^{//}, \% = C_i' \cdot 10^{-4}, \text{млн}^{-1}, \quad (1.1)$$

де $C_i^{//}$ – концентрація i -ї шкідливої речовини, %;
 $C_i^{/}$ – концентрація i -ї шкідливої речовини, млн^{-1} .

Концентрації шкідливих речовин, що містяться у відпрацьованих газах, у аерозолях, у рідкому чи твердому стані (сажа, бензопірен, оксиди металів тощо), визначають лише у вагових одиницях C , – г/м^3 чи кг/м^3 . Окрім того, в деяких приладах для вимірювання газоподібних шкідливих речовин шкали також градуйовані в г/м^3 [24].

Концентрація C_i в г/м^3 є найбільш вживаною. Перехід до концентрації у вагових одиницях здійснюють за залежностями[7]:

– для нормальних фізичних умов, коли тиск оточуючого середовища $\rho_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ і температура $t_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$C_i = \frac{\mu_i \cdot 1000}{22,4 \cdot 100} \cdot C_i^{//}, \text{г/м}^3; \quad C_i = \frac{\mu_i}{2,24} \cdot C_i^{/}, \text{г/м}^3, \quad (1.2)$$

де μ_i – молярна маса i -ї шкідливої речовини, кг/кмоль ,
 $22,4$ – об'єм 1 кмоль газоподібної речовини, $\text{м}^3/\text{кмоль}$.

– для нормальних технічних умов, коли тиск оточуючого середовища становить $\rho_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ і температура $t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$C_i = \frac{T_0}{T_1} \cdot \frac{\mu_i}{2,24} \cdot C_i^{//}; \quad C_i = \frac{T_0}{T_1} \cdot \frac{\mu_i}{2,24} \cdot C_i^{/} \cdot 10^{-4}, \quad (1.3)$$

Концентрації, визначені для різних умов, різняться між собою. Так, наприклад, концентрація оксиду азоту у частинках на мільйон становить $C_{NO} = 1480 \text{ млн}^{-1}$, у перерахунку у вагові одиниці вона відповідає концентрації $C_{NO} = 1,98 \text{ г/м}^3$ при $t_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ і $C_{NO} = 1,85 \text{ г/м}^3$ при $t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ [7].

Концентрації шкідливих речовин у відпрацьованих газах не можуть повністю характеризувати токсичність двигуна чи транспортного засобу в цілому, тому що кількість шкідливих речовин, що надходить в атмосферу, залежить не тільки від концентрації шкідливої речовини, а і від кількості продуктів згорання палива, тобто кількості відпрацьованих газів.

Кількість шкідливих речовин, які надходять з відпрацьованих газів у атмосферне повітря визначають їх масою. Залежно від того, в яких одиницях (% , млн⁻¹ , г/м³) та в яких газах (сухих, вологих чи розбавлених) виміряно концентрацію i -ї забруднюючої речовини їх масові викиди розраховують з використанням різних методів.

В більшості випадків кількість відпрацьованих газів розраховують за витратою повітря і палива, що приймали участь у згоранні, або вимірюють спеціальними витратомірами. Масу забруднюючих речовин визначають за залежностями[7]:

$$G_i = \frac{C_i^{//}}{100} \cdot \mu_i \cdot M_{\text{ВГ}}, \text{ кг/год}; G_i = \frac{C_i'}{10^6} \cdot \mu_i \cdot M_{\text{ВГ}}, \text{ кг/год}, \quad (1.4)$$

де $C_i^{//}$ та C_i' – концентрації i -ї шкідливої речовини відповідно у % чи млн⁻¹;

μ_i – молекулярна маса i -ї шкідливої речовини, кг/кмоль;

$M_{\text{ВГ}}$ – кількість продуктів згорання палива, кмоль/год.

Визначення маси частинок у відпрацьованих газах здійснюють за концентраціями їх у вагових одиницях (г/м³) та їх об'ємом[7]:

$$G_e = C_c \cdot V_{\text{ВГ}} \cdot 10^{-3}, \text{ кг/год}, \quad (1.5)$$

Об'єм відпрацьованих газів, зведений до нормальних фізичних умов, розраховують за залежністю[7]:

$$V_{\text{ВГ}} = M_{\text{ВГ}}^{\text{В}} \cdot 22,4 = 0,03425 (G_{\text{пов}} + 0,924 \cdot G_{\text{п}}) \cdot 22,4, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (1.6)$$

Як оцінювальний показник токсичності двигунів і автомобілів часто застосовують питомі показники токсичності.

Зокрема, питомий показник, який показує кількість i -ї шкідливої речовини, що припадає на одиницю потужності в одиницю часу[7]:

$$g_i = \frac{G_i}{N_e} \cdot 10^3, \text{ г/кВт} \cdot \text{год}, \quad (1.7)$$

де N_e – ефективна потужність двигуна, кВт.

Питомі викиди шкідливих речовин, віднесені до одиниці потужності, є основними оцінювальними показниками токсичності при визначенні норм викидів шкідливих речовин з відпрацьованих газів автомобілів з повною масою більше 3500 кг автобусів пасажиромісткості більше 12 осіб.

Як питомий оцінювальний показник, можна застосовувати відношення кількості шкідливої речовини, що викидається з відпрацьованих газів, до одиниці спожитого палива[7]:

$$g_i' = \frac{G_i}{G_{\text{п}}} \cdot 10^3, \text{ г/кг}, \quad (1.8)$$

де $G_{\text{п}}$ – витрата палива двигуном, кг .

Крім того, як оцінювальний показник, застосовують пробігові викиди автомобіля, тобто кількість шкідливої речовини, що припадає на одиницю пробігу[7]:

$$g_i^{//} = \frac{G_i}{V_a} \cdot 10^3, \text{ г/км}, \quad (1.9)$$

де V_a – середня швидкість автомобіля, км/год.

Пробігові викиди шкідливих речовин є основними нормованими показниками токсичності автомобілів повною масою до 3500 кг у разі проведення випробувань автомобілів за їздовим циклом на стенді з біговими барабанами. Визначивши кількість шкідливої речовини у грамах за їздовий цикл і його довжину в км, завжди можна визначити питому витрату шкідливої речовини $g_i^{//}$ в г/км.

Міра впливу шкідливих речовин на організм людини залежить від їх концентрації, тривалості дії, індивідуальних особливостей людини і виду шкідливої речовини.

Кожній шкідливій речовині, за ступенем впливу на організм людини, властива певна агресивність чи небезпека. За одиницю відносної агресивності прийнято агресивність оксиду вуглецю CO . Значення коефіцієнтів відносної агресивності R , для основних шкідливих речовин, що містяться у відпрацьованих газах, наведено у таблиці 1.1[7].

Таблиця 1.1 – Значення деяких коефіцієнтів відносної агресивності R_i основних шкідливих речовин, які містяться у відпрацьованих газах автомобілів.

Шкідлива речовина	R_i
Оксид вуглецю, CO	1,0
Оксиди азоту, NO_2	41,1
Леткі органічні сполуки (ЛОС) та низькомолекулярні вуглеводні сполуки типу C_mH_n	3,16
Тверді речовини (пил та сажа)	41,5

За масовими викидами окремих шкідливих речовин з урахуванням коефіцієнта відносної агресивності R_i , розраховують сумарні масові викиди, зведені до CO , тобто сумарну токсичність джерела забруднення, в умовних тонах за певний період часу[7]:

$$G_{\Sigma CO} = \sum_{i=1}^n R_i \cdot G_i \cdot 10^{-3}, \text{ ум. т.} \quad (1.10)$$

Процентний внесок кожного компоненту у сумарну токсичність джерела забруднення визначають за залежністю[7]:

$$g_i = \frac{G_i \cdot R_i}{G_{\Sigma CO}} \cdot 100, \% \quad (1.11)$$

За визначеними сумарними масовими викидами шкідливих речовин, зведеними до CO , маємо можливість порівнювати різні джерела забруднювання з огляду їх загальної токсичності або здійснювати оцінювання заходів, спрямованих на зменшення забруднюючих речовин у довкілля.

1.4 Сучасна криза у сферах видобутку і транспортування нафтопродуктів та споживання палива

Світовий ринок автотранспортних перевезень активно розвивався впродовж усього XX століття та продовжує свій темп розвитку у XXI-му. Однак, як і на інші сфери нашого життя, на світовий ринок автотранспортних перевезень впливає безліч факторів, серед яких потрібно окремо виділити сфери видобування, транспортування, переробки та споживання нафти та нафтопродуктів, що є основною «кров'ю» сучасних автомобільних перевезень. Це пов'язано з тим, що нафта є єдиною речовиною, з якої після її видобутку можливо виготовляти паливо, таке як бензин чи дизель, без якого

усі транспортні засоби з двигунами внутрішнього згоряння перетворюються на нерухому купу металобрухту. А це у свою чергу веде до зупинки роботи виробництв та підприємств які залежать від інших ресурсів, що постачалися їм транспортом.

Цикл споживання нафти, від видобування зі свердловин до ринкової реалізації на АЗС є дуже вразливою областю як світової економіки так і транспортних перевезень окремо. На цю область впливає безліч факторів, якими є:

- економічні (зростання витрат на видобування або ж взагалі нерентабельність видобування нафти)
- промислові (підприємства не здатні перероблювати існуючі та майбутні обсяги надходжень нафти)
- транспортні (розрив існуючих шляхів сполучення чи підвищення тарифів на нафтопродукти)
- політичні (ембарго на транспортування нафти з країн-виробників, скорочення видобутку нафти у результаті політичних рішень)
- екологічні (заборона на видобування нафти в окремих областях або заборона інвестицій у підприємства що її видобувають)

Всі означені вище причини мають дуже високий вплив на весь сектор автомобільного транспорту. Дефіцит видобування або обмеження експортування нафти викликає дефіцит палива для транспортних засобів що впливає на підвищення цін на сама паливо. Також на ціну палива впливає підвищення тарифів на перевезення нафтопродуктів що у свою чергу веде до зростання вартості експлуатації автотранспорту що призводить до зменшення прибутку як перевізників так і виробництв, які залежать від постачання сировини транспортом. Сама через ці причини, слід докладно розглянути всі вище названі фактори, які складають сучасну енергетичну світову кризу XXI століття.

Востаннє людство стикалося з подібною проблемою у 70-х роках минулого століття. Але нині глобальний енергетичний ландшафт знову

радикально змінився після російського вторгнення в Україну 24 лютого, що спонукало уряди, бізнес та інші організації знизити свою залежність від російської енергії. Тепер їм необхідно приділити першочергову увагу припиненню енергетичної кризи та забезпеченню більшої енергетичної безпеки та стійкості.

Росія історично була провідним світовим експортером природного газу та другим за величиною постачальником нафти після Саудівської Аравії. Вона також була провідним постачальником нафти, газу та вугілля в Європейський Союз, на частку якого припадало дві п'ятих поставок газу, чверть постачання сирової нафти і майже половина всіх поставок твердого палива, такого як вугілля[8].

У 2021 році близько половини експорту сирової нафти з Росії припало на Європу, зокрема до країн, що не входять до ЄС, до Великобританії та Норвегії. За даними Єврокомісії, минулого року країни ЄС заплатили 99 мільярдів євро (105 мільярдів доларів)[9] за імпорту російських енергоресурсів, що становить дві третини загальної вартості товарів, що імпортуються блоком з Росії.

Європейський Союз (ЄС) виробляє більшу частину своєї енергії всередині країни, приблизно третина припадає на відновлювані джерела енергії та ядерну енергію, а решта переважно на тверде паливо, таке як кам'яне вугілля та буре вугілля, а також частково на природний газ та сиру нафту.

Проте, більшість потреб у енергії (близько 60%) задовольнялося за допомогою імпорту з інших країн. У сукупності імпорту енергоресурсів нафти, газу та вугілля становив близько 15 відсотків загального обсягу імпорту ЄС (% торгівлі у вартісному вираженні). Росія була основним постачальником для країн ЄС у всіх трьох категоріях (25,5% нафти, 43,9% газу та 54% твердого викопного палива), за нею слідує Норвегія з постачанням природного газу та США з сировою нафтою[8].



Рисунок 1.7 – Імпорт нафтопродуктів від торгових партнерів до країн ЄС за 2020 рік[8].

Моделі імпорту енергії дуже різняться в країнах-членах ЄС. У той час як понад 80 відсотків імпорту в таких країнах, як Мальта, Греція та Швеція, становлять нафтопродукти, понад третину припадає на газ в Угорщині, Австрії та Італії. Загальний рівень залежності від імпорту у 2019 році варіювався від 5 відсотків (Естонія) до понад 90 відсотків на Кіпрі, Люксембурзі та Мальті.

У 2019 році найменш залежною від імпорту енергоносіїв країною-членом ЄС була Естонія (4,8%), за нею прямують Швеція та Румунія (по 30%). За даними Міжнародного енергетичного агентства (МЕА) у 2019 році[8], високий рівень енергетичної самодостатності Естонії заснований на видобутку в країні паливного сланці, багатому на енергію осадової породи, яку можна спалювати для виробництва тепла та електроенергії, або використовувати для виробництва рідкого палива.

У Німеччині пік споживання нафти припав на кінець 1970-х років, але вона, як і раніше, залишається найважливішим первинним джерелом енергії в Німеччині. У 2021 році нафта покривала 31,8 відсотка споживання первинної енергії в країні[8]. Нафта в основному використовувалася як транспортне паливо, і лише невелика частина використовувалася для виробництва електроенергії.

За даними Німецького Федерального інституту геолого-геофізичних досліджень та природних ресурсів, у 2020 році близько 98% первинного споживання нафтопродуктів у Німеччині довелося імпортувати[8].

З 10,1 млн барелів на добу сирої нафти та конденсату, здобутих Росією у 2021 році, Росія експортувала понад 45%, або 4,7 млн барелів на добу. Згідно зі статистикою експорту Росії та статистикою імпорту країн-партнерів, опублікованою Global Trade Tracker, Китай отримував майже одну третину, або 1,4 млн барелів на добу, експорту сирої нафти та конденсату з Росії. На Нідерланди та Німеччину в сукупності припадало близько чверті, або 1,1 млн барелів на добу, експорту сирої нафти та конденсату з Росії. У 2021 році Росія експортувала до США близько 199 000 барелів сирої нафти на добу, що становить близько 4% експорту сирої нафти з Росії за той рік[10].

7 березня 2022 року світові акції впали на тлі того, як західні лідери заявили, що можуть розглянути питання про заборону експорту енергоносіїв з Росії, що призвело до зростання цін на нафту до найвищого рівня майже за 14 років і викликало побоювання широкомасштабних економічних потрясінь.

Нафта марки Brent подорожчала на 7,7% до 127,25 доларів за барель, піднявшись за ніч на цілих 10% до 139,13 доларів за барель, найвищого рівня з липня 2008 року. Тим часом ф'ючерси на нафту марки WTI зросли на 6,8% до 124,33 долара за барель[11].



Рисунок 1.8 – Частка імпорту, у %-х від загального споживання країн, сирової нафти та бензину яку постачала РФ до ЄС та Великобританії в 2020 році[10].

А 8 березня 2022 року ціна заправки дизельним паливом уперше в Німеччині перевищила два євро за літр. За даними німецької автомобільної асоціації ADAC, ціна дизельного палива на заправці вперше у Німеччині перевищила два євро за літр. Частково через збільшення попиту на мазут середня ціна за літр дизельного палива зросла до 2,032 євро, тоді як преміальний бензин Е10 коштував 2,008 євро. За даними організації, з початку війни Росії в Україні 24 лютого ціни на дизельне паливо підскочили на 33 центи, тоді як ціни на Е10 зросли на 22 центи[12]. Юрген Альбрехт з ADAC повідомив газеті Der Spiegel, що власники будинків запасатимуться мазутом в

очікуванні перебоїв з поставками та можливого дефіциту в майбутньому зимовому сезоні 2022/2023 рр., оскільки імпортери різко скоротили постачання з Росії. На тлі цих подій, деякі німецькі депутати запропонували відродити таке німецьке явище як «неділі без автомобілів». Востаннє, у Німеччині такі міри приймалися під час нафтової кризи 1973 року.

Суецький канал, який є критично важливою інфраструктурою для перевезень водним транспортом, і на який припадає 12% світової торгівлі та від 5 до 10% світових поставок нафти, є одним із основних джерел доходів для Єгипту, приносячи їх скарбниці понад \$5 млрд на рік. Минулого року стратегічна артерія зафіксувала історичні \$6,3 млрд річного виторгу[13].

Проте 22 березня 2022 року адміністрація Суецького каналу оголосила, що з 1 травня тимчасово підвищить надбавку, що стягується з танкерів із сировою нафтою та нафтопродуктів, що прямують транзитом через канал в обох напрямках, до 15% від звичайних зборів із 5%. Про це повідомлялося на офіційному сайті управління каналу[13].

Надбавка, що стягується з завантажених та баластових танкерів для перевезення зрідженого нафтового газу, танкерів-хімовозів та інших танкерів для наливних вантажів, також буде збільшена до 20% від звичайних транзитних зборів із 10% раніше.

Управління також заявило, що змінить надбавку, що стягується з завантажених та баластових суховантажів, що прямують транзитом через Канал в обох напрямках, до 10% від звичайного транзитного збору порівняно з 5% раніше, тоді як надбавку, що стягується з інших суден, було збільшено до 14%. від 7%[13].

Ще рік року тому при проході через Суець діяла знижка в 25% від стандартного тарифу, але до березня 2022 року вона знизилася до 0, а тепер тариф різко зростає[13]. Причиною такого підвищення названо інтенсифікацію трафіку каналом, через що підвищення тарифів торкнулося й інших вантажів, але меншою мірою. У світлі зростання попиту на енергоресурси в умовах запровадження санкцій проти Росії ціни на енергоносії на світових ринках

піднялися, що змусило багато країн шукати альтернативні джерела нафти та газу. А це підвищення тарифів природно викликало ще більший дефіцит на ринку Європи та зростання цін.

У квітні 2022 року голова Єврокомісії ЄС Урсула фон дер Ляйєн заявила, що російська сира нафта має бути заборонена протягом шести місяців, а нафтопродукти - до кінця року. Держави-члени ЄС тоді ретельно вивчали запропонований шостий пакет санкцій, але у своєму виступі фон дер Ляйєн заявила, що потоки російської нафти мають бути зупинені, незважаючи на побоювання у деяких країнах Європейського Союзу[14].

Згідно з текстом проекту, ЄС не лише збирався заборонити імпорту, а й заборонити будь-якому зі своїх громадян та компаній займатися транспортуванням російської нафти, страхуванням її перекачування або обслуговуванням обладнання, задіяного у переміщенні викопного палива. Рішення заборонити страхування перевезень нафти водним транспортом нафти мало важливе значення, оскільки більшість світового страхування відповідальності танкерів здійснюється через компанії, що перебувають під юрисдикцією законодавства ЄС. В результаті нічних переговорів на саміті у Брюсселі, Європейський союз погодився на ембарго близько 75% імпорту російської нафти.

Польща та Німеччина також заявили, що додатково припинять імпорту російської нафти трубопроводом, але не всі держави-члени погодилися з цим. Угорщина та Словаччина залежать від отримання нафти з Росії трубопроводами. Цей крок є частиною шостого раунду санкцій, схвалених на саміті у Брюсселі. Але через це країни ЄС почали прагнути купувати більше нафти в інших виробників[14].

На тлі цього на світових ринках збільшився попит на нафту, через що у квітні 2022 року, Міжнародне енергетичне агентство (МЕА) заявило що перерахує внески членів на викид 120 млн. барелів нафти та нафтопродуктів з надзвичайних запасів, щоб викликати зниження світових цін на нафту після вторгнення Росії в Україну[15].

Вивільнення запасів нафти та нафтопродуктів союзними зі США членами МЕА, до яких входить 31 переважно промислово розвинена країна, стане їх другим скоординованим випуском за місяць і п'ятим в історії агентства. Це найбільший викид із країн МЕА, які не входять до США, і найбільший із США.

Сполучені Штати вивільнять 60 мільйонів барелів, здобутих іншими країнами МЕА, в рамках вивільнення 180 мільйонів барелів зі Стратегічного нафтового резерву США, про який було оголошено у березні[15]. Загальний випуск нафти у розмірі 240 млн. барелів буде випущений на світовий ринок протягом шести місяців, повідомило МЕА.

Загальний обсяг викидів нафти США та МЕА цього року, включаючи скоординований викид 1 березня у розмірі 60 мільйонів барелів, майже на 15% скорочує резервний запас 2,1 мільярда барелів у сховищах, які група контролювала до вторгнення Росії до України. Японія, другий за величиною постачальник, заявила, що випустить рекордні 15 мільйонів барелів. Нова Зеландія заявила, що внесе нафту та дизельне паливо до звіту МЕА. "Наш випуск включає близько 184 000 барелів сирої нафти, що зберігаються в Іспанії, і близько 299 000 барелів дизельного палива, що зберігаються у Великобританії", - заявила міністр енергетики та ресурсів Нової Зеландії Меган Вудс. Інші великі учасники проекту включають Південну Корею, Німеччину, Францію, Італію та Велику Британію[15].

Однак за словами генерального секретаря ОПЕК+ (Організація країн - експортерів нафти та її союзників), експорт російської нафти має вирішальне значення для світових постачань, і немає джерел, які б могли компенсувати замінити 7 мільйонів барелів на день, які видобуває РФ[16].

З цим твердженням згодні експерти Банку міжнародних розрахунків (BIS). В поточному кварталному звіті за 26 червня 2022 року, BIS очікує[17], що обмеження експорту російської нафти супроводжуватиметься сильним та тривалим зростанням цін. Також це може впливати на інші сфери, наприклад на ціни на продукти харчування. Через війну в Україні багато західних країн

хочуть у майбутньому уникати російської нафти, а ЄС ухвалив рішення про ембарго на початку червня.

Фундаментальною проблемою є велика частка ринку російського нафтовидобутку. За даними BIS, на частку Росії припадає 10 відсотків всього світового експорту нафти[17]. Таким чином, значна втрата російських нафтопродуктів стане серйозним негативним шоком світової економіки. Малоімовірно, що інші експортери нафти матимуть достатні видобувні та переробні потужності, щоб замінити відмову від російської нафти. Крім того, інвестиції у відкриття та експлуатацію нових нафтових свердловин, як і раніше, нижчі за докоронавірусний рівень.

Ситуація також погіршується і у сфері біопалива. BIS вважає за можливе, що зростання цін на сиру нафту частково стримується через збільшення використання біопалива. Проте це, своєю чергою, може підвищити ціни на різні основні продукти харчування, необхідні для виробництва біопалива. Таке зростання цін може поширитися на інші продовольчі ринки, наприклад, з кукурудзи на соєві боби. BIS попередив, що збої на світових енергетичних ринках можуть призвести до зростання цін на велику кількість сільськогосподарських продуктів[17].

Крім того, сектор біопалива вже страждає від енергетичної кризи. Виробник Cropenergies скаржиться на зростання цінового тиску через зростання цін на енергоносії та сировину. Крім того, збільшення імпорту етанолу в ЄС і Великобританію з Бразилії і США призведе до зниження продажних цін на біопаливо, повідомляє дочірня компанія Südzucker[17].

У спробах хоча б якось вплинути на ситуацію, деякі політики почали звертатися до нафтопереробних підприємств або до країн, що видобувають та експортують нафту, з проханням збільшити виробничі потужності.

Так, 15 червня 2022 року, президент США Джо Байден закликав нафтопереробні компанії збільшити виробництво, заявивши, що їм необхідно допомогти полегшити тягар високих цін для споживачів. «Компанії мають вжити негайних заходів для збільшення постачання бензину, дизельного

палива та інших продуктів нафтопереробки»[18], — йдеться у тексті його листа, який було оприлюднено на офіційному сайті президента. Також він пригрозив, що у випадку, якщо ситуація не зміниться, то застосує свої надзвичайні повноваження для збільшення вироблення палива.

Заклик Байдена пролунав на тлі того, що надмірно високі ціни на енергоносії посилюють інфляційні процеси у всій економіці. За даними Американської Автомобільної Асоціації[18], середній національний показник за галон бензину перевищив 5 доларів вперше за історію спостережень. Середній показник по країні тоді становив 5,014 долари, що на 54 центи більше, ніж у травні 2022р., і на 1,94 долари більше, ніж торік.

У листі у відповідь Американський інститут нафти, що об'єднує найбільші фірми галузі, нагадав[18], що жодних наддоходів у галузі немає і нинішні високі ціни на нафту навряд чи покривають збитки за попередні роки. Що ціни на бензин у США диктують не нафтовики, а світова кон'юнктура, на яку вони зараз не можуть впливати. Що американські нафтопереробні заводи взагалі працюють на максимумі продуктивності, і як президент має намір надзвичайними повноваженнями виправити цей факт — незрозуміло. Також Байдена дорікнули тим фактом, що галузь дуже недофінансована через його політику і натякнули, що без зміни політичного курсу в галузі енергетики та інвестицій у неї нічого не зміниться.

Проблеми у інвестиціях в нафтовидобування та нафтопереробку підкреслюють експерти з Міжнародного енергетичного форуму (IEF)[19]. За даними їх звіту глобальні інвестиції в нафту цього року залишаться на колишньому рівні і можуть навіть скоротитися, оскільки виробники стикаються з інфляцією, що росте, і нестійкими цінами, викликаними війною Росії в Україні.

Ціни на сиру нафту зросли після російського вторгнення в лютому, оскільки невизначеність щодо безпеки постачання викликала роздратування на ринках. Тим часом ОПЕК та їх союзники не поспішають згортати

скоординовані скорочення видобутку, при цьому деякі члени групи також намагаються відновити видобуток на тлі політичних протестів.

За даними IEF, інвестиції будуть нижчими за 441 мільярд доларів, витрачених у 2019 році третій рік поспіль, що ставить під загрозу енергетичну безпеку в майбутньому. Консультант заявив у грудневому звіті IHS Markit, дослідницького підрозділу S&P Global Platts, що витрати необхідно підтримувати на рівні близько 525 мільярдів доларів на рік до 2030 року, щоб задовольнити світовий попит на нафту та нафтопродукти. Тобто галузь недофінасована на 20%[19] і такий стан речей спостерігається вже понад десятиліття. Нині ж проблема посилилася руйнуванням ланцюжків поставок і зростанням витрат, через що галузі потрібно більше інвестицій просто на підтримку поточного рівня видобутку. Але цих інвестицій немає і зважаючи на все не буде.

Саудівська Аравія, де-факто лідер Організації країн-експортерів нафти та її союзників (ОПЕК+), розкритикувала відсутність витрат у галузі, заявивши, що саме це створило основні проблеми з постачанням на ринку. На думку IEF[19], що тільки такі виробники, як Саудівська Аравія та Об'єднані Арабські Емірати, зможуть добувати значно більше нафти, маючи близько 2 мільйонів барелів резервних потужностей. На папері Саудівська Аравія та Об'єднані Арабські Емірати є єдиними членами ОПЕК із значними обсягами "вільних" потужностей з видобутку нафти. Водночас вони мають у запасі потужності для видобутку близько 3 млн барелів на день. Це приблизно еквівалентно обсягу російської нафти, що потрапить під санкції наприкінці року. Але це означає, що їм доведеться вискрести свої потужності до 100% і у них не залишиться ресурсів для нарощування видобутку у разі якоїсь НС (аварія чи інший форс-мажор).

Тип часом низький рівень води в німецькій річці Рейн посилив нафтотранспортну кризу в Європі. Рейн це великий центральноєвропейський водний транспортний маршрут довжиною приблизно 1288 кілометрів який проходить зі Швейцарії до Північного моря. Це життєво важливий маршрут

для доставки товарів із жвавих портів Амстердама, Роттердама та Антверпена покупцям у внутрішній Європі. Внутрішнє значення Рейну для Німеччини співвідноситься зі значенням річки Дніпро для України.

У липні 2022 року хвиля тепла зменшила частину річки Рейн до найнижчого сезонного рівня за 15 років. Це вплинуло на доставку всього від вугілля до нафтопродуктів, оскільки регіон поспішає запастися енергоносіями напередодні зими.

«Низький рівень води у Рейні означає, що баржі не можуть завантажувати енергетичне вугілля або дизельне паливо на повну вантажопідйомність» – сказав Гійом Перре, засновник енергетичного консалтингу Perret Associates. «Це може стати подвійним ударом для німецьких комунальних служб, оскільки вони вже зіткнулися з нестачею барж, оскільки частина барж задіяна у перевезенні пшениці, яку постачають з України. Та й усе це на тлі традиційного сезонного буму на річкові перевезення»[20].

За даними Управління водних шляхів Німеччини[20], рівень води в Каубі, вузькому місці неподалік Франкфурта, знаходиться на найнижчому сезонному рівні принаймні з 2007 року. Аналогічна ситуація в районі Дуйсбурга та Дюссельдорфа.

Цей період посухи обмежив рух Рейном, змушуючи баржі перевозити менші вантажі. Баржа вантажопідйомністю 2500 тонн, що завантажує дизельне паливо в районі Роттердама, що пливе повз Каубу, може прийняти лише близько 1600 тонн продукту, йдеться у звіті морської брокерської компанії Riverlake[20], тобто ефективність річкових перевезень на Рейні падає практично на третину.

Через подальше погіршення світової економічно-політичної ситуації, у жовтні 2022 року, група великих виробників нафти, до якої входять Саудівська Аравія та Росія, оголосила[21] про скорочення видобутку після першої особистої зустрічі з березня 2020 року. Скорочення еквівалентне приблизно 2% світового попиту на нафту та дорівнює двом мільйонам барелів на день.

Ціна на нафту марки Brent зросла на 1,5% на цих новинах, збільшившись напередодні зустрічі міністрів нафти. Американська нафта зросла на 1,7%. Скорочення видобутку розпочнеться з листопада 2022 року.

Сумарно міжнародний стандарт нафти марки Brent цього року подорожчав приблизно на 50%, тоді як нафтопродукти також досягли багаторічних максимумів через посилення ринків. Все це може призвести до того, що до кінця 2022 року ціни на нафту підвищаться, а на ринках нафти буде спостерігатися велика волатильність, оскільки постачання, ймовірно, будуть обмежені, а Китай та інші країни Азії скасовують обмеження, запроваджені через Covid-19, що спонукає збільшенню споживання палива та відновлення попиту на авіаційне паливо в цих країнах.

Ще одна проблема – недостатні потужності нафтопереробної промисловості у США та ЄС. Нині вони завантажені на 95%[19], тобто простим збільшенням постачання нафти справу не виправиш – потрібні додаткові переробні потужності, яких немає. Ще влітку в США порушували питання про розконсервацію частини закритих нафтопереробних заводів, але поки що жодних зрушень у цьому напрямку немає.

Якщо підвести висновки, то ситуація наступна:

- постачальників нафти на заміну російських немає;
- потужностей нафтопереробних компаній США та ЄС ледь вистачає для обробки нинішнього рівня споживання;
- щоб вирішити ці проблеми, потрібні масовані інвестиції у галузь, яку недофінансували кілька років поспіль;
- інвестиції у галузь неможливі через юридичні заборони, викликані глобальними екологічними процесами у багатьох розвинених країнах.
- ціни на нафту та побочні продукти будуть тільки рости, що викличе ріст цін на експлуатаційне обслуговування транспорту та тарифів на перевезення.

1.5 Міжнародний проект, що допоможе країнам вийти з паливно-енергетичної кризи

У міру того, як наслідки зміни клімату стають все більш помітними, людству терміново необхідно активізувати свої дії щодо боротьби з цією загальною загрозою. Це можливо якщо розпочати глибоку трансформацію економіки всіх держав та суспільств для досягнення кліматичної нейтральності з урахуванням національних обставин країн, що долучаються до цих ініціатив.

Зміна клімату дає поштовх багатьом країнам до модернізації та лідерства у галузях «зеленої» економіки. Ця політика має відповідати Паризькій угоді. Розвинені країни не повинні бути єдиними, хто має діяти: усі країни мають рухатися вперед та активізувати свої дії щодо боротьби зі зміною клімату.

Успіх цього зеленого переходу залежить від значної мобілізації приватних та державних інвестицій, наявності ефективної економіки замкнутого та інтегрованого циклу, взаємопов'язаного та належним чином функціонуючого світового енергетичного ринку, який буде забезпечувати стійку, доступну та безпечну енергію. Перехід до більш екологічного майбутнього спричинить короткострокові витрати та виклики.

Тому 21 червня 2019 року Європейська рада погодила порядок денний ЄС на наступні п'ять років. «Новий стратегічний порядок денний на 2019–2024 роки» визначає пріоритетні галузі, які направлятимуть роботу Європейської ради та забезпечуватимуть керівництво для робочих програм інших інституцій ЄС. Серед обговорюваних тем була присутня тема зміни клімату та екології навколишнього середовища[22].

Лідери ЄС наголосили на важливості активізації глобальних дій щодо боротьби зі зміною клімату для досягнення цілей Паризької угоди щодо боротьби зі зміною клімату. Європейська рада запропонувала Раді та Комісії прискорити роботу над процесами та інструментами, які необхідно

впровадити для забезпечення переходу до кліматично-нейтрального ЄС, який буде:

- враховувати специфіку країн-членів ЄС;
- зберігати конкурентоспроможність європейської промисловості;
- використовувати справедливі та соціально збалансовані заходи;
- поважати право держав-членів приймати рішення щодо власного енергетичного балансу;
- спиратися на вже вжиті заходи для досягнення цієї мети до 2030 року.

Сукупність цих дій та цілей у рамках Європейського закону про клімат затверджує досягнення кліматичної мети ЄС зі скорочення викидів у ЄС не менш як на 55% до 2030 року юридичним зобов'язанням[22]. Країни ЄС працюють над новим законодавством, щоб досягти цієї мети та зробити ЄС кліматично нейтральним до 2050 року. Цей план отримав назву «Fit for 55».

Пакет «Fit for 55» – це набір пропозицій щодо перегляду та оновлення законодавства ЄС та впровадження нових ініціатив з метою забезпечення відповідності політики ЄС кліматичним цілям, узгодженим Європейським парламентом. Пакет пропозицій спрямований на забезпечення узгодженої та збалансованої основи для досягнення кліматичних цілей ЄС.

Пакет «Fit for 55» включає набір пропозицій для нового законодавства ЄС, за допомогою якого ЄС та його 27 держав-членів планують досягти кліматичної мети ЄС 2030 року. Він включає у себе наступні розділи:

- єдина система торгівлі шкідливими викидами у ЄС;
- регулювання розподілу зусиль;
- землекористування та лісове господарство;
- інфраструктура альтернативних видів палива;
- механізм регулювання вуглецевого кордону;
- фонд соціального клімату;
- RefuelEU для авіації та FuelEU для морського транспорту;
- стандарти викидів CO₂ для легкових автомобілів та фургонів;
- оподаткування енергії;

- відновлювана енергія;
- енергоефективність;
- енергоефективність будівель.

Серед цих пунктів особливу увагу потрібно приділити стандартам викидів CO₂ для транспортного сектору. У рамках пакету «Fit for 55» Комісія запропонувала переглянути правила викидів CO₂ для легкових автомобілів та фургонів. У пропозиції вводяться підвищені цілі щодо скорочення викидів у масштабах усього ЄС на 2030 рік та встановлюється нова мета на рівні 100% на 2035 рік[22]. Запропоновані жорсткі стандарти CO₂ для легкових автомобілів та мікроавтобусів спрямовані на підтримку держав-членів у досягненні їх підвищених національних цілей відповідно до положення про поділ зусиль, одночасно стимулюючи технологічні інновації у цьому секторі.

У рамках цього плану, 29 червня 2022 року Європейський Союз погодився заборонити продаж нових автомобілів із двигунами внутрішнього згоряння з 2035 року[23]. Згідно до цієї ініціативи, припинення продажу нових автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння не означає заборону їх використання якщо транспортні засоби з ДВС були придбані до 2030 року. Але наявні можливості з їх технічного обслуговування, заправки та також перспективи їх подальшого продажу на вторинному ринку будуть стрімко погіршуватися після вступу цього закону у силу.

Аналогічною буде ситуація у сфері виробництва цих транспортних засобів. Теоретично європейські автовиробники зможуть продовжувати виробляти автомобілі з двигунами внутрішнього згоряння, щоб потім експортувати свою продукцію до третіх країн з менш суворим природоохоронним законодавством. Проте, найбільші автовиробничі європейські концерни вже перебудовують свої виробничі лінії під виробництво електромобілів[23]. Отже цей план не залишає жодних альтернатив для сфери автомобільного транспорту крім повної електрифікації рухомого складу від легкових автомобілів до важких фур, що виконують вантажні перевезення.

1.6 Основні переваги та недоліки автомобільного електротранспорту

Сьогодні електроавтомобіль це єдина альтернатива існуючим транспортним засобам, що здатна зберегти та продовжити існування автотранспортних перевезень як таких у майбутньому. У найближчі кілька років різноманітність моделей буде лише збільшуватися, як і збільшиться їхня кількість на дорогах міст та селищ в усьому світі. Зростання продажів і вдосконалення моделей дозволять виключити наявні недоліки електрокарів, роблячи ці машини привабливими за експлуатаційними характеристиками, динамічними й швидкісними властивостями. Збільшиться комфорт експлуатації та якість сервісу для водія і безпека для навколишнього середовища та людей.

До числа переваг електротранспорту відносяться наступні властивості, які також відображені на рисунку 1.9:

- високий ККД (приблизно 90-95%);
- відсутність втрат на тертя трансмісії;
- максимальний крутний момент відразу при запуску двигуна;
- низькі експлуатаційні витрати;
- екологічність;
- простота конструкції;
- можливість гальмування двигуном;
- відсутність коробки передач;
- низький рівень шуму;
- рекуперативне гальмування;
- безпечність.

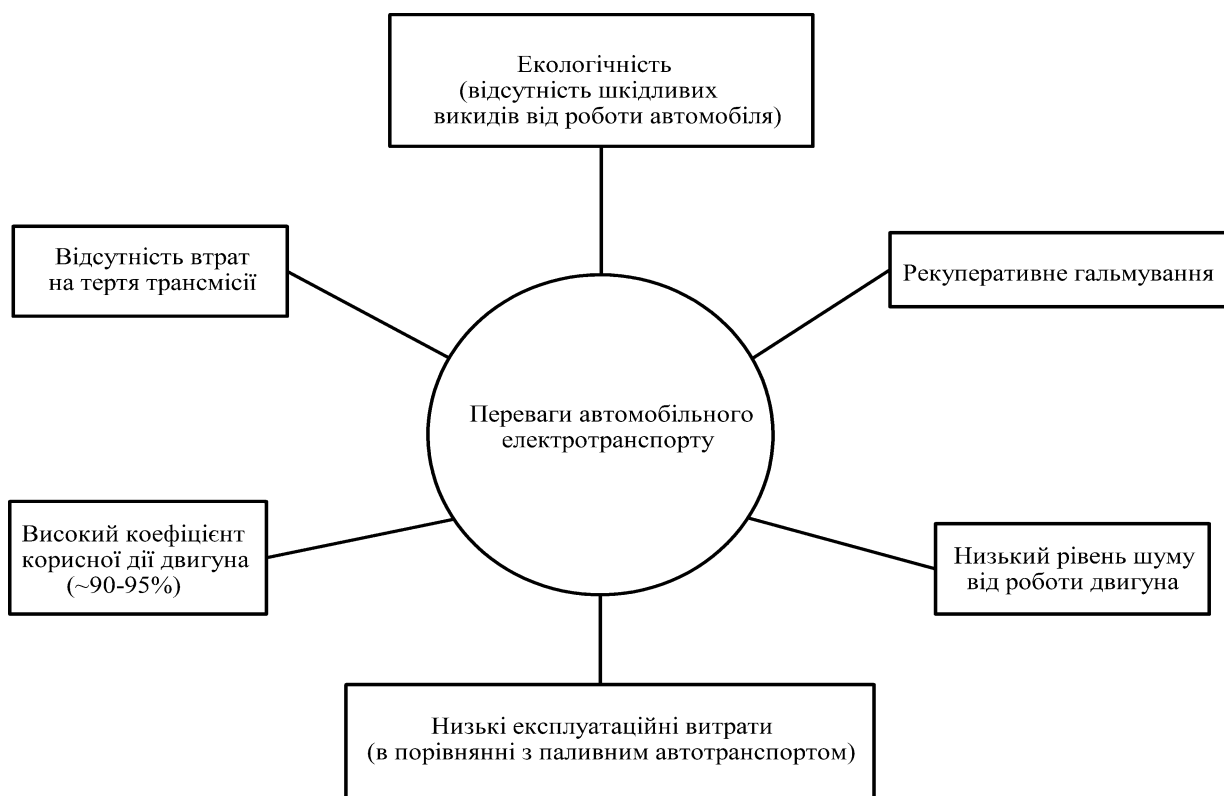


Рисунок 1.9 – Основні переваги автомобільного електротранспорту

До числа недоліків відносяться наступні властивості, які також відображені на рисунку 1.10:

- обмежена за часом робота в автономному режимі;
- необхідність наявності джерела живлення (акумулятори, зарядні станції);
- тривалий час зарядки.

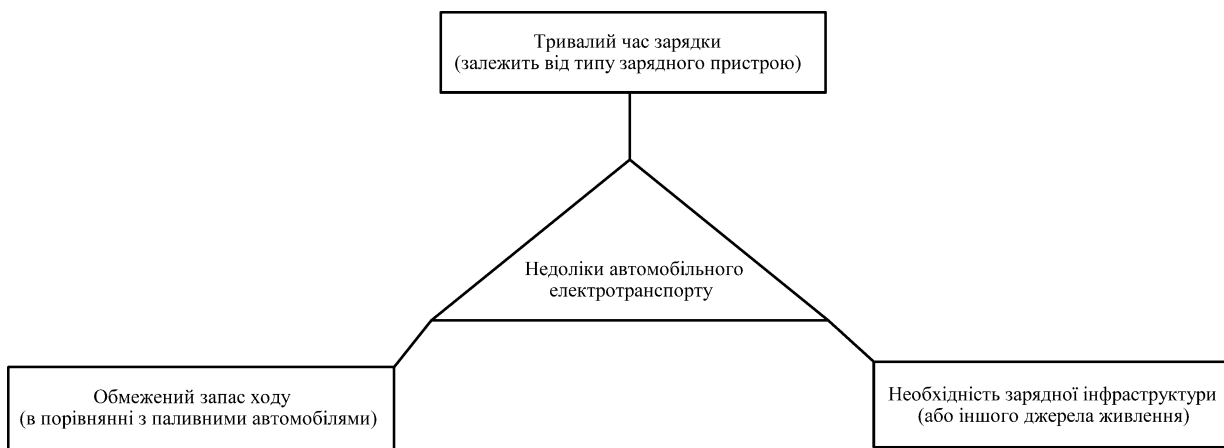


Рисунок 1.10 – Основні недоліки автомобільного електротранспорту

Деякі переваги слід розглянути детальніше. Слід зазначити що всі пункти можуть застосовуватися як до легкових автомобілів так і до вантажних транспортних засобів.

1.6.1 Безпека електроавтомобіля у порівнянні з автомобілем з двигуном внутрішнього згоряння

Активний розвиток електромобілів став причиною численних порівнянь електричних автомобілів зі звичайними, оснащеними двигуном внутрішнього згоряння. Їх порівнюють з різних точок зору: екологічність, дальність пробігу, ціна, зручність експлуатації й т. ін. Одним з головних критеріїв порівняння є безпека електромобілів і автомобілів з двигуном внутрішнього згоряння.

Електрокари мають непогану керованість і низькі ризики перевероту при ДТП. Такий результат забезпечується розташуванням важкої акумуляторної батареї під підлогою авто, внаслідок чого центр ваги зміщений до низу. Окремо слід зазначити пожежну безпеку. Звичайно, неправильно говорити про те, що електрокар повністю пожежобезпечний. Однак, загоряння електрокарів відбувається приблизно в 11 разів рідше, ніж машин з двигунами[24]. Машина з електродвигуном може горіти так само як і бензиновий аналог, але необхідно уточнити, що в першому випадку швидкість горіння набагато нижче. Така різниця – результат відсутності горючих рідин у двигуні електромобіля (бензин, дизель, масла), які у випадку зі звичайним авто розтікаються та миттєво спалахують.

Проблема загоряння акумуляторної батареї електромобіля поки, на жаль, не міф, а цілком реальність. Однак тут важливо зрозуміти, чому це відбувається, визначити саму суть проблеми. Всі виявлені на сьогодні випадки загоряння батареї – наслідок виникнення аварійних ситуацій або результат пошкодження батареї, днища машини в ході експлуатації. Щоб мінімізувати такі ризики, корпуси акумуляторів роблять з матеріалів підвищеної міцності. Також додатково зміцнюють днища електроавтомобілів.

Батарея запалюється досить довго. Це пов'язано з особливостями її внутрішніх хімічних процесів. І поки це є серйозною проблемою. Якщо пошкодження батареї не виявлено вчасно, то ланцюжок виконуваних в ній реакцій може призвести до займання набагато пізніше – навіть тоді, коли авто просто стоїть на автомобільній стоянці[24].

Зробити так, щоб електромобілі були повністю захищені від пожежі — одна з головних цілей автовиробників. По кілька разів на рік випускаються оновлення безпеки, доповнюються алгоритми контролю температури батареї. Однак одна з головних надій в цьому напрямку – перехід з літій-іонних елементів на твердотілі.

1.6.2 Рекуперативне гальмування

При виборі електромобіля одним з найважливіших його параметрів є дальність пробігу на одній зарядці. Виробники електрокарів проводять активні дослідження і впроваджують все нові розробки, які дозволяють збільшити дальність пробігу електрокара на одній зарядці. Рекуперативне гальмування, як одна з можливостей часткового відновлення заряду батареї, є важливим нюансом при виборі електрокара.

У кількох словах принцип рекуперативного гальмування електромобілів можна описати як процес отримання енергії в ході гальмування авто, тобто фактично це підзарядка акумулятора електрокара прямо по ходу руху[24].

Щоб зрозуміти, як працює система рекуперативного гальмування, необхідно згадати, що кожне рухоме тіло володіє кінетичною енергією. При гальмуванні машини з двигуном внутрішнього згоряння ця енергія витрачається в ході контакту гальмівних колодок і гальмівних дисків, стираючи їх, тобто просто «в нікуди». В електромобілях застосовується більш уважний підхід до використання енергії. При гальмуванні електричний мотор змінює режим роботи: замість живлення від акумулятора він починає працювати як генератор, виробляючи енергію. У цей момент в обмотці ротора

і статора виникають струми протилежної спрямованості. Зниження швидкості транспортного засобу відбувається внаслідок того, що на валу електромотора з'являється гальмівний момент. До початку гальмування кінетична енергія трансформується в електричну і теплову, додаткова електроенергія надходить в акумулятор, тим самим підвищуючи його заряд[24].

Рекуперація електродвигуна з точки зору фізичного процесу є досить ефективною, оскільки його ККД становить близько 70%. Тобто близько 70% застосованої на гальмування енергії перетворюється в електроенергію. Однак ефективність рекуперативного гальмування з точки зору збільшення дальності пробігу машини не така велика, оскільки збільшення пробігу складає всього в межах 10–20% в залежності від умов: тип авто та асинхронного двигуна, ваги транспортного засобу, швидкість руху, характеристики батареї, дорожні умови й т. ін.[24].

Умови, при яких рекуперативне гальмування двигуна постійного струму найбільш ефективне:

- заміські траси, що дозволяють розвивати хорошу швидкість;
- горбиста місцевість і круті спуски;
- в міських умовах при пересуванні в режимі «старт-стоп»;
- вага автомобіля;

В цьому випадку вірно правило: чим частіше гальмує електрокар, тим більше його батарея заряджається.

Ситуації, коли рекуперативне гальмування електродвигуна неефективне:

- рух по рівній поверхні з однією швидкістю (в такому режимі руху гальма машини застосовуються мало);
- при низькій температурі акумулятора рекуперативна електроенергія буде вироблятися в обмеженому обсязі;
- 100% заряд батареї (неможливо зарядити батарею, якщо вона вже заряджена на 100%).

У ситуації, коли пробіг електрокара обмежується зарядом батареї, важливе будь-яке джерело, окрім зарядної станції, яке може виробляти додаткову енергію. Тому рекуперативне гальмування – перспективний спосіб збільшення пробігу. А 70% збереженої енергії гальмування – хороший показник з урахуванням того, що ще буквально 10 – 15 років тому на такі втрати взагалі не звертали увагу[24].

1.6.3 Технічне обслуговування

Електромобілі з'явилися не так давно, і технологія все ще розвивається. Проте, в плані обслуговування електрокар має низку переваг, у порівнянні з автомобілями з двигунами внутрішнього згоряння.

Традиційним автомобілям необхідні змащувальні матеріали рухомих деталей мотора. Поршні, клапани та інші рухомі частини двигуна повинні плавно взаємодіяти один з одним на дуже високих швидкостях, і змащувальні матеріали забезпечують безпечне ковзання. Також воно вберігає двигун від перегріву. В результаті взаємодії металевих деталей в змащувальних матеріалах накопичуються мікроскопічні частинки, які необхідно періодично видаляти. Для безперебійної роботи двигуна його зливають і заливають нове.

У двигуна електрокара немає ні поршнів, ні клапанів, ні інших рухомих деталей, які вимагають змащувальних матеріалів, тому і регулярна їх заміна в електромобілі не потрібна. Крім відсутності необхідності міняти змащувальні матеріали, електрокар позбавляє власника від:

- заміни свічок запалювання, паливних фільтрів, приводних ременів і водяної помпи;
- вирішення несправностей і затоплення карбюратору;
- заміни прокладок головки циліндра;
- заміни ременів і шлангів, кілець і циліндрів;
- усунення неполадок радіатора;
- заміни та ремонту підшипників та колінчастих і розподільних валів;

– діагностики вихлопної системи.

Найпопулярніші трансмісії електромобілів виключають понад два десятки рухомих деталей в порівнянні з автомобілем з двигуном внутрішнього згоряння. Завдяки цьому електрокар обходиться меншим техобслуговуванням, ніж традиційний автомобіль[24].

Але електрокарам кожні роки сім потрібно капітальне обслуговування охолоджувальної рідини, включаючи слив, очищення і заправку всіх трубопроводів. Також необхідна перевірка схеми передачі потужності й, можливо, заміна деяких електричних компонентів, пов'язаних з акумулятором, інвертором і електродвигуном.

Термін служби нікель-металгідридних акумуляторних батарей – від 5 до 10 років, літій-іонних – від 8 до 15 років. Протягом цього часу вона поступово деградує, втрачаючи по 1–5% місткості за рік. Чим потужніше зарядний пристрій, тим швидше зношується акумулятор. Приблизно через 12 років безперервного використання потрібна повна заміна акумулятора, що є найбільш витратним фактором. За словами експертів, в найближчі роки пробіг електрокарів зможе досягати в середньому 500 тисяч км. На цьому етапі потужність акумулятора знизиться приблизно до 70% від первісної продуктивності, що явно не буде влаштовувати водіїв. Вартість нового варіюється від 1000 до 6000 доларів та класу автомобіля – це можна порівняти з повною заміною двигуна внутрішнього згоряння у звичайному автомобілі[24].

1.6.4 Експлуатація електроавтомобіля у зимову пору року

Якщо на морозі витягнути з кишені телефон, його батарея почне розряджатися швидше. Те ж саме відбувається і з акумуляторною батареєю електрокара. При низьких температурах вона витрачає більше заряду, тому що і в електромобілі, і в телефоні використовуються літій-іонні акумулятори. Під час зарядки іони літію впроваджуються в кристалічну решітку катода

(графіту), а при розрядці вони переміщаються назад до анода. Низькі температури викликають порушення в цьому електрохімічному процесі. Багато власників електрокарів скаржаться на те, що акумуляторна батарея втрачає заряд з великою швидкістю в мороз.

Експерти Американської Автомобільної Асоціації (American Automobile Association) провели дослідження і точно встановили, що при температурах нижче -7°C машина може проїхати відстань на 41% менше, ніж у звичайних умовах. І це при системі опалення салону що працює. Для чистоти експерименту її відключали, але істотно на ситуацію це не вплинуло. Подібна проблема виникає не тільки на морозі. Дослідження показують, що при 5°C місткість батареї знижується на 20%, при -5°C – на 35-40%, а при -12°C – на 50%. Це правило не володіє вибірковістю до якихось певних моделей електрокарів. Дослідники використовували для експериментів п'ять машин різних марок (Chevrolet Bolt EV, Volkswagen e-Golf, Nissan Leaf, BMW i3s, Tesla Model S). Для всіх автомобілів результат виявився майже однаковим, а це значить, що проблема експлуатації електрокара в умовах низьких температур глобальна[24].

На швидкість розрядки акумуляторної батареї впливає сукупність наступних факторів.

Температура повітря. Це ключовий аспект. Чим вона нижче, тим швидше електрокар затихне. Критичною відміткою вважається -12°C ;

Мікроклімат салону. Відключення опалення істотно на ситуацію не впливає, але все ж допомагає вберегти частину енергії через те, що кондиціонер і грубка харчуються від акумуляторної батареї;

Місце зберігання автомобіля. Якщо електроавтомобіль припаркований «на вулиці» при низькій температурі, його батарея буде дуже швидко розряджатися.

Взимку поїздка на електрокарі стає більш небезпечною не тільки через ожеледицю або снігові завали на дорозі. Ніхто не захоче раптово застрягти

десь посеред траси на своєму автомобілі, акумулятор якого наказав довго жити. Поїздка буде безпечною, якщо виконується низка рекомендацій.

Правильний вибір місця зберігання автомобіля. Електрокар повинен стояти в гаражі, де підтримується стабільна температура. Якщо в приміщенні тепло, то акумулятор розряджається не так швидко. Для зарядки авто взимку в гаражі потрібно менше часу, що дозволить знизити витрати на електроенергію;

Регулярна підзарядка. Взимку акумулятор не тільки швидше розряджається, але і повільніше відновлює заряд. На повну зарядку в умовах низьких температур піде більше часу, ніж влітку. Водіям електрокарів необхідно використовувати будь-яку можливість і підключати машину до мережі навіть в тому випадку, якщо заряду в ній вистачає.

1.6.5 Особливості зарядки акумуляторної батареї електромобіля

Електромобілі заряджаються трьома способами:

- від двофазної побутової мережі 120 В;
- від трифазних станцій 240 В (supercharger);
- від промислових джерел постійного струму потужністю до 50 кВт (Direct Charging).

Для «засвоєння» електроенергії машина повинна мати стандартний зарядний пристрій потужністю від 3,6 кВт. Для підключення авто до мережі потрібен спеціальний кабель. Стандартна довжина кабелю – 5 метрів, але існують і довші моделі. На одному кінці кабелю розташовується звичайна вилка, а на іншому спеціальний штекер, сумісний з роз'ємом для зарядки на машині та блок захисту, який призначений для контролю напруги та температури, запобігаючи пошкодженню акумулятора електрокара при аварійній ситуації.

Також, потрібно звернути увагу на те, що незважаючи на випуск декількох моделей електрокарів, не існує єдиного стандарту роз'ємів.

Європейські автомобільні виробники встановлюють ЗУ стандартів Mennekes і CHAdeMO, в США використовуються CCS Combo і SAE J1772. Розробляють власні стандарти Японія і Китай[24].

1.6.6 Недоліки електроавтомобіля

Говорячи про переваги транспортних засобів з електродвигунами, потрібно вказати й на властиві їм недоліки. А вони здатні досить швидко зіпсувати все приємні враження від експлуатації електромобіля.

Порівняно висока ціна. Якщо порівнювати два транспортних засоби одного класу і зі схожими характеристиками, один з яких приводиться в рух двигуном внутрішнього згоряння, а інший — електродвигуном, то вартість останнього буде відчутно вище. Пояснюється це значною мірою менш масовим виробництвом. Чим більш масовими партіями будуть випускатися такі автомобілі, тим все меншою буде різниця в ціні;

Тривала зарядка електрокара. Якщо заряджати батареї автомобіля від домашньої електромережі 220 В, то в середньому процес відновлення їх місткості займе понад 10 годин. В цьому випадку автомобілі на рідкому паливі виглядають привабливіше, оскільки залити паливо в бак – справа 5-10 хвилин;

Дорогі акумуляторні батареї. Щоб забезпечити електрокару великий запас ходу, в нього встановлюють потужні акумуляторні батареї, що складаються з великої кількості елементів живлення. Гарантія на них від виробників авто становить в середньому 5-8 років. Зрозуміло, експлуатувати їх можна відчутно довше, але по закінченню цього терміну їх місткість знизиться до 70%[24]. І продовжить знижуватися, що буде позначатися на запасі ходу. Доведеться задуматися про повну заміну всіх акумуляторів, що в підсумку обертається чималими фінансовими витратами. Термін експлуатації батарей може виявитися менше заявленої виробником в результаті неправильної експлуатації автомобіля або пошкодження в ДТП;

Безшумність електромобілів. Тиша в салоні такого автомобіля є однозначним плюсом для водія і пасажирів. Але практично безшумна їзда може стати причиною аварій за участю пішоходів. Вони просто не почують автомобіль, необачно ступивши на проїзну частину дороги. У цьому випадку постають більші вимоги та відповідальність до уважності та реакції водія електрокара.

Відсутність відповідної інфраструктури. Стационарних зарядних станцій, що дозволяють відносно швидко відновити заряд акумуляторів, недостатньо навіть у великих містах. У провінційних населених пунктах їх зовсім може не виявитися. Сьогодні в Україні нараховується близько 784 адреси зарядних станцій, щільність та кількість яких сильно залежить від розвиненості економіки області, що зображено на рисунках 1.1 та 1.2, де зелений колір мають станції 220 В, а помаранчевий – 380 В[24].

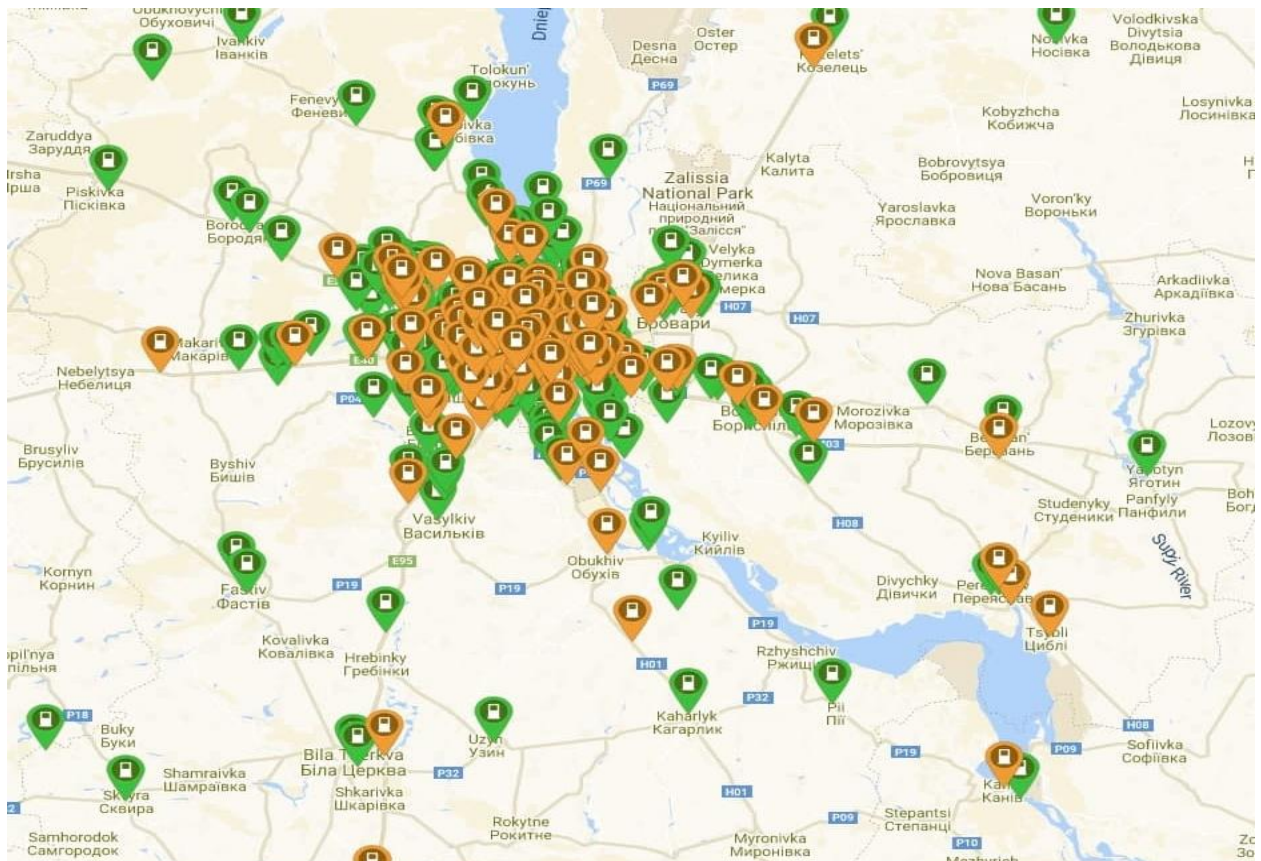


Рисунок 1.9 – Мапа адрес зарядних станцій у Київській області у 2020 році

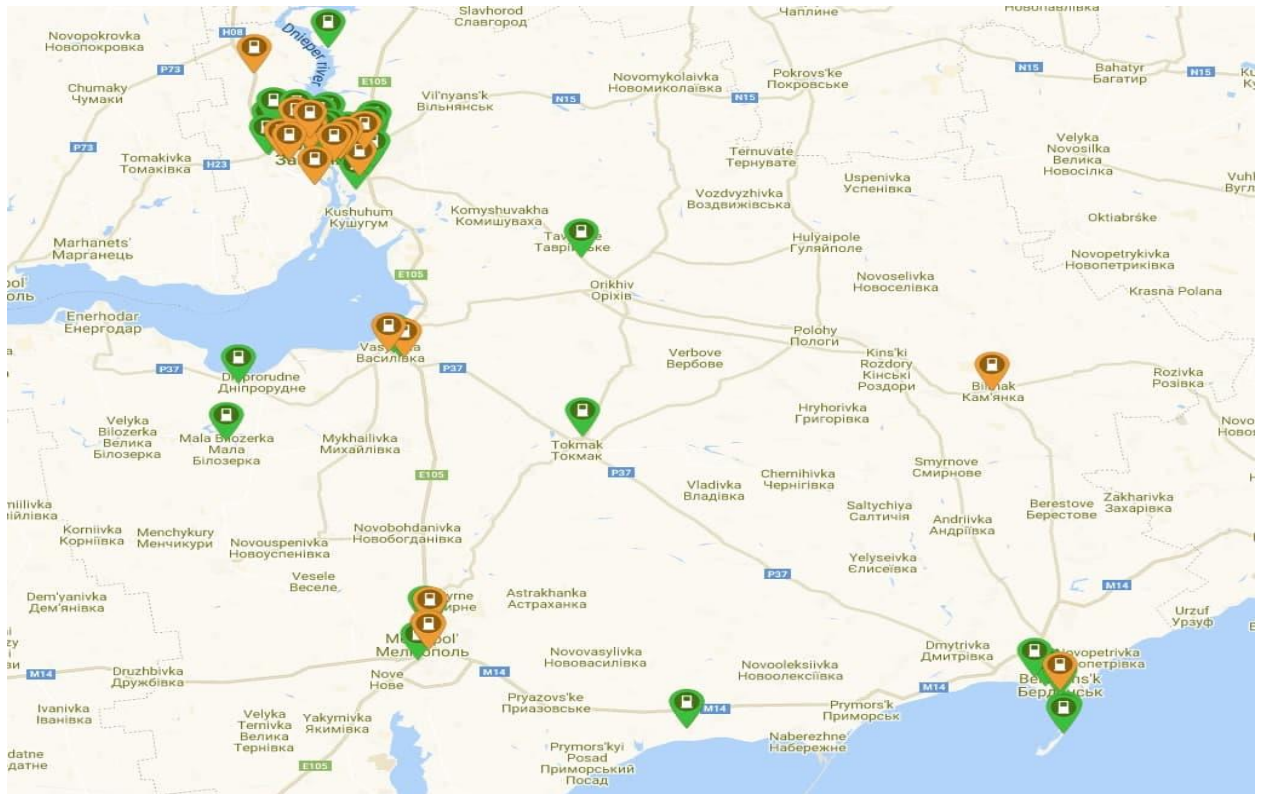


Рисунок 1.10 – Мапа адрес зарядних станцій у Запорізькій області у 2020 році

Також проблеми можуть виникнути з технічним обслуговуванням і ремонтом електромобілів, купівлею нових запчастин і акумуляторів.

Як було зазначено вище, електромобілі з'явилися не так давно, технологія все ще розвивається, і чітких термінів проходження техогляду поки немає. Проте, рекомендовано проходити його щорічно з метою уникнення будь-яких несправностей. Електроавтомобілю з річним пробігом більше ніж 20000 км не завадить техогляд двічі на рік, що продовжить термін служби акумулятора[24].

Нижче наведені приблизні терміни проходження техогляду для легкових автомобілів, але за більш точними даними слід звертатися до виробника конкретної моделі електроавтомобіля:

- кожні 12000 км проводиться перевірка рідин, внутрішнього програмного забезпечення системи та покриття коліс;
- кожні 24 000 км рекомендовано замінити щітки склоочисника;

- кожні 58 000 км потрібна заміна повітряного фільтра кабіни;
- кожні 120 000 км треба замінювати газові стійки капота;
- кожні 5 років рекомендується заливати нову гальмівну рідину;
- кожні 7 років потрібна заміна осушувача кондиціонера.

1.7 Постановка завдань на магістерську роботу

Світ вже давно переживає нафтову енергетичну кризу, яка тільки посилилася через пандемію Covid-19 та війну Російської Федерації в Україні. Але рішення та вихід з цієї ситуації існує, проте місця старим транспортним засобам з двигунами внутрішнього згоряння у ньому більше не буде. Це пряма загроза для існування сфери автотранспортних перевезень. Однак, ринок цих перевезень може продовжити своє існування якщо пройде глибоку модернізацію свого рухомого складу та інфраструктури, що його обслуговує.

Ця модернізація повинна полягати у зменшенні екологічних наслідків використання автотранспортних засобів що можливе через повсюдне використання електротранспорту.

У магістерській роботі буде зроблена спроба запропонувати шлях вирішення зазначених вище питань в сучасних умовах України.

Враховуючи, що впровадження електромобілів має як переваги так і недоліки, у магістерській роботі буде розглянуто можливість заміни паливного автомобільного транспорту на електротранспорт для виконання вантажних перевезень на прикладі експлуатації автомобільного транспорту в існуючих умовах України. Для цього передбачається розглянути та виконати наступні питання:

- розглянути можливість впровадження вантажного автомобільного електротранспорту, враховуючи існуючі переваги та недоліки;

- розглянути особливості розташування та експлуатації енергетичної інфраструктури, необхідної для функціонування автомобільного електротранспорту для вантажних перевезень;
- розглянути вплив зарядної енергетичної інфраструктури на роботу автотранспортного підприємства;
- виконати розрахунки соціально-економічного збитку від роботи паливного автомобільного транспорту;
- виконати порівняння вартісних експлуатаційних показників використання паливного та електричного автомобільного транспорту;
- зробити висновки та пропозиції щодо можливості використання електромобілів для здійснення вантажних перевезень в сучасних умовах України.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Проблеми та переваги впровадження вантажного електротранспорту

На сьогоднішній день основна увага приділяється електрифікації транспортних засобів за допомогою легкових автомобілів і транспортних засобів невеликої вантажопідйомності (1000 – 4000 кг), але у недалекому майбутньому, значний прогрес також буде спостерігатися в електрифікації транспортних засобів середньої й великої вантажопідйомності (4000 – 36000 кг)[1]. До цієї категорії входять великовантажні автомобілі різних типів, міські автобуси та спеціалізовані транспортні засоби. Станом на кінець 2019 року у світі використовувалося близько 700 000 комерційних електромобілів середньої та великої вантажопідйомності[25].

Швидке зростання впровадження електромобілів засноване на трьох основних принципах, які наведені нижче та відображені на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Три основних принципи впровадження автомобільного електротранспорту

Перший принцип це удосконалення і зниження витрат в технології акумуляторних батарей, які спочатку були можливі завдяки широкомасштабному застосуванню літій-іонних акумуляторів в побутовій електроніці й невеликих транспортних засобах. Ці розробки відкривають

великі можливості для електромобілів щодо зниження вартості володіння цими транспортними засобами в порівнянні з їх паливними аналогами;

Принцип другий – широкий спектр політичних інструментів, які підтримують екологічно чисті транспортні рішення на основних світових ринках, які відображаються за рахунок інвестицій приватного сектора. Ці розробки обумовлені екологічними цілями, включаючи скорочення місцевого забруднення повітря. Ці інструменти політики підтримують розгортання зарядної інфраструктури та надають грошові (наприклад, знижки та пільги на реєстрацію транспортних засобів) стимули для підтримки впровадження електромобілів;

Принцип третій – норми та стандарти, що підтримують високоефективні транспортні рішення і знижують споживання нафти (наприклад, стандарти економії палива, вимоги до автомобілів з нульовим рівнем викидів і стандарти палива з низьким вмістом вуглецю). Ці правила підтримуються заходами з просування технологій, що складаються, в основному, з економічних інструментів (наприклад, грантів і дослідницьких фондів), які спрямовані на стимулювання технологічного прогресу (особливо виробників акумуляторних батарей), і заходів ринкового тяжіння (наприклад, програми державних закупівель), які спрямовані на підтримку розгортання технологій чистої мобільності й забезпечення зниження витрат за рахунок вивчення технологій, масштабування і зниження ризиків.

Основна проблема, з якою стикаються як виробники, так і кінцеві користувачі автомобілів середньої та великої вантажопідйомності, це різноманітний набір експлуатаційних вимог і робочих циклів, з якими автомобілі стикаються в реальній експлуатації. При проектуванні трансмісії транспортних засобів і потреб в зберіганні енергії на борту для нових технологій, критично важливо точно уявляти поведінку транспортного засобу у різних типових ситуаціях, включаючи можливі економічні зміни, викликані електрифікацією транспорту[26]. Для автомобілів середньої й великої вантажопідйомності може знадобитися велика кількість різних видів

трансмисії та акумуляторів, засобів управління та зарядки. Ці потреби залежать від типу транспортного засобу, комерційних експлуатаційних ситуацій і видів діяльності, а також різноманітних операцій (наприклад, операції в межах міста в порівнянні з міжнародними рейсами). Тому на рівні міст, зарядка електромобілів може впливати на електричне навантаження енергомережі, викликаючи негативний вплив на розподільні мережі електроенергії, особливо через зарядні станції швидкої зарядки. Електрифікація комерційних вантажівок і автобусів середньої та великої вантажопідйомності може привести до появи унікальних вимог до зарядки й інфраструктури в порівнянні з легковими автомобілями.

Приклад досить різноманітних варіантів використання електромобілів середньої та великої вантажопідйомності демонструє діапазон енергоефективності від 0,5 до 2,5 кВт·г/км[27]. Якщо врахувати потреби в зберіганні енергії на борту цих транспортних засобів, виходячи з денного робочого діапазону від 80 до 400 км, це призведе до вимог розміру акумулятора від 40 до 640 кВт·г (за умови, що автомобіль заряджається один раз на день). Якщо розглядаються додаткові методи управління заряджанням (з їх різницею в можливому часі зарядки й відповідних для цього потужностях), діапазон можливостей апаратного забезпечення транспортного засобу та інфраструктури зарядки збільшується.

Існує взаємозв'язок між компонентами електромобілів малої, середньої та великої вантажопідйомності. Однак вимоги, що пред'являються до автомобілів середньої й великої вантажопідйомності, покладають набагато більше навантаження на компоненти трансмісії. Потреби в потужності та енергії, у важких умовах експлуатації, набагато більше, ніж у легкових автомобілів. Транспортні засоби великої вантажопідйомності можуть потребувати вдвічі більше пікової потужності, чотириразового крутного моменту і споживають більше ніж в п'ять разів більше енергії на кілометр пройденого шляху в порівнянні з легковими електроавтомобілями[28]. Крім використання більшого об'єму енергії на кілометр пройденого шляху,

зазвичай комерційні автомобілі проїжджають набагато більшу відстань за день, що вимагає набагато потужніших акумуляторів і, можливо, більш потужної та швидкої зарядки.

В цілому, ці вимоги, в поєднанні з потребами в дуже високій довговічності й дуже потужних внутрішніх агрегатах, можуть привести до того, що хімічний склад акумуляторних батарей важких транспортних засобів буде відрізнятися від тих, які використовуються в малопотужних транспортних засобах, що перешкоджає економії за рахунок масштабу. Вимоги до високої ефективності, високої потужності й меншій вазі змусять комерційні автомобілі працювати при вищих напругах, ніж у легкових автомобілях[28].

Історично електромобілі не були відповідною альтернативою великовантажним дизельним вантажівкам (з повною масою понад 15 000 кг) через високі капітальні витрати, високі вимоги до електроенергії та потужності, а також обмежень по вазі та запасу ходу. Міжнародна рада по «чистому транспорту»[29], наприклад, передбачає, що, хоча звичайних методів зарядки електромобілів може бути досить для невеликих міських комерційних автомобілів, для важких транспортних засобів потрібно повітряна контактна мережа або дорожня зарядка. Недавні дослідження оскаржують це, передбачаючи набагато більшу можливість для електромобілів замінити дизельні вантажівки в короткостроковій перспективі, навіть для далеких перевезень[30], але потенціал акумуляторно-електричних моделей для роботи на далеких відстанях ще не встановлено[31].

Дослідження також показують, що значний обсяг корисного навантаження вантажівок буде використовуватися акумуляторною батареєю. Потенційно у вантажівках вантажопідйомністю від 20 тон, з дальністю дії до 800 кілометрів, 28% місткості буде зайняте акумуляторною батареєю місткістю у 1100 кВт·г[32]. Таким чином, батареї значно скоротять кількість вантажу, що перевозиться. Інші дослідження показують, що це значення може бути набагато менше – близько 4% втраченої вантажопідйомності для

вантажівок з дальністю 800 кілометрів і з загальною нижчою сукупною вартістю володіння, ніж у дизельних вантажівок[33]. Для перевезень на короткі відстані, наприклад для вантажних портових операцій, комунальних, регіональних або місцевих перевезень, електромобілі здаються більш відповідними, і вага батареї вже не може негативно впливати на вантаж або вантажопідйомність.

Транспортні засоби середньої вантажопідйомності (4000 – 15 000 кг) – ще один привабливий напрямок для електрифікації. Ринок постачання товарів зростає приблизно на 9% в рік в останні роки, при цьому прогнозована вартість світової галузі у 2025 році складе 343 мільярдів доларів. Транспортні засоби постачання «останньої милі», які необхідні для цього ринку, зазнають змін і надають хороші можливості для електрифікації. Компанія Amazon, наприклад, оголосила про плани закупити до 2030 року 100 000 електричних фургонів Rivian, виготовлених за індивідуальним замовленням[34].

В останні роки компанії Balqon, Daimler Trucks NA, Peterbilt, TransPower, Tesla, US Hybrid, Volvo та інші компанії розробили та протестували кілька важких акумуляторних електричних вантажівок для перевезень на різні відстані. Приклади деяких електровантажівок наведені на рисунках 2.2–2.5. На жаль, через глобальні проблеми у сферах економіки та постачання необхідних матеріалів, ці розробки все ще залишаються у вигляді дослідних зразків.



Рисунок 2.2 – Прототипи вантажівок від компанії Mercedes (eActros, eActros LongHaul)[34].



Рисунок 2.3 – Прототипи вантажівок від компанії Renault (D Z.E., Master Z.E., D Wide Z.E.)[34].



Рисунок 2.4 – Прототипи вантажівок від компанії Volvo (FL Electric, FE Electric)[34].



Рисунок 2.5 – Прототипи вантажівки від компанії Tesla (модель Semi)[34].

2.2. Особливості та світовий досвід використання енергетичної інфраструктури автомобільного транспорту

Планування енергетичної інфраструктури та розгортання екосистеми економічних та зручних державних та приватних зарядних електрозаправних станцій має вагоме значення для підтримки впровадження електромобілів. Відсутність достатньої заправної інфраструктури перешкоджала багатьом минулим зусиллям щодо просування альтернатив нафтовому паливу[35]. Проводяться великі дослідження які спрямовані на вирішення різноманітних проблем, пов'язаних з переходом від двигунів внутрішнього згоряння до електромобілів. Одна з таких проблем це особлива роль інфраструктури зарядки у цьому переході.

Станом на кінець 2019 року в усьому світі налічувалося близько 7,3 мільйонів зарядних пристроїв та станцій для електромобілів, з яких майже 0,9 мільйона були загальнодоступними. Значна державна підтримка та приватні інвестиції допомагають розширювати мережу громадських зарядних станцій у всьому світі. За наявності на дорогах близько 7,2 мільйона легкових електромобілів на кожні 10 малотоннажних електромобілів припадає приблизно один громадський зарядний пристрій, а більшість легкових транспортних засобів мають доступ до побутових зарядних пристроїв. Однак кількість громадських зарядних станцій на один електромобіль сильно різниться в 10 країнах світу з найбільшою їх кількістю (рис. 2.1) через різні підходи до розгортання швидких та повільних загальнодоступних зарядних пристроїв. Крім цих зарядних пристроїв для легкових електромобілів, за оцінками МЕА, існує 184 000 швидких зарядних пристроїв, призначених для електробусів[36].

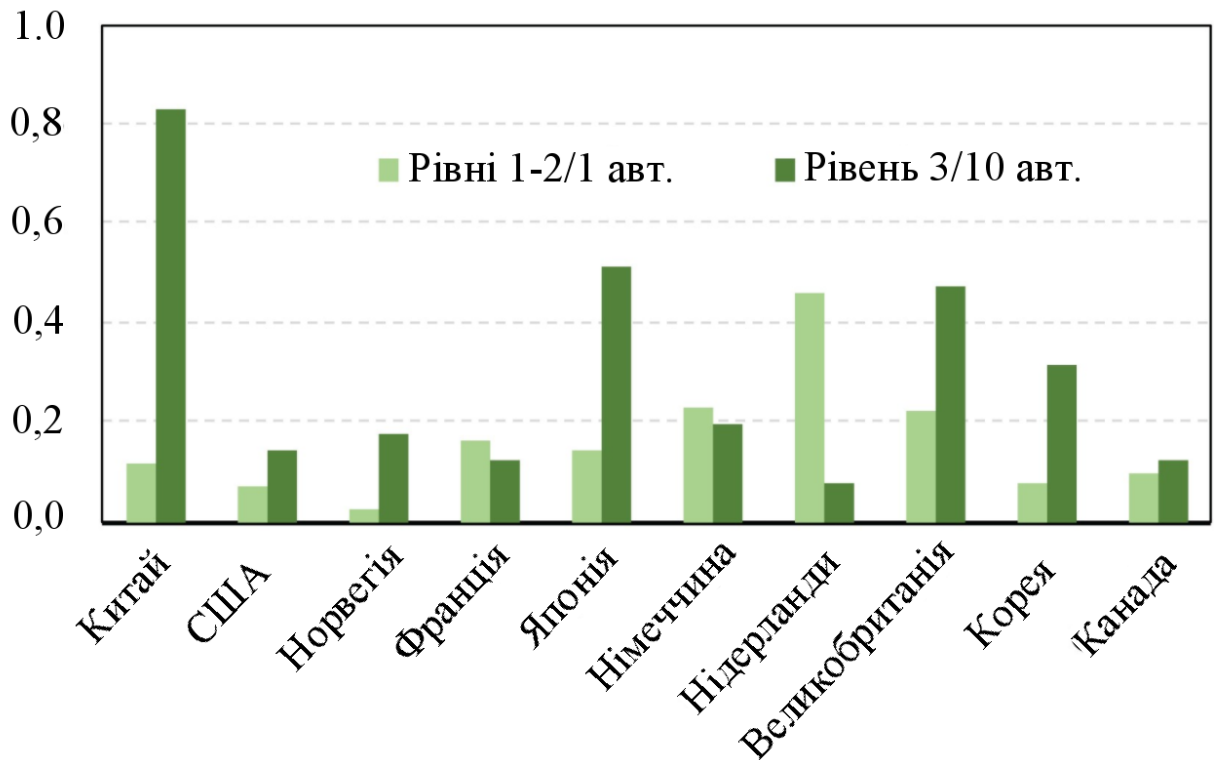


Рисунок 2.6 – Світова кількість зарядних станцій у відношенні до числа електромобілів, 2019 р[36].

Слід надати пояснення щодо вказаних на рис. 2.1 зарядних пристроїв рівня 1, 2 та 3. Такий розподіл зарядних пристроїв на 3 різних рівні це американська класифікація, за європейською вони поділяються на 4 типи. Далі у роботі для порівнянь та розрахунків буде використовуватися американська система класифікації, наведена на рисунку 2.7, яку слід розглянути детальніше.

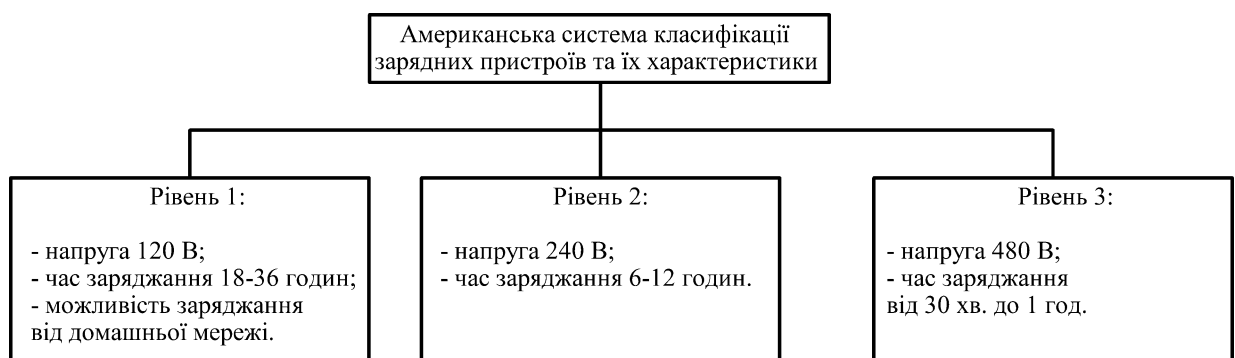


Рисунок 2.7 – Система класифікації зарядних пристроїв у США

Рівень 1 зарядних пристроїв за американської класифікації дуже схожий на звичайний зарядний пристрій побутового призначення та вже являється застарілою технологією. Напруга в пристроях цього рівня становить 120В. В залежності від об'єму акумуляторної батареї електромобіля час заряджання становить від 18 до 36 годин. Єдина перевага цього рівня зарядки це можливість заряджати електроавтомобіль від побутової енергомережі. Приклад пристрою першого рівня наведений на рисунку 2.8.



Рисунок 2.8 – Приклад зарядного пристрою рівня 1[37].

Рівень 2 зарядних пристроїв вдвічі потужніший ніж 1й, з напругою у 240В. Ці пристрої використовуються у всіх комерційних електрозаправних станціях та є найбільш розповсюдженими серед всіх типів зарядних пристроїв. В залежності від об'єму акумуляторної батареї електромобіля час заряджання таким пристроєм становить від 6 до 12 годин. Приклад пристрою другого рівня наведений на рисунку 2.9.



Рисунок 2.9 – Приклад зарядного пристрою рівня 2[37].

Рівень 3 зарядних пристроїв є відносно новим типом зарядки яка менш розповсюджена в порівнянні з рівнем зарядки 2 та характеризується використанням постійного струму і робочою напругою у 480В. На сьогоднішній день це найшвидший спосіб заряджати електромобіль, час заряджання акумуляторної батареї електромобіля становить від 30 хв. до 1 години. Єдиним недоліком цього рівня зарядки є неможливість її використання зі старими моделями електромобілів[38]. Приклад пристрою третього рівня наведений на рисунку 2.10.



Рисунок 2.10 – Приклад зарядного пристрою рівня 3[37].

Різні дослідження незмінно показують, що сьогоденні електромобілі заряджаються в основному (50-80%) вдома, потім на роботі (15-25%, коли працівники використовують свої автомобілі для поїздок на роботу) та через використання громадських зарядних пристроїв (загалом близько 5%)[39]. Гібридні автомобілі (тобто ті в яких наявний двигун внутрішнього згоряння, який підтримується електродвигуном) проводять більше зарядки вдома, ніж повністю електрифіковані автомобілі і вони більше покладаються на зарядку рівня 1. У той час як окремі житлові будинки з одним домогосподарством легко можуть забезпечити зарядку рівня 1 або 2, багатоквартирні будинки вимагають громадського заряджання на узбіччі або установки зарядних станцій на загальних автомобільних стоянках[40]. Статистичні дані про поведінку власників електромобілів у американському штаті Каліфорнія показують, що 11% їхніх сеансів зарядки використовували пристрій рівня 1, 72% – рівень 2, а 17% використовували 3-й рівень заряджання. Використання 3-го рівня зарядки є найнижчим для електромобілів з дальністю дії менше 161

км, найвищим для електромобілів із середньою дальністю та знову нижче для електромобілів з дальністю 483 км або більше[41].

Електрифікація комерційних вантажівок та автобусів середньої та великої вантажопідйомності висуває унікальні вимоги до зарядки та інфраструктури у порівнянні з легковим автомобілем. Ці вимоги впливають із значно більш високої енергетичної ємності акумуляторних батарей на борту транспортних засобів, потенційно більшого часу простою для зарядки (через вимоги часу експлуатації транспортних засобів) та потенційного навантаження на енергомережу району/міста/країни через велику кількість вантажівок або автобусів що заряджаються в одному місці. Однією з супутніх проблем є усвідомлення витрат, пов'язаних із безліччю варіантів зарядки комерційних автомобілів для поточних операцій, а також для майбутніх операцій. Очікується, що пробіг вантажних транспортних засобів у кілометрах збільшиться на 75% з 2012 по 2045 рік [42]. Це збільшення може призвести до появи нових бізнес-моделей та потенційно нових підходів до зарядної інфраструктури для задоволення цього попиту за допомогою електрифікованих вантажівок.

Сьогоднішні комерційні дизельні вантажівки в невеликих автопарках зазвичай заправляються на загальнодоступних дорожніх заправних станціях, у той час як майже половина вантажівок в автопарках, які налічують більш ніж 10 одиниць ТЗ, використовують об'єкти, що належать автотранспортному підприємству[43]. Так само комерційні електромобілі заряджаються в основному на об'єктах, що належать автопарку, наскільки дозволяє їхній щоденний графік (найчастіше в нічний час). Такий підхід до підзарядки в депо, що забезпечує безперешкодну інтеграцію електромобілів у логістику автопарку, може обмежити електрифікацію деяких сегментів транспортних засобів у довгостроковій перспективі через ємність акумуляторів, необхідну для задоволення їх щоденних потреб (необхідність виконувати повний час роботи у наряді з поверненням на об'єкт для повної зарядки).

Загальнодоступна інфраструктура потужної зарядки або зарядки на

маршруті для комерційних транспортних засобів може забезпечити електрифікацію транспортних засобів далекого прямування (за рахунок зменшення потреби в ємності бортових акумуляторів), але цей сценарій пов'язаний із проблемами витрат. У дорозі може знадобитися зарядка потужністю понад 1 МВт, щоб забезпечити щоденну поїздку транспортного засобу на відстань 805 км або більше. Заряджання комерційних автомобілів у депо потребує додаткових витрат на інфраструктуру для встановлення малопотужних мереж обладнання для електропостачання (наприклад, 50 –100 кВт), здатних заряджати кілька автомобілів без впливу на інші процеси у депо, що потребують електроенергії. Ці системи зарядки у транспортних депо також вплинуть на існуючу електромережу об'єкта, додавши значне навантаження на неї, яке раніше не планувалося при інженерних розрахунках енергомережі. Для розуміння принципів розташування зарядних станцій та їх впливу на режим роботи транспортних засобів (ТЗ) необхідно розглянути структуру роботи самого автотранспортного підприємства (АТП).

2.3 Очікувані зміни в організації роботі автотранспортного підприємства

Автотранспортне підприємство (АТП) здійснює планування, організацію та виконання перевезень вантажів і пасажирів, технічне обслуговування та поточний ремонт транспортних засобів підприємства та їх зберігання. Автотранспортне підприємство складається з: його рухомого складу (автомобілі, причепа, напівпричепа); виробничих та службових приміщень та обладнання; персоналу, який займається використанням, обслуговуванням і зберіганням рухомого складу.

Кожне автотранспортне підприємство має службу управління, яка здійснює управління, планування, облік і постачання; оперативну службу, що виконує перевезення; технічну службу, що виконує технічне обслуговування, ремонт і зберігання рухомого складу. Автотранспортне підприємство

поділяється на різні відділи: експлуатаційний, технічний, головного механіка, видачі обладнання, опалення та вентиляції, освітлення, плановий та ін. Повна організаційна структура АТП наведена на рисунку 2.11.

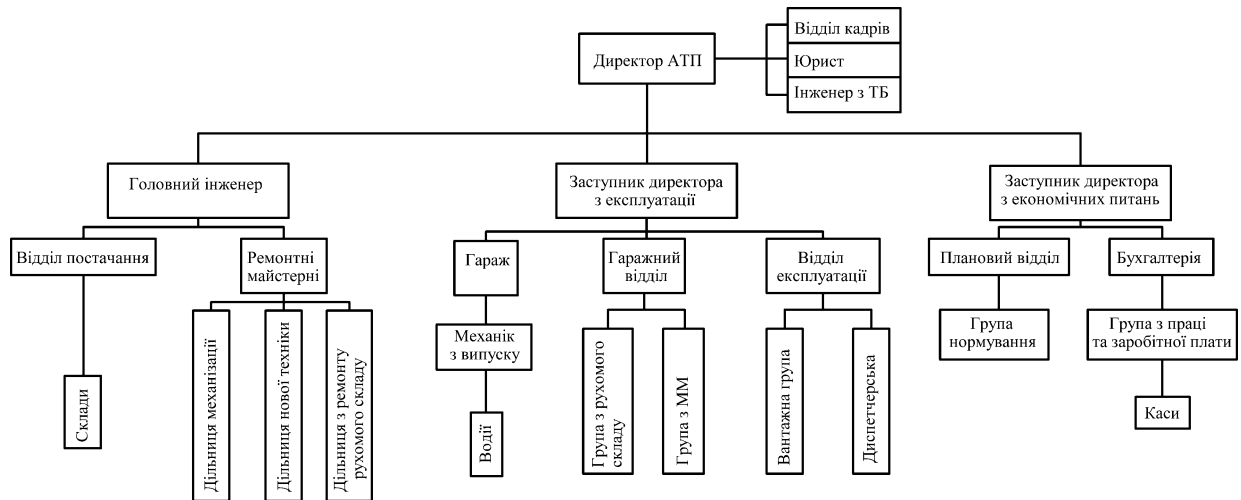


Рисунок 2.11 – Організаційна структура управління автотранспортного підприємства (АТП)

Вибір типу і моделей рухомого складу АТП є розділом планування перевезень. При виборі типу і моделі рухомого складу враховуються такі показники:

- види перевезень: технологічні, міські, регіональні, міжрайонні, міжміські, централізовані, масові, постійні, сезонні;
- вид вантажу, його об'ємну масу, вид тари та упаковки для його транспортування;
- відстань транспортування, стан доріг.

Правильний вибір типу і моделей рухомого складу в конкретних умовах експлуатації визначається також такими показниками, як максимальна продуктивність транспортного засобу, мінімальна вартість перевезень, висока швидкість доставки вантажів або пасажирів, мінімальні інвестиції та їх термін окупності.

Таким чином, при виборі типу рухомого складу, марки і модифікації транспортних засобів слід враховувати характер і структуру перевезень, вид вантажу, його обсяг, дальність перевезення і стан доріг.

Однак є ще один показник, який впливає на роботу рухомого складу АТП, про який слід зазначити окремо: час простою транспортного засобу під технічними операціями, мета яких – щоденний технічний огляд і обслуговування ТЗ та його заправка паливом.

Якщо розглядати обслуговування транспортного засобу з ДВЗ, то його заправка при поверненні з робочої зміни відбувається або на в'їзді до АТП або вже на виїзді та займає приблизно 5-15 хвилин. Зарядка електротранспорту вимагає набагато більше часу, тому заряджання автомобіля можливо лише під час перерви між двома змінами або у перерві в одній зміні (якщо використовувати зарядний пристрій рівня 3 з можливістю зарядки постійним струмом) або під час нічного часу доби, а в найгіршому випадку керівнику інженерно-технічного відділу підприємства потрібно розробляти змінні графіки роботи автомобілів, у яких під час роботи на лінії одного електроавтомобіля інший знаходиться на зарядці. Для більшої наочності цього питання, слід розглянути графіки залежності часу роботи електромобіля від типу зарядного пристрою, що використовується для його заряджання, з графіками роботи автомобіля на викопному паливі. Приклади цих графіків наведені на рисунках 2.12-2.22.

Група графіків 2.12-2.14 відображає роботу бензинового автомобіля у 1 зміну з тривалістю роботи у 8, 10 та 12 годин відповідно. Такий режим роботи є характерним і для подальших графіків. Наступні групи графіків (2.15-2.17) та (2.18-2.20) показує роботу електроавтомобілів, які заряджаються зарядними пристроями 2 та 3 рівня відповідно. Останні графіки (2.21 та 2.22) показують роботу бензинового та електроавтомобілів у дві зміни по 8 годин.

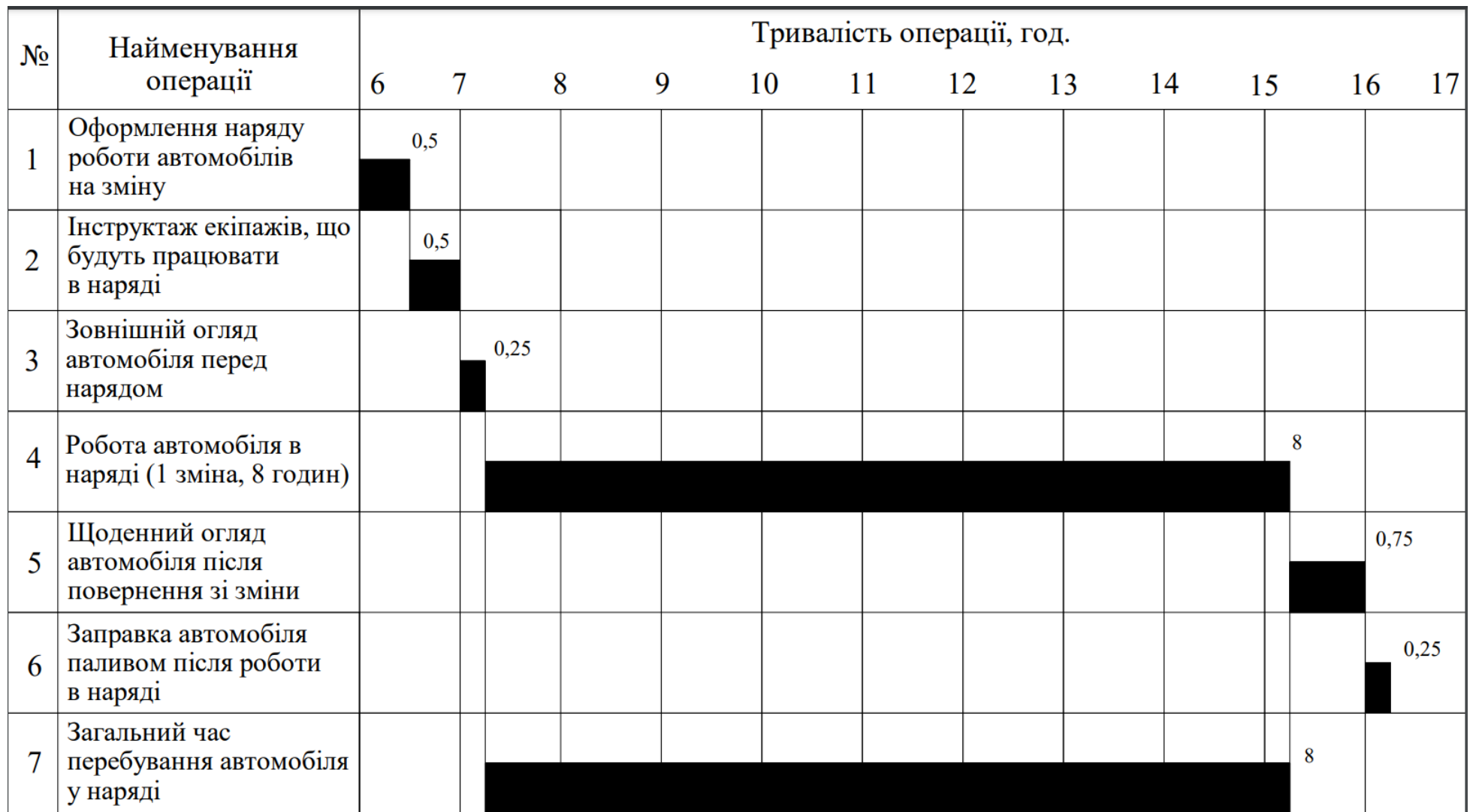


Рисунок 2.12 – Технологічний графік роботи бензинового автомобіля у 1 зміну по 8 годин

№	Найменування операції	Тривалість операції, год.													
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	Оформлення наряду роботи автомобілів на зміну	0,5													
2	Інструктаж екіпажів, що будуть працювати в наряді	0,5													
3	Зовнішній огляд автомобіля перед нарядом		0,25												
4	Робота автомобіля в наряді (1 зміна, 10 годин)												10		
5	Щоденний огляд автомобіля після повернення зі зміни												0,75		
6	Заправка автомобіля паливом після роботи в наряді													0,25	
7	Загальний час перебування автомобіля у наряді												10		

Рисунок 2.13 – Технологічний графік роботи бензинового автомобіля у 1 зміну по 10 годин

№	Найменування операції	Тривалість операції, год.																		
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21			
1	Оформлення наряду роботи автомобілів на зміну	0,5																		
2	Інструктаж екіпажів, що будуть працювати в наряді	0,5																		
3	Зовнішній огляд автомобіля перед нарядом		0,25																	
4	Робота автомобіля в наряді (1 зміна 12 год.)									6										
5	Заправка автомобіля паливом після роботи у наряді								0,25											
6	Робота автомобіля в наряді (1 зміна 12 год.)															6				
7	Щоденний огляд автомобіля після повернення зі зміни																0,75			
8	Заправка автомобіля паливом після роботи в 2-гу зміну																0,25			
9	Загальний час перебування автомобіля у наряді															12,25				

Рисунок 2.14 – Технологічний графік роботи бензинового автомобіля у 1 зміну по 12 годин

№	Найменування операції	Тривалість операції, год.																							
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24-0	1				
1	Оформлення наряду роботи автомобілів на зміну	0,5																							
2	Інструктаж екіпажів, що будуть працювати в наряді	0,5																							
3	Зовнішній огляд автомобіля перед нарядом		0,25																						
4	Робота автомобіля в наряді (1 зміна у 8 годин)										8														
5	Щоденний огляд автомобіля після повернення зі зміни										0,75														
6	Заряджання автомобіля зарядним пристроєм 2 рівня																				8				
7	Загальний час перебування автомобіля у наряді										8														

Рисунок 2.15 – Технологічний графік роботи електроавтомобіля у 1 зміну по 8 годин (заряджання пристроєм 2 рівня)

№	Найменування операції	Тривалість операції, год.																						
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24-0	1	2		
1	Оформлення наряду роботи автомобілів на зміну	0,5																						
2	Інструктаж екіпажів, що будуть працювати в наряді	0,5																						
3	Зовнішній огляд автомобіля перед нарядом		0,25																					
4	Робота автомобіля в наряді (1 зміна, 10 годин)													10										
5	Щоденний огляд автомобіля після повернення зі зміни													0,75										
6	Заряджання автомобіля зарядним пристроєм 2 рівня																						8	
7	Загальний час перебування автомобіля у наряді													10										

Рисунок 2.16 – Технологічний графік роботи електроавтомобіля у 1 зміну по 10 годин (зарядження пристроєм 2 рівня).

*Приймаємо, що електроавтомобіль може виконувати наряд всі 10 годин без зарядження/заправки.

№	Найменування операції	Тривалість операції, год.																							
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24-0	1	2	3	4	
1	Оформлення наряду роботи автомобілів на зміну	0,5																							
2	Інструктаж екіпажів, що будуть працювати в наряді	0,5																							
3	Зовнішній огляд автомобіля перед нарядом		0,25																						
4	Робота автомобіля в наряді (1 зміна, 12 годин)														12										
5	Щоденний огляд автомобіля після повернення зі зміни															0,75									
6	Заряджання автомобіля зарядним пристроєм 2 рівня																							8	
7	Загальний час перебування автомобіля у наряді														12										

Рисунок 2.17 – Технологічний графік роботи електроавтомобіля у 1 зміну по 12 годин (заряджання пристроєм 2 рівня).

*Приймаємо, що електроавтомобіль може виконувати наряд всі 12 годин без заряджання/заправки.

№	Найменування операції	Тривалість операції, год.											
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Оформлення наряду роботи автомобілів на зміну	0,5											
2	Інструктаж екіпажів, що будуть працювати в наряді	0,5											
3	Зовнішній огляд автомобіля перед нарядом		0,25										
4	Робота автомобіля в наряді (1 зміна, 8 годин)										8		
5	Щоденний огляд автомобіля після повернення зі зміни											0,75	
6	Заряджання автомобіля зарядним пристроєм 3 рівня												0,75
7	Загальний час перебування автомобіля у наряді										8		

Рисунок 2.18 – Технологічний графік роботи електроавтомобіля у 1 зміну по 8 годин (заряджання пристроєм 3 рівня)

№	Найменування операції	Тривалість операції, год.														
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Оформлення наряду роботи автомобілів на зміну	0,5														
2	Інструктаж екіпажів, що будуть працювати в наряді	0,5														
3	Зовнішній огляд автомобіля перед нарядом		0,25													
4	Робота автомобіля в наряді (1 зміна, 10 годин)							5								
5	Заряджання автомобіля зарядним пристроєм рівня 3								0,75							
6	Робота автомобіля в наряді (1 зміна, 10 годин)													5		
7	Щоденний огляд автомобіля після повернення зі зміни														0,75	
8	Заряджання автомобіля зарядним пристроєм рівня 3															0,75
9	Загальний час перебування автомобіля у наряді													10		

Рисунок 2.19 – Технологічний графік роботи електроавтомобіля у 1 зміну по 10 годин (заряджання пристроєм 3 рівня).

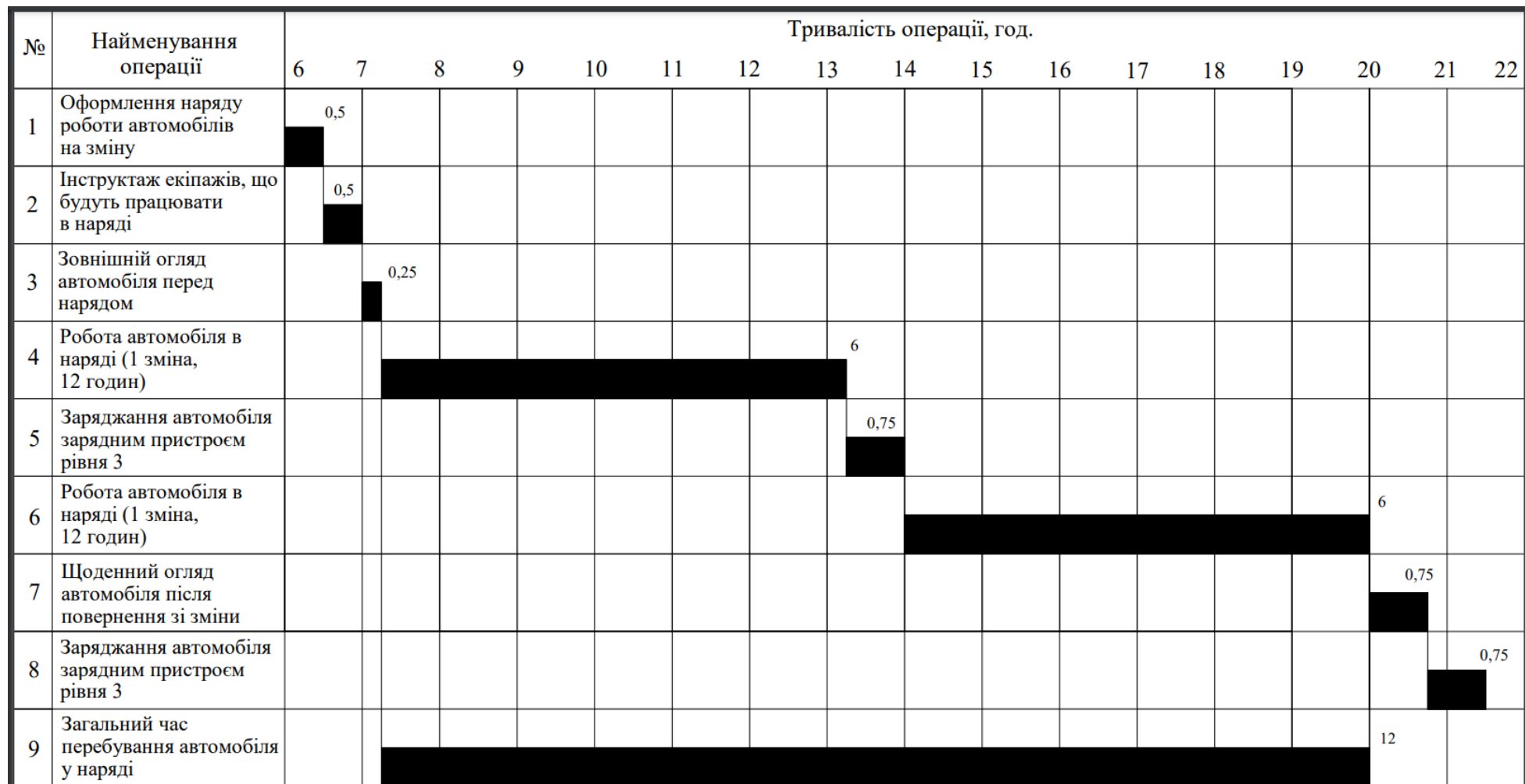


Рисунок 2.20 – Технологічний графік роботи електроавтомобіля у 1 зміну по 12 годин (заряджання пристроєм 3 рівня).

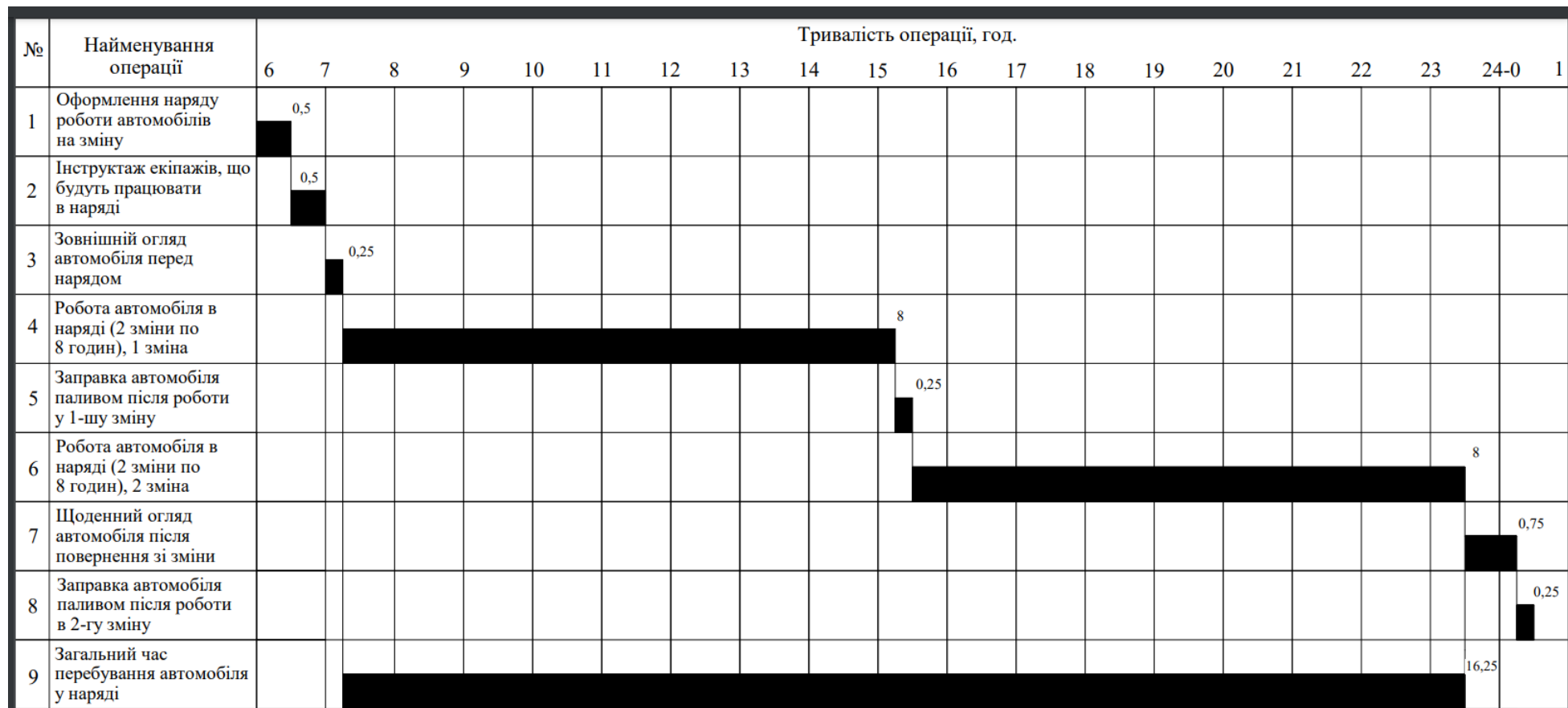


Рисунок 2.21 – Технологічний графік роботи бензинового автомобіля у 2 зміни по 8 годин.

№	Найменування операції	Тривалість операції, год.																				
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24-0	1	2
1	Оформлення наряду роботи автомобілів на зміну	0,5																				
2	Інструктаж екіпажів, що будуть працювати в наряді	0,5																				
3	Зовнішній огляд автомобіля перед нарядом		0,25																			
4	Робота автомобіля в наряді (2 зміни по 8 годин), 1 зміна										8											
5	Зарядження автомобіля зарядним пристроєм 3 рівня										0,75											
6	Робота автомобіля в наряді (2 зміни по 8 годин), 2 зміна																			8		
7	Щоденний огляд автомобіля після повернення зі зміни																			0,75		
8	Зарядження автомобіля зарядним пристроєм 3 рівня																				0,75	
9	Загальний час перебування автомобіля у наряді																			16,75		

Рисунок 2.22 – Технологічний графік роботи електроавтомобіля у 2 зміни по 8 годин (зарядження пристроєм 3 рівня)

2.4 Оцінка економічно-соціального збитку, що завдається навколишньому середовищу через викиди автомобільного транспорту

Соціально-економічний збиток – оцінювання в грошових одиницях негативних змін в довкіллі внаслідок його забруднення та порушення якості й кількості природних ресурсів, а також наслідків спричинених такими змін.

Прояви збитку полягають у погіршенні здоров'я людини (соціальний збиток), зменшенні врожайності сільськогосподарських культур на забруднених землях, зменшенні строків служби обладнання та інженерних споруд через корозію металів тощо.

Економічний збиток від забруднення довкілля складають такі витрати: додаткові витрати суспільства через зміни в навколишньому природному середовищі, витрати на відновлення природного середовища до попереднього стану, додаткові витрати майбутнього суспільства, зумовлені незворотними втратами частини дефіцитних ресурсів[7].

Послідовність визначення соціально-економічного збитку полягає у: визначенні номенклатури забруднювачів, що надходять із джерела забруднення; вимірюванні концентрацій шкідливих речовин, розрахунку масових викидів шкідливих речовин; встановленні економічного збитку.

Розрахунок збитку завданого основними шкідливими викидами автомобільного транспорту довкіллю, здійснюють за певний період часу (частіше рік). Для проведення розрахунку запропонована залежність, за якою здійснюють розрахунок збитку[7]:

$$Y = \sigma \cdot f \cdot \sum (\gamma_i \cdot G_i \cdot R_i), \text{ грн/рік}, \quad (2.1)$$

де Y – оцінка збитку, грн/рік;

γ_i – величина, що визначає завдану шкоду однією умовною тонною певної забруднюючої речовини, встановлюється законодавством держави і

кількісно визначається з урахуванням індексації, грн/умовн. т. Ставки податку за викиди в атмосферне повітря окремих забруднюючих речовин наведені у таблиці 2.1;

σ – безрозмірний коефіцієнт відносної небезпеки, приймають залежно від території забруднення;

f – безрозмірний коефіцієнт, що враховує характер розсіювання газоподібних ЗР та частинок в атмосфері, приймається в залежності від швидкості осадження ЗР та природних умов. Для газоподібних речовин, що викидають автомобілі на території України $f = 1,49$ [7];

G_i – маса i -ї ЗР, що викидають автомобілі за певний період. Норми викидів шкідливих речовин які виникають при експлуатації автотранспорту, що дозволені стандартом Євро-6, наведені у таблиці 2.3;

R_i – коефіцієнт відносної агресивності ЗР. Значення основних коефіцієнтів відносної агресивності забруднюючих речовин, що викидаються при експлуатації автомобільного транспорту, наведено у таблиці 1.1 попереднього розділу.

Таблиця 2.1 – Ставки податку (γ_i) за викиди в атмосферне повітря окремих забруднюючих речовин[44].

Шкідлива речовина	Сума екоподатку (грн/тон)
Оксид вуглецю, CO	96,99
Оксиди азоту, NO_2	2574,43
НМЛОС (ЛОС + $C_m H_n$)	145,5
Тверді речовини (пил + сажа)	96,99

Значення безрозмірного коефіцієнта відносної небезпеки σ наведено в таблиці 2.2. У разі якщо зона активного забруднення (ЗАЗ) неоднорідна і

складається з територій різних типів, для яких σ мають різні значення, величину цього коефіцієнта визначають за формулою[7]:

$$\sigma = \sum_{j=1}^K \frac{S_j}{S_{\text{ЗАЗ}}} \cdot \sigma_j, \quad (2.2)$$

де $S_{\text{ЗАЗ}}$ – загальна площа зони активного забруднення, км²;

S_j – площа j -го типу території, що потрапила в зону забруднення;

K – кількість типів територій, які потрапили в ЗАЗ.

Таблиця 2.2 – Значення показників відносної небезпеки забруднення[7]

Тип забрудненої території	σ
Курорти, санаторії, заповідники, заказники	10
Приміські зони відпочинку, садові та дачні ділянки	8
Населені міста з щільністю населення більше 300 тис. чол.	8
Території промислових підприємств разом із захисними зонами	4
Ліси: 1 група	0,2
2 група	0,1
3 група	0,025
Рілля: південні райони (південніше 50° півн. ш.)	0,25
ЦЧР, Південний Сибір	0,15
Інші райони	0,1
Сади, виноградники	0,5
Пасовища, сіножаті	0,05

Таблиця 2.3 – Пробігові викиди (G_i) бензинового транспортного засобу згідно стандарту Євро-6[45].

Шкідлива речовина	Чисельний показник (г/км)
Оксид вуглецю, CO	1,0
Оксиди азоту, NO_2	0,06
Низькомолекулярні вуглеводні сполуки типу C_mH_n	0,1
Тверді речовини (пил та сажа)	0,005
Леткі органічні сполуки (ЛОС)	0,068

Можливість порівняти розміри збитків та витрат, спрямованих на запровадження заходів щодо зменшення негативного антропогенного тиску на довкілля автомобільного транспорту, вирішує проблему визначення ефективності пропонованих заходів.

Це також надасть можливість розробляти ефективні методи регулювання забруднення довкілля. Зокрема, здійснення розрахунків масових викидів та визначення збитків, яких транспортні засоби завдають довкіллю шкідливими викидами, необхідні при складанні екологічного паспорта підприємства та паспорту відходів.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

У магістерській роботі розраховується набір різних варіантів заміни бензинових автомобілів на електроавтомобілі, які виконують дрібно-партійні вантажні перевезення. У таблицях 3.1 та 3.2 наведено технічні характеристики двох порівняних транспортних засобів. У таблиці 3.3 наведено технічні характеристики зарядної інфраструктури, яка необхідна для функціонування автомобільного електротранспорту.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика автомобіля Ford F-150 5.0i «Raptor»[46].

Найменування характеристики	Значення
Ціна, USD/UAH	35000/1279600*
Тип палива	Бензин
Потужність, к.с./кВт	406/303
Крутний момент, Нм	556
Екологічний стандарт	Євро 6
Витрата палива, л/100км:	
– міський цикл	13,9
– заміський цикл	9,8
– змішаний цикл	11,8
Повна маса, кг:	2726
– вантажопідйомність	902
– споряджена маса	1824
Об'єм кузова, м ³	1,5
Колісна база	2x4
Об'єм паливного бака, л	87
Шини	275/65 R18 All-Terrain

*Курс НБУ станом на 01.12.2022 р. становить 36,56 грн/долл.[47].

Таблиця 3.2 – Технічна характеристика автомобіля Ford F-150 «Lightning»[48].

Найменування характеристики	Значення
Ціна, USD/UAH	40000/1462400*
Тип палива	Електроенергія
Потужність, к.с./кВт	563/420
Крутний момент, Нм	1050
Ємність акумулятора, кВт*год	131
Запас ходу, км	480
Повна маса, кг:	6803
– вантажопідйомність	902
– споряджена маса	5901
Об'єм кузова, м ³	1,5
Колісна база	4x4
Шини	275/65 R18 All-Terrain

*Курс НБУ станом на 01.12.2022 р. становить 36,56 грн/долл.[47].

Таблиця 3.3 – Технічна характеристика зарядної експрес-станції Efacesc QC20[49].

Найменування характеристики	Значення
Ціна, UAH	1279888
Тип пристрою	Трифазна зарядна станція
Вихідна потужність, кВт	25
Максимальний зарядний струм, А	50
Робоча напруга у мережі, В	380
Тип заряджання	Mode 4/Level 3
Кількість роз'ємів (портів)	3
Час заряджання (від 15 до 80 %), хв	44

Згідно варіантів, зміниться тип рухомого складу а отже, зміниться й амортизація. Річна амортизація рухомого складу становить 40%, амортизація зарядної станції буде становити 24%. Результати розрахунку амортизаційних відрахувань наведені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Річні амортизаційні відрахування

Об'єкт амортизації	Ціна об'єкту, грн	% амортизації	Розмір амортизаційних відрахувань, грн
авт. Ford «R»	1279600	40	511840
авт. Ford «L»	1462400	40	584960
ст. «Efacec»	1279888	24	307173,1

Експлуатаційні річні витрати на роботу рухомого складу розраховуються за наступною формулою[50]:

$$S_G = S_f + S_{fl} + S_m + S_t, \quad (3.1)$$

де S_f – річні витрати на пальне, грн;

S_{fl} – річні витрати на паливо-мастильні матеріали, грн;

S_m – річні витрати на технічне обслуговування, грн;

S_t – річні витрати на заміну шин, грн.

Експлуатаційні річні витрати на споживання автомобілями бензинового палива та електроенергії розраховуються за наступними формулами[50]:

$$S_{f(g)} = \frac{C_g \cdot D \cdot e}{100}, \quad (3.2)$$

де C_g – ціна за 1 літр бензину, грн. Станом на 01.12.2022, ціна 1 літру бензинового палива становить 50,55 грн/л[51];

D – річний пробіг автотранспортного засобу, км;

e – експлуатаційні витрати палива автомобілем, л/100км.

$$S_{f(e)} = C_e \cdot (D \div \frac{D_a}{I}), \quad (3.3)$$

де C_e – ціна за 1 кВт*год електроенергії, грн. Станом на 01.12.2022, ціна одного кВт*год електроенергії для непобутових споживачів, що приєднані до мережі ПАТ «Запоріжжяобленерго», становить 5,09 грн/кВт*год[52];

D – річний пробіг автотранспортного засобу, км;

D_a – максимальний запас ходу електроавтомобіля, км;

I – ємність акумулятора електроавтомобіля, кВт*год.

Результати розрахунку річних витрат на споживання одним автомобілем бензинового палива та електроенергії наведені у таблицях 3.5 та 3.6.

Таблиця 3.5 – Річні витрати палива одним автомобілем

Автомобіль	Річні витрати, грн						
1 авт. Ford «Raptor»	189714	284571	379428	474285	569142	664000	758857
Пробіг, км/день	100	150	200	250	300	350	400

Таблиця 3.6 – Річні витрати електроенергії одним автомобілем

Автомобіль	Річні витрати, грн						
1 авт. Ford «Lightning»	37507	56260	75014	93767	112521	131274	150028
Пробіг, км/день	100	150	200	250	300	350	400

Експлуатаційні річні витрати на мастильні матеріали (ММ) (S_{fl}) для автомобілів на бензині чи дизелі становлять 30% від палива[50], для електроавтомобілів цей показник приймаємо 30% від вартості електроенергії, через відсутність для них методики розрахунку ММ.

Результати розрахунку річних витрат на споживання одним автомобілем ММ наведені у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Річні витрати ММ одним автомобілем

Автомобіль	Річні витрати, грн						
1 авт. Ford «Raptor»	56914	85371	113828	142286	170743	199200	227657
1 авт. Ford «Lightning»	11252	16878	22504	28130	33756	39382	45008
Пробіг, км/день	100	150	200	250	300	350	400

Експлуатаційні річні витрати на технічне обслуговування та ремонт автомобілів розраховуються за наступною формулою[50]:

$$S_m = D \cdot C_r, \quad (3.4)$$

де C_r – витрати на ремонт автомобіля за кожний кілометр його пробігу, залежить від типу та марки автомобіля, грн/км. Через відсутність статистичних даних роботи розглядаємого рухомого складу, приймаємо $C_r = 0,75$ грн/км.

Результати розрахунку річних витрат на технічне обслуговування та ремонт одного автомобіля наведені у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Річні витрати на технічне обслуговування та ремонт одного автомобіля

Автомобіль	Річні витрати, грн						
1 авт. Ford «Raptor»	20250	30375	40500	50625	60750	70875	81000
1 авт. Ford «Lightning»	20250	30375	40500	50625	60750	70875	81000
Пробіг, км/день	100	150	200	250	300	350	400

Експлуатаційні річні витрати на забезпечення заміни шин автомобіля розраховуються за наступною формулою[50]:

$$S_t = C_r \cdot \frac{D}{D_t}, \quad (3.5)$$

де C_r – вартість комплекту шин автомобіля, залежить від його типу та марки, грн. $C_r = 4388$ грн;

D_t – нормований пробіг 1-го комплекту шин до необхідності їхньої заміни, грн. $D_t = 80000$ км.

Результати розрахунку річних витрат на забезпечення заміни шин одного автомобіля наведені у таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Річні витрати на забезпечення заміни шин одного автомобіля

Автомобіль	Річні витрати, грн						
1 авт. Ford «Raptor»	1481	2221	2962	3702	4443	5183	5924
1 авт. Ford «Lightning»	1481	2221	2962	3702	4443	5183	5924
Пробіг, км/день	100	150	200	250	300	350	400

Екологічний річний збиток від роботи бензинового автомобіля розраховується за формулою 2.1[7]. Збиток від електромобіля дорівнює 0, через відсутність шкідливих викидів у навколишнє середовище.

Результат розрахунку річних збитків від роботи одного бензинового автомобіля наведені у таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Річні збитки від роботи 1-го бензинового автомобіля

Автомобіль	Річні витрати, грн						
1 авт. Ford «Raptor»	2164	3246	4328	5410	6492	7574	8656
Пробіг, км/день	100	150	200	250	300	350	400

Річний економічний ефект від змін у рухомому складі розраховується за наступною формулою[50]:

$$E_y = S_e - S_p, \quad (3.6)$$

де S_e – існуючі експлуатаційні витрати, грн;
 S_p – проектні експлуатаційні витрати, грн;

Розрахунок економічного ефекту різних варіантів заміни автомобілів наведений у таблицях 3.11-3.14 та відображений на рисунках 3.1-3.3.

Таблиця 3.11 – Економічний ефект від впровадження 1 електроавтомобіля з 1 зарядною станцією

Щоденний пробіг, км	Авт. Ford «Raptor»	Авт. Ford «Lightning»	Економічна різниця, грн
100	782363	962623	-180260
150	917625	997868	-80243
200	1052887	1033113	19774
250	1188149	1068358	119790
300	1323410	1103603	219807
350	1458672	1138848	319824
400	1593934	1174093	419841

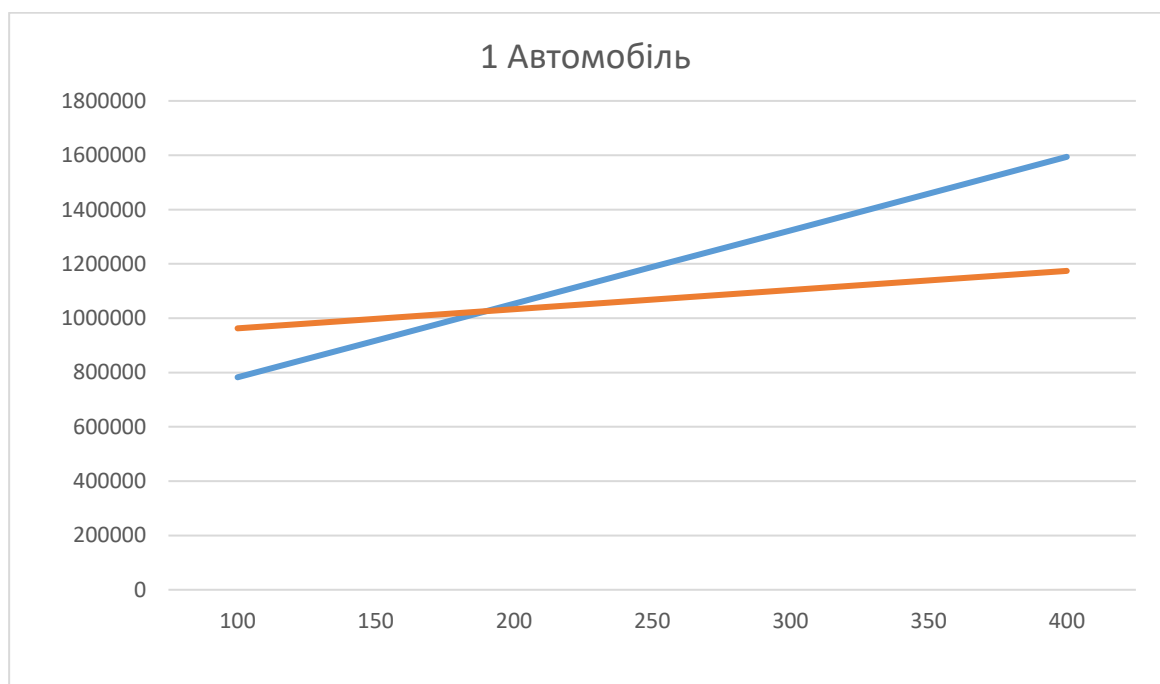


Рисунок 3.1 – Графік економічного ефекту після впровадження 1 автомобіля

Таблиця 3.12 – Економічний ефект від впровадження 3 електроавтомобілів з 1 зарядною станцією

Щоденний пробіг, км	Авт. Ford «Raptor»	Авт. Ford «Lightning»	Економічна різниця, грн
100	2347090	2273523	73567
150	2752875	2379258	373617
200	3158660	2484993	673668
250	3564446	2590728	973718
300	3970231	2696463	1273768
350	4376016	2802198	1573818
400	4781801	2907933	1873868

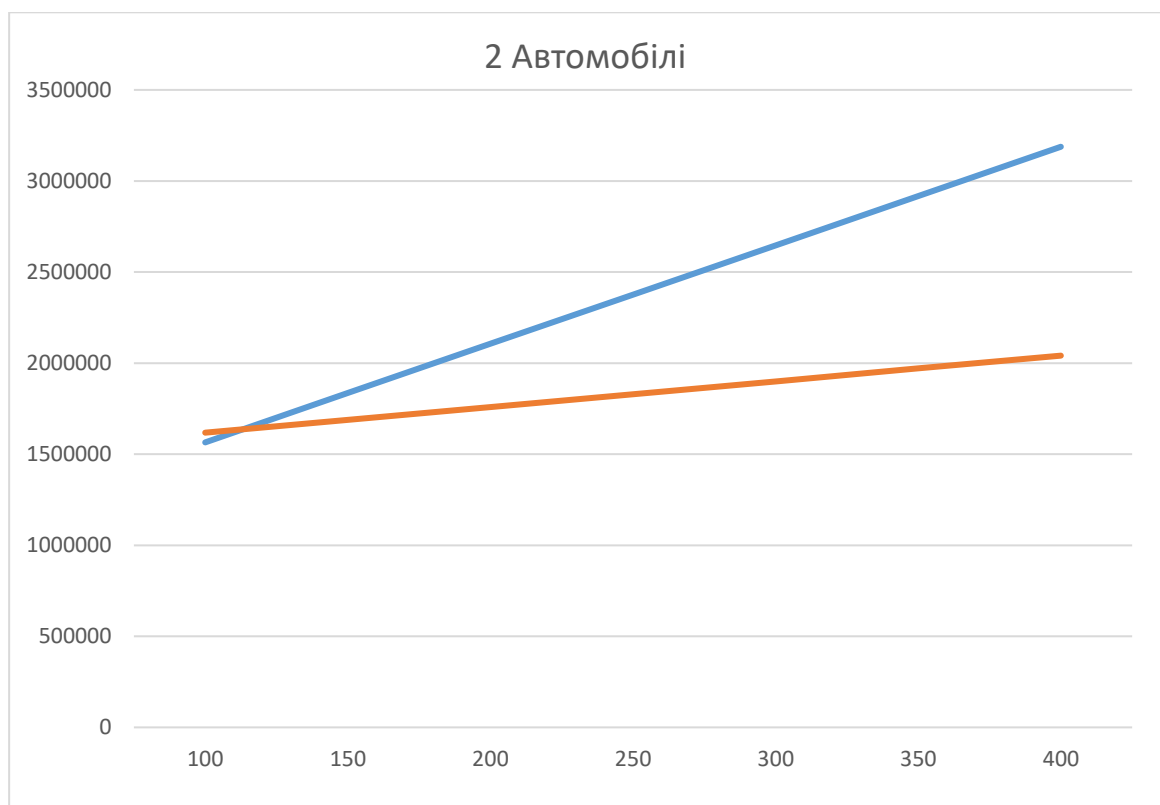


Рисунок 3.2 – Графік економічного ефекту після впровадження 2 автомобілів

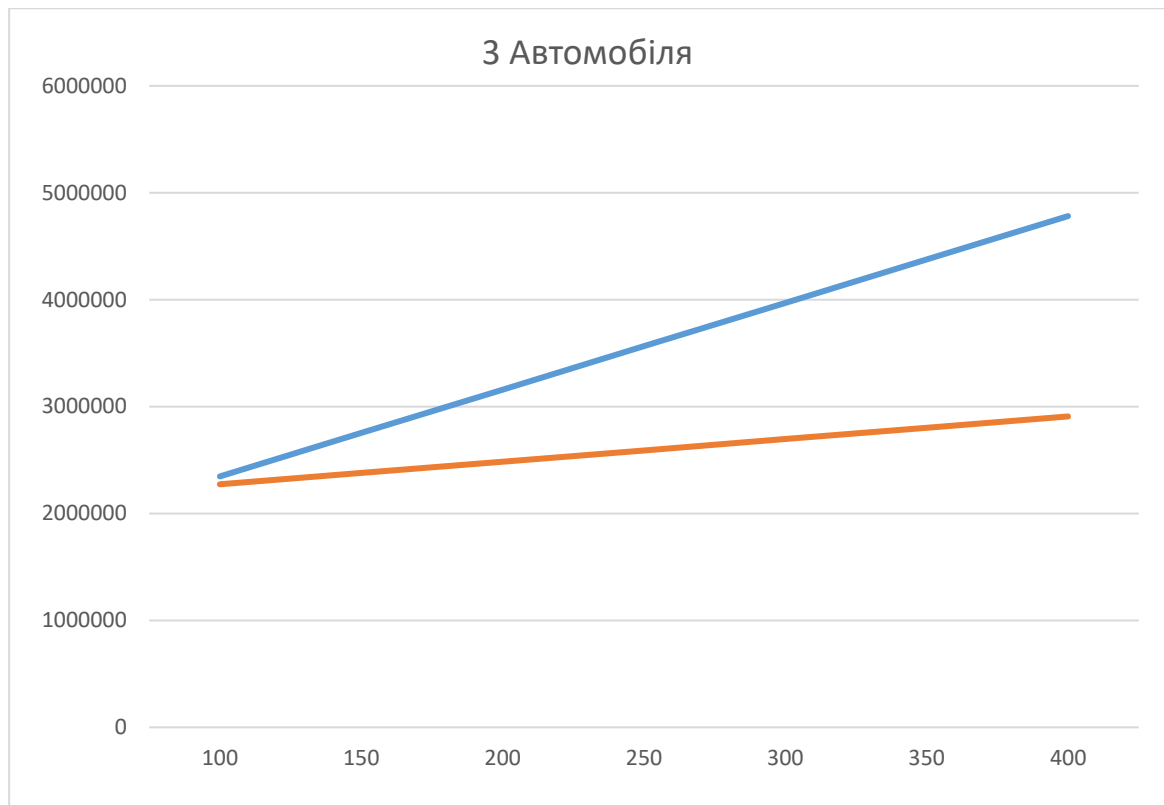


Рисунок 3.3 – Графік економічного ефекту після впровадження 3 автомобілів

Таблиця 3.13 – Економічний ефект від впровадження 6 електроавтомобілів з 2 зарядними станціями

Щоденний пробіг, км	Авт. Ford «Raptor»	Авт. Ford «Lightning»	Економічна різниця, грн
100	4694180	4547046	147134
150	5505751	4758516	747235
200	6317321	4969986	1347335
250	7128891	5181456	1947435
300	7940461	5392926	2547536
350	8752032	5604396	3147636
400	9563602	5815865	3747736

Таблиця 3.14 – Економічний ефект від впровадження 8 електроавтомобілів з 3 зарядними станціями

Щоденний пробіг, км	Авт. Ford «Raptor»	Авт. Ford «Lightning»	Економічна різниця, грн
100	6258907	6165119	93788
150	7341001	6447079	893922
200	8423095	6729039	1694056
250	9505188	7010999	2494189
300	10587282	7292959	3294323
350	11669375	7574918	4094457
400	12751469	7856878	4894591

Термін окупності інвестицій розраховується за наступною формулою[50]:

$$T_p = \frac{C}{s_e - s_p}, \quad (3.7)$$

де C – капіталовкладення, грн.

Результати розрахунку термінів окупності всіх варіантів заміни наведені у таблицях 3.15-3.18.

Таблиця 3.15 – Терміни окупності варіанту впровадження 1 електроавтомобіля з 1 зарядною станцією

Щоденний пробіг, км	Авт. Ford «Raptor»	Авт. Ford «Lightning»	Термін окупності, років
100	782363	962623	–
150	917625	997868	–
200	1052887	1033113	138,7
250	1188149	1068358	22,9
300	1323410	1103603	12,5
350	1458672	1138848	8,6
400	1593934	1174093	6,5

Таблиця 3.16 – Терміни окупності варіанту впровадження 3 електроавтомобілів з 1 зарядною станцією

Щоденний пробіг, км	Авт. Ford «Raptor»	Авт. Ford «Lightning»	Термін окупності, років
100	2347090	2273523	77,0
150	2752875	2379258	15,2
200	3158660	2484993	8,4
250	3564446	2590728	5,8
300	3970231	2696463	4,4
350	4376016	2802198	3,6
400	4781801	2907933	3,0

Таблиця 3.17 – Терміни окупності варіанту впровадження 6 електроавтомобілів з 2 зарядними станціями

Щоденний пробіг, км	Авт. Ford «Raptor»	Авт. Ford «Lightning»	Термін окупності, років
100	4694180	4547046	77,0
150	5505751	4758516	15,2
200	6317321	4969986	8,4
250	7128891	5181456	5,8
300	7940461	5392926	4,4
350	8752032	5604396	3,6
400	9563602	5815865	3,0

Таблиця 3.18 – Терміни окупності варіанту впровадження 8 електроавтомобілів з 3 зарядними станціями

Щоденний пробіг, км	Авт. Ford «Raptor»	Авт. Ford «Lightning»	Термін окупності, років
100	6258907	6165119	165,7
150	7341001	6447079	17,4
200	8423095	6729039	9,2
250	9505188	7010999	6,2
300	10587282	7292959	4,7
350	11669375	7574918	3,8
400	12751469	7856878	3,2

Для визначення економічної ефективності запропонованої заміни, використовується наступна формула[50]:

$$NPV = \sum_{i=1}^t \frac{E_t - K_t - C_t}{(1+i)^t}, \quad (3.8)$$

де E_t – економічні вигоди від реалізації заміни в t -му році, грн;
 K_t – інвестиції, грн;
 C_t – річні експлуатаційні витрати, грн;
 i – ставка дисконтування, $i = 24\%$;
 t – тривалість реалізації варіанту, р.

Враховуючи отримані дані розрахунків з таблиць 3.15-3.18, розрахунок економічної ефективності запропонованої заміни доцільно виконувати лише для варіантів з найнижчим терміном окупності. В нашому випадку це 2 варіанти заміни з терміном окупності у 3 роки. Одна з них це заміна 3-х автомобілів, з щоденним пробігом у 400 км, і однією зарядною станцією. Друга – заміна 6-х автомобілів, з таким самим пробігом, та двома зарядними станціями. Результати розрахунку наведені у таблицях 3.19 та 3.20.

Таблиця 3.19 – Розрахунок економічної ефективності варіанту впровадження 3 електроавтомобілів з 1 зарядною станцією

Рік, t	Економічні вигоди, E_t	Інвестиції, K_t	Коефіцієнт дисконтуванн я, i	Дисконтований чистий прибуток, NPV
0	1873868	5667088	1	-3793220
1	1873868		0,81	1511184
2	1873868		0,65	1218697
3	1873868		0,52	982820
4	1873868		0,42	792596,8
5	1873868		0,34	639190,9
				1351269

Таблиця 3.20 – Розрахунок економічної ефективності варіанту впровадження 6 електроавтомобілів з 2 зарядними станціями

Рік, t	Економічні вигоди, E_t	Інвестиції, K_t	Коефіцієнт дисконтуванн я, i	Дисконтований чистий прибуток, NPV
0	3747736	11334176	1	-7586440
1	3747736		0,81	3022368
2	3747736		0,65	2437394
3	3747736		0,52	1965640
4	3747736		0,42	1585194
5	3747736		0,34	1278382
				2702537

Отже, згідно з проведених розрахунків, можна зробити деякі висновки.

Висновок перший: позитивний економічний вплив від заміни бензинового автомобіля на електроавтомобіль досягається при такій організації перевізного процесу, в якій транспортний засіб виконує пробіг вище 200 кілометрів щоденно.

Висновок другий: найвищий показник чистого дисконтованого прибутку досягається при використанні варіантів заміни трьох або шістьох автомобілів, з щоденним пробігом у 400 кілометрів, задля 100% використання необхідної для них зарядної інфраструктури, що дозволяє окупити заміну за 3 роки реалізації.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі 4, «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях», магістерської роботи «Організація вантажних перевезень автомобільним електротранспортом» розглянуто аналіз потенційних виробничих небезпек, які впливають на дослідника та розроблені заходи задля їх усунення.

Статистичні були зібрані та опрацьовані через мережу Internet за допомогою персонального комп'ютеру (ПК). Необхідно розглянути всі небезпеки при роботі з ПК.

4.1 Аналіз потенційних небезпек

До потенційних небезпек належать наступні фактори:

- підвищене значення напруги в енергомережі, електричний струм у якій може проходити крізь тіло людини;
- монотонність роботи за ПК;
- електромагнітні поля біля ПК, які негативно впливають на нервову систему людини;
- екран монітору ПК через свою електризацію притягує частки пилу;

Ці фактори розглянуті в додатку А. У додатку Б показані заходи з усунення загальних небезпек та вимоги до виробничої санітарії та гігієни праці. У додатку В розраховано реальні шкідливі та небезпечні фактори напруженості праці, визначені класи та ступені шкідливості умов праці. У додатку Г було опрацьоване питання розділу цивільного захисту – вимоги до розміщення промислових об'єктів. Були заміряні такі параметри як виробничий шум, освітленість приміщення, монотонність праці, температура робочого середовища та ін.

В підрозділі «Охорона праці та заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях» розглянуті питання з пожежної безпеки та цивільного захисту.

4.2 Заходи з пожежної безпеки у надзвичайних ситуаціях

Відповідно до вимог п. 5, розділу VI «Вибір типу та необхідної кількості вогнегасників», «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, передбачені вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-3,5 з розрахунком одного вогнегасника, з величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг і більше, на 20 м² площі приміщення.

Відстань між вогнегасниками та місцями можливих загорянь не повинна перевищувати 10 м.

ВИСНОВОК

У роботі були розглянуті питання впливу шкідливих викидів, від роботи автомобільного транспорту, на екологію, та засоби розрахунку кількості цих впливів. Було проведено аналіз світових економічно-політичних проблем, що впливають на сферу автомобільного транспорту. Розглядалися переваги та недоліки автомобільного електротранспорту.

Були порушені питання проблем та переваг впровадження вантажного автомобільного електротранспорту а також особливості розташування та експлуатації енергетичної інфраструктури, необхідної для функціонування автомобільного електротранспорту.

Розглянутий вплив зарядної енергетичної інфраструктури на роботу автотранспортного підприємства та наведено метод соціально-економічного збитку від роботи автомобільного транспорту.

Були розраховані та порівняні різні варіанти заміни вантажного автомобільного транспорту на його електричний аналог з урахуванням завданого екологічного збитку від паливного автотранспорту. Згідно з результатів цих розрахунків, було зроблено наступні висновки.

Висновок перший: позитивний економічний вплив від заміни бензинового автомобіля на електроавтомобіль досягається при такій організації перевізного процесу, в якій транспортний засіб виконує пробіг більше 200 кілометрів щоденно.

Висновок другий: найвищий показник чистого дисконтованого прибутку досягається при використанні варіантів заміни трьох або шістьох автомобілів, з щоденним пробігом у 400 кілометрів, що дозволяє окупити капіталовкладення за 3 роки реалізації.

Потрібно зазначити, що проблематика цієї роботи обговорювалася на двох наукових конференціях[53,54]. Результати обговорення були враховані при виконанні магістерської роботи.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. National Geographic. «The environmental impacts of cars, explained». [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/environmental-impact>.
2. Publications of the US National Academies of Sciences, Technology and Medicine. "Automotive Fuel Economy: «How Far Can We Go? », 1992, Washington, DC. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://nap.nationalacademies.org/read/1806/chapter/6>.
3. Union of Concerned Scientists, a national nonprofit organization of scientists and students at the Massachusetts Institute of Technology. «Cars, Trucks, Buses and Air Pollution». [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.ucsusa.org/resources/cars-trucks-buses-and-air-pollution>.
4. U.S. Environmental Protection Agency. Fast Facts on Transportation Greenhouse Gas Emissions. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.epa.gov/greenvehicles/fast-facts-transportation-greenhouse-gas-emissions>.
5. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України – «Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2015 році». [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/timeline/Nacionalni-dopovid-pro-stan-navkolishnogo-prirodnogo-seredovishcha-v-Ukraini.html>.
6. Green Deal – інформаційно-аналітичний портал, створений агентством «Інтерфакс-Україна». «Як Україна прагне скоротити викиди парникових газів на 65% до 2030 року?». [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://greendeal.org.ua/yak-ukrayina-pragne-skorotyty-vykydy-parnykovykh-gaziv-na-65-do-2030-roku-oglyad/#:~:text=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D1%87%D0%B0%D1%81%20%D1%83%202019%20%D1%80%D0%BE%D>

[1%86%D1%96%2C%20%D0%B7%D0%B3%D1%96%D0%B4%D0%BD%D0%BE,6%25%20%D0%B2%D1%96%D0%B4%20%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%201990%20%D1%80%D0%BE%D0%BA%D1%83.](#)

7. Гутаревич Ю.Ф., Дзеркало Д.В., Говорун О.Г., Корпач А.О., Мержиєвська Л.П. Екологія та автомобільний транспорт: Навчальний посібник. – К.: Арістей, 2006. – 292 с.
8. Clean Energy Wire. Germany and the EU remain heavily dependent on imported fossil fuels. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-dependence-imported-fossil-fuels>.
9. World Economic Forum. «What progress is the EU making on ending its reliance on Russian energy?». [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.weforum.org/agenda/2022/06/russia-eu-energy-imports/>
10. U.S. Energy Information Administration. Europe is a key destination for Russia's energy exports. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=51618>.
11. Markets Insider. Global shares plunge and oil surges to almost \$140 a barrel, as US and Europe consider a ban on Russian energy exports. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://markets.businessinsider.com/news/stocks/stock-markets-today-shares-dive-on-possible-russia-energy-ban-2022-3?utm_medium=referral&utm_source=yahoo.com.
12. Clean Energy Wire. War in Ukraine: Tracking the impacts on German energy and climate policy. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.cleanenergywire.org/news/ukraine-war-tracking-impacts-german-energy-and-climate-policy>.
13. Reuters. Egypt's Suez Canal increases tolls for laden crude oil tankers. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.reuters.com/world/middle-east/egypts-suez-canal-amends-tolls-crude-oil-tankers-circular-2022-03-22/>.

14. The Guardian. Hungary objects to proposed EU ban on Russian oil imports.
[Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.theguardian.com/world/2022/may/04/ursula-von-der-leyen-says-putin-must-pay-high-price-as-she-proposes-oil-ban>.
15. Reuters. IEA details plan to release 120 million barrels of oil to cool prices.
[Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.reuters.com/business/energy/iea-release-120-mln-barrels-over-six-month-period-2022-04-07/>.
16. Yahoo!finance. «OPEC chief says there's 'no capacity in the world' that could replace Russia's 7 million barrels a day in oil supply». [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://finance.yahoo.com/news/opec-chief-says-theres-no-124238149.html?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAAEeSn67i_nwY3Xyo1ZrK-MSLQdMqLAOoa23oD8ZUCFqqD9UO0AR1QTGah0cNe1X2t6zEPGlF CtKKccCPnYZs8DgDpGXT0QmdWUgoVI2JmJxm-HTgnhvgp0sAh1zJhXojAgb5IWfjyBk4xNR9a6RMfFhbPicPwpkiKToKgK8pv-n5.
17. Bank for International Settlements. BIS Annual Economic Report.
[Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.bis.org/publ/arpdf/ar2022e1.htm>.
18. CNBC. President Joe Biden called on U.S. oil refining companies to produce more to help alleviate the burden of high gas prices on consumers.
[Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.cnbc.com/2022/06/15/biden-tells-oil-companies-in-letter-well-above-normal-refinery-profit-margins-are-not-acceptable.html>.
19. Bloomberg. Oil Spending Won't Recover in 2022 as War Riles Market, IEF Says. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-06-21/oil-spending-won-t-recover-in-2022-as-war-riles-market-ief-says?srd=premium-europe&leadSource=uverify%20wall>.

20. Bloomberg. Low Rhine Water Levels Risk Worsening Europe's Energy Crunch. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-07-08/low-rhine-water-levels-risk-worsening-europe-s-energy-crunch?srd=premium-europe&sref=fgHqaWRV>.
21. CNN-Business. OPEC announces the biggest cut to oil production since the start of the pandemic. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://edition.cnn.com/2022/10/05/energy/opec-production-cuts/index.html#:~:text=OPEC%2B%20said%20Wednesday%20that%20it,weeks%20before%20US%20midterm%20elections>.
22. Council of the European Union. European Green Deal: «Fit for 55». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>.
23. Autoua.Net. The European Union agrees to ban sales of new cars with internal combustion engines from 2035. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://autonews.autoua.net/en/novosti/27663-the-european-union-agrees-to-ban-sales-of-new-cars-with-internal-combustion-engines-from-2035.html>.
24. Matteo Muratori. The rise of electric vehicles – 2020 status and future expectations. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2516-1083/abe0ad/meta>.
25. EV Volumes 2020. Global BEV & PHEV Sales for 2019. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ev-volumes.com>.
26. Delgado-Neira O F 2012 Driving Cycle Properties and their Influence on Fuel Consumption and Emissions Graduate Theses, Dissertations, and Problem Reports. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.proquest.com/openview/7d6848bf51146c5b0d974b243a789de/d/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750>.
27. Gao Z, Lin Z, Cagle-Davis S C and Birky A K 2018 Quantitative evaluation of MD/HD vehicle electrification using statistical data Transp. Res. Rec.: J.

- Transp. Res. Board 2672 109–21. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0361198118792329>.
28. Smith D, Graves R, Burak Ozpineci P T, Jones J L, Kelly K, Walkowicz K, Birky A, Payne G, Sigler C and Mosbacher J 2019 Medium- and Heavy-Duty Vehicle Electrification An Assessment of Technology and Knowledge Gaps. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.osti.gov/biblio/1615213>.
29. Moultak M, Lutsey N and Hall D 2017 Transitioning to zero-emission heavy-duty freight vehicles | International Council on Clean Transportation. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://theicct.org/publication/transitioning-to-zero-emission-heavy-duty-freight-vehicles/>.
30. Mai T T, Jadun P, Logan J S, McMillan C A, Muratori M, Steinberg D C, Vimmerstedt L J, Haley B, Jones R and Nelson B 2018 Electrification futures study: scenarios of electric technology adoption and power consumption for the United States NREL/TP-6A20-71500 (Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory). [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.osti.gov/biblio/1459351>.
31. NACFE (North American Council for Freight Efficiency) 2018 Guidance Report: Electric Trucks: Where They Make Sense. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://nacfe.org/wp-content/uploads/2020/06/EVS33_Mihelic_ID257_NACFE_NREL_PrePub_Download.pdf.
32. Burke A and Fulton L 2019 Analysis of advanced battery-electric long haul trucks: batteries, performance, and economics Working Paper (University of California, Davis, Sustainable Transportation Energy Pathways Program). [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://escholarship.org/uc/item/7s25d8bc>.
33. Phadke A, Khandekar A, McCall M, Karali N and Rajagopal D 2019 Long-haul Battery Electric Trucks are Technically Feasible and Economically Compelling (Working Paper 005 Lawrence Berkeley National Laboratory).

- [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.osti.gov/biblio/1834571>.
- 34.«ТОКА» – перша національна мережа зарядних станцій в Україні.
[Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://toka.energy/blog/>.
- 35.McNutt B and Rodgers D 2004 The Hydrogen Energy Transition ed D Sperling and J S Cannon (New York: Academic) Lessons learned from 15 years of alternative fuels experience—1988–2003 165–79. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780126568813500174>
- 36.IEA (International Energy Agency) 2020 Global EV Outlook 2020. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.iea.org/events/global-ev-outlook-2020>.
- 37.ChargeHub. Guide On How To Charge Your Electric Car With Charging Stations. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://chargehub.com/en/electric-car-charging-guide.html>.
- 38.УкрПрокат. Види зарядних пристроїв для електромобілів.
[Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ukr-prokat.com/blog/vydy-zaryadnyh-prystroyiv-dlya-elektromobiliv.html>.
- 39.IEA (International Energy Agency) 2020 Global EV Outlook 2020. Hardman S et al 2018 A review of consumer preferences of and interactions with electric vehicle charging infrastructure Transp. Res. D 62 508–23. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1361920918301330>
- 40.Hall D and Lutsey N 2017 Emerging Best Practices for Electric Vehicle Charging Infrastructure White Paper (San Francisco, CA: International Council on Clean Transportation). [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55821122/EV-charging-best-practices_ICCT-white-paper_04102017_vF_2-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1668785106&Signature=E-XCh6ERDAfHkCNJ7gUtNMQWyXzdxlSLtdv~0UCiqbJOeaHl8G~BT5kfvyv3ifId2YcdnAWKiC291rAlPleEn8sp4jcgulWX3fCiDmBMKnshX-

[TjA2sV0Z0cqSR5NHJu0uSons6kHc38HsueT0DU1wRjGTuNCEB~EOX77~Px4UV-henMT6B8p03L7P034nE-7cUA3oqdrMgnnmo3iBv1JktnkOmzX1rv4A3M42CDOt~z1S8v-EDj5DaZsLz0LGqh8btbo5lHiotcIxKeOjeQm4qZ6aD3Xw9V4ZJ5OubqwZJOsyOStH3Y99IjikQV1VvH4qxx3of8zH9KI50Y3h2dGNg_ &Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA.](https://tjA2sV0Z0cqSR5NHJu0uSons6kHc38HsueT0DU1wRjGTuNCEB~EOX77~Px4UV-henMT6B8p03L7P034nE-7cUA3oqdrMgnnmo3iBv1JktnkOmzX1rv4A3M42CDOt~z1S8v-EDj5DaZsLz0LGqh8btbo5lHiotcIxKeOjeQm4qZ6aD3Xw9V4ZJ5OubqwZJOsyOStH3Y99IjikQV1VvH4qxx3of8zH9KI50Y3h2dGNg_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

41. Tal G S et al 2019 Advanced Plug-in Electric Vehicle Travel and Charging Behavior Final Report (Plug-in Hybrid and Electric Vehicle Research Center, Institute of Transportation Studies, University of California at Davis). [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://web.cs.ucdavis.edu/~cjnitta/pubs/2020_03.pdf.
42. McCall M and Phadke A A 2019 California semi truck electrification: preliminary assessment of infrastructure needs and cost-benefit analysis. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://international.lbl.gov/publications/california-semi-truck-electrification>.
43. Davis S and Boundy R G 2020 Transportation Energy Data Book 38 edn (Oak Ridge, TN: Oak Ridge National Lab. (ORNL)) (No. ORNL/TM-2019/1333). [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://tedb.ornl.gov/wp-content/uploads/2021/02/Edition38_Full_Doc.pdf.
44. GOV.UA. Податковий кодекс України. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17#n5992>.
45. UK-Wikipedia. Екологічний стандарт Євро-6. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%84%D0%B2%D1%80%D0%BE-6>.
46. InfoCar. Ford F-150 Raptor. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://ford-f-150.infocar.ua/mod_15783_f-150_id6467.html.
47. Національний банк України. Офіційний курс гривні щодо іноземних валют. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://bank.gov.ua/ua/markets/exchangerates>.

48. Ford. F-150 Lightning. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.ford.com/trucks/f150/f150-lightning/models/f150-pro/>.
49. Інтернет-магазин «Аксиомплюс». Зарядна експрес-станція Efaces QC20. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://axiomplus.com.ua/zaryadnyie-stantsii/product-70653/#descr>.
50. Щелкунов В. І. Основи економіки транспорту: Підручник / В.І. Щелкунов, Ю.Ф. Кулаєв, Л.Г. Зайончик, В.М. Загорulyко — К.: Кондор, 2011. – 392 с.
51. Мінфін. Ціни на бензин, дизпаливо, газ на АЗС України. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/markets/fuel/>.
52. Yasno. Ціни на універсальні послуги. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://yasno.com.ua/business/b2b-tariffs>.
53. Михайленко В.О. Негативний екологічний аспект електромобілів / Михайленко В.О., І.М. Райда - Тиждень науки-2022. Тези доповідей науково-практичної конференції, Запоріжжя, 18–22 квітня 2022 р. [Електронний ресурс] – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2022, 119-121 с. – Режим доступу: https://zp.edu.ua/uploads/dept_s&r/2022/conf/4.1/TN_2022.pdf.
54. Райда І.М. Доцільність використання вантажних електромобілей в сучасних умовах / І.М. Райда, Михайленко В.О. - Транспортні технології та безпека дорожнього руху. Збірник тез доповідей Третьої всеукраїнської науково-практичної конференції 16–17 червня 2022 р., Запоріжжя [Електронний ресурс] – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2022.

ДОДАТОК А

Аналіз потенційних небезпек

Монотонність роботи за ПК приводить до швидкої втоми, через більш ніж 600 однакових дій за годину упродовж 75 % робочого часу. Монотонність роботи, погана ергономіка робочого місця призводить до захворювань загально-невротичного характеру у вигляді підвищеної загальної втоми, головного болю, відчуття важкості голови, поганого сну.

Підвищене значення напруги в електричній мережі, в результаті її замикання, може викликати імпульс електроенергії крізь тіло людини. Пошкодження ізоляції електропроводки також може спричинити коротке замикання та уразити людину. Пошкодження може бути від скручування проводів, через зачеплення ногами за проводи та ін.

Підвищений рівень електромагнітного випромінювання, джерелами якого є блоки живлення (50 Гц), системи кадрової розгортки (5 -2 кГц), блок модуляції променів ЕПТ (5-10 МГц). Електромагнітні поля біля комп'ютера (особливо низькочастотні) негативно впливають на нервову систему, включаючи головний біль, запаморочення, депресію, безсоння.

Електризований екран монітору притягує частки пилу, який є у повітрі, та заряджає їх, що визиває роздратованість, сип, запалення шкіри. При роботі на лазерному принтері виділяється озон, який роздратовує слизисту оболонку носа, очей, горла і може приводити до онкологічного захворювання.

При виникненні короткого замикання та попадання іскри до легкозаймистих матеріалів (паперу, спирту для обтирки та інше) може виникнути пожежа, яка може призвести до опіку людини.

Незадовільнене освітлення штучного та природного освітлення робочого місця дослідника може призвести до зниження працездатності. Може з'явитися короткозорість, швидка втомленість, що приводить до травмування.

Порушення мікроклімату в кімнаті, де розташований ПК. Від працюючої оргтехніки, інших приладів, що нагріваються, температура в кімнаті підвищується, що призводить до дискомфорту оператора, до більш швидшої втоми.

При появі підвищеного шуму, джерелами якого є жорсткий диск, вентилятор блока живлення мережі, сканери, пересувні механічні частини принтера. Підвищений шум впливає на центральну та вегетативну нервову систему людини, а також на органи слуху.

ДОДАТОК Б

Заходи по забезпеченню безпеки

При роботі на ПК, рівні електромагнітних випромінювання моніторів, що вважаються безпечними для здоров'я, регламентуються нормами MPR 11 1990:10, Шведського національного комітету по вимірах і випробуванням. Ці значення рівнів вважаються базовими. Українські нормативні документи повністю збігаються в частині рівнів ЕМІ з вимогами MPR 11.

Необхідно враховувати, що будь-який персональний комп'ютер, допоміжне обладнання та периферійні пристрої, які експлуатуються разом з ним (принтер, сканер, модем) є електроустановками які живляться напругою до 1000 В й на них та на все, що пов'язано з їх експлуатацією в повній мірі поширюються вимоги електробезпеки.

Тому з метою забезпечення безпеки як для дослідника, так і для обслуговуючого персоналу комп'ютерів, при їх експлуатації в лабораторіях, обладнаних комп'ютерами, повинні бути повністю дотримані вимоги електробезпеки ДСТУ 7237:2011 «Системи стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту».

Для запобігання ураження електричним струмом, необхідно всі дроти, що підходять до ПК та до адаптерів, згорнути у спеціальні ізолюючі вкриття (пластикові коробки). Розташувати їх на стіні, або на полу. Це не дасть можливості пошкодження дротів механічно. «Правила охорони електричних мереж» НПАОП 60.1-1.48-00.

Відповідно до вимог розділу «Мінімальні вимоги з охорони праці», директиви ЕС 90/270 ЕЕС виконані основні вимоги до моніторів, які жорстко регламентують безпечні умови роботи і захист здоров'я осіб, що працюють з комп'ютерами:

- символи на екрані чіткі і добре розрізняються;
- зображення позбавлене блимання;

- яскравість та / або контрастність легко регулюються;
- екрани вільні від відблисків і відбиття;
- випромінювання знижені до надзвичайно малих рівнів.

Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Рівні позитивних і негативних іонів в повітрі лабораторії з комп'ютерною технікою повинні відповідати санітарно-гігієнічним нормам ГН 2152-98 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень», які наведені в таблиці Б.1.

Таблиця Б.1 – Рівні іонізації повітря приміщень з комп'ютерною технікою

Рівні іонізації повітря	Кількість іонів в 1 см ³ повітря	
	n+	n–
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально допустимі	50000	50000

Для підтримки оптимального рівня легких позитивних і негативних аероіонів в повітрі лабораторії, обладнаних комп'ютерною технікою, рекомендується використовувати біполярні коронні аероіонізатори.

Джерелом електростатичного поля є позитивний потенціал, який подається на внутрішню поверхню екрана монітора для прискорення електронного променя.

Напруженість поля для кольорових дисплеїв може досягати 18 кВ. Тому із зовнішньої сторони до екрана притягаються з повітря негативні частинки, які при нормальній вологості мають певну провідність.

Якщо зовнішня поверхня екрана заземлена, його електростатичний потенціал знижується: при сухому повітрі на 50%, при вологому більш ніж

на 50%. Для зменшення впливу принтера, треба винести його в інше приміщення

Для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в приміщеннях з ПК повинні бути передбачені системи вентиляції, кондиціонування та опалення, згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

При виборі системи вентиляції, необхідно врахувати, що в приміщеннях з комп'ютерною технікою повинен бути забезпечений 3-х кратний повітрообмін за годину.

ДОДАТОК В

Загальна гігієнічна оцінка умов праці

В рамках дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості та напруженості праці були проведені відповідні виміри мікроклімату, освітлення, рівня шуму та інші у лабораторії де є ПК.

Вносимо наявні фактори умов праці та виробничого середовища що впливають на працівника в процесі трудової діяльності їх фактичне значення та час дії, до стовпчиків 1, 2, 3, таблиці В.1[1] – «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Відповідно до додатків методичних вказівок [1], визначаємо категорію робіт для дослідники лабораторії обладнаної ПК. Умови праці, за витратами енергії, не повинні перевищувати 141-175 Вт (121-150 ккал/год.) що відповідає легким фізичним роботам – категорії Іб. До категорії Іб належать роботи, що виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням та супроводжуються деяким фізичним напруженням.

Таблиця В.1 – Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Виміряні показники	Час дії, год. (хв.)	ГДК, ГДР, показники, $P_{\text{доп}}$	$X_{\text{визн}}$, бали	Клас умов праці	X_i , бали
1	2	3	4	5	6	7
Мікроклімат за ТНС- індексом, t , °C	29	8	22,9-25,8	4	3,4	3
Освітленість приміщення E , лк	150	8	200	—	3,1	1
Розряд і підрозряд зорових робіт, $Z_{\text{ор}}$	Б-2	—	—	—	—	—
Рівень шуму L , дБ А	109	5	50	—	3,4	1,87
Загальні енергозатрати організму, B_m	340	7	290	1,02	3,3	3
Стереотипні робочі рухи, при локальному навантаженні	61000	6	40000	1,14		
Тривалість зосередження уваги, %	80	7	75	0,93		
Тривалість робочого дня, год.	9	8	8	0,16		

З додатків, відповідно до категорії робіт Іб, розряду зорових робіт Б-2 та виявлених показників умов та напруженості праці, визначаємо ГДК (ГДР) виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 4, таблиці В.1.

Для окремих факторів і показників згідно вимог «Гігієнічної класифікації праці», визначаємо розрахункові коефіцієнти $X_{\text{визн}}$ та вносимо їх значення до стовпчика 5, таблиці В.1:

– для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС-індекс, [1].
Загальна оцінка встановлюється за алгоритмом, який враховує ступінь шкідливості і час дії на кожному рівні показника та дає змогу визначити середньозважену в часі змінну оцінку ступеня шкідливості мікроклімату. Час дії при рівнях показників, віднесених до 1 або 2 класу умов праці, не враховується. Розрахунковий коефіцієнт $X_{\text{визн}}$ при оцінюванні мікроклімату визначаємо в балах, за формулою[1]:

$$X_{\text{визн}} = \frac{1 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 + 4 \cdot t_4}{T}$$

де t_1, t_2, t_3, t_4 – час дії фактору на відповідному ступені 3 класу, год.;

T – тривалість робочої зміни, год.;

1, 2, 3, 4 - ступені 3 класу (шкідливі умови праці);

$$X_{\text{визн}} = \frac{4 \cdot 8}{8} = 4.$$

– для показників важкості та напруженості праці розрахункові коефіцієнти визначаються за основними та допоміжними показниками, що є характерними для конкретного робочого місця, за формулою[1]:

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}}$$

де $P_{\text{вим}}$ – виміряні показники важкості та напруженості праці;

T – час дії показника важкості та напруженості праці;

$K_{\text{знач}}$ – коефіцієнт значимості показника, для основних показників

$K_{\text{знач}} = 1$, для допоміжних $K_{\text{знач}} = 0,15$;

8 – тривалість робочої зміни, год.;

$P_{\text{доп}}$ – допустимі рівні показників важкості та напруженості праці;

Основними показниками важкості праці є: фізичне динамічне навантаження, стереотипні робочі рухи, статичне навантаження, переміщення у просторі.

Основними показниками напруженості праці є: тривалість зосередження уваги або щільність сигналів, ступінь ризику для власного життя та життя інших осіб або ступінь відповідальності за життя інших осіб, змінність при роботі виключно в нічну зміну.

А.) Загальні енергозатрати організму, $K_{\text{знач}} = 1[1]$:

$$X_{\text{визн}} = \frac{340 \cdot 7 \cdot 1}{8 \cdot 290} = 1,02.$$

Б.) Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), $K_{\text{знач}} = 1[1]$:

$$X_{\text{визн}} = \frac{61000 \cdot 6 \cdot 1}{8 \cdot 40000} = 1,14.$$

В.) Тривалість зосередження уваги (% від часу зміни), $K_{\text{знач}} = 1[1]$:

$$X_{\text{визн}} = \frac{80 \cdot 7 \cdot 1}{8 \cdot 75} = 0,93.$$

Г.) Тривалість робочого дня (зміни), $K_{\text{знач}} = 0,15[1]$:

$$X_{\text{визн}} = \frac{9 \cdot 8 \cdot 0,15}{8 \cdot 8} = 0,16.$$

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 6, таблиці В.1[1]:

– для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{\text{визн}} = 4$, з таблиці В.2[1] – 3 клас, 4 ступінь (3.4);

Таблиця В.2 – Визначення ступеня шкідливості мікроклімату за зміну

Критерії визначення ступеня шкідливості	Клас та ступінь шкідливості
до 0,1	2 клас (2)
від 0,1 до 1,0	3 клас, 1 ступінь (3.1)
від 1,01 до 2,0	3 клас, 2 ступінь (3.2)
від 2,01 до 3,0	3 клас, 3 ступінь (3.3)
від 3,01 до 4,0	3 клас, 4 ступінь (3.4)

– при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $P_{\text{вим}} = 150$ лк, за додатком Г та табл. Г.1 – 3 клас, 1 ступінь (3.1);

– для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $P_{\text{вим}} = 109$ дБА, за додатком Д та табл. Д.1 – 3 клас, 1 ступінь (3.4);

– клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{\text{визн}}[1]$:

$$X_{\text{сум}} = 1,02 + 1,14 + 0,93 + 0,16 = 3,25$$

З таблиці В.3[1] за значенням суми розрахованих балів показників $X_{\text{сум}} = 3,25$ – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

Таблиця В.3 – Визначення класу і ступеня важкості та напруженості

Критерії визначення класу та ступеня	Клас та ступінь шкідливості
до 1,0	2 клас (2)
від 1,0 до 2,0 включно	3 клас, 1 ступінь (3.1)
від 2,0 до 3,0 включно	3 клас, 2 ступінь (3.2)
більше 3,0	3 клас, 3 ступінь (3.3)

Оскільки загальна гігієнічна оцінка умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності, з урахуванням комбінованої та сумісної дії виробничих факторів, встановлюється за найбільш високим класом та ступенем шкідливості окремих факторів і показників, тому в результаті досліджень, відповідно до розрахунків, встановлено, що умови праці на робочому місці дослідника лабораторії обладнаної ПК належать до 3 класу, 4 ступеню.

У разі виявлення важких і шкідливих або особливо важких і особливо шкідливих умов праці при їх гігієнічній оцінці, проводять дослідження фактичного стану умов праці, з метою визначення розмірів доплат за ступені шкідливості факторів виробничого середовища і показників важкості та напруженості праці за бальною шкалою. При цьому, фактори виробничого середовища, в залежності від класу та ступеню шкідливості отримують бальну оцінку X_{cm} від 1 до 3 у наступній залежності:

- за 3 клас, 1 ступінь – 1 бал;
- за 3 клас, 2 ступінь – 2 бали;
- за 3 клас, 3 ступінь – 3 бали.

При цьому для оцінки фактичного впливу фактора на стан умов праці враховується тривалість його дії протягом зміни (за винятком мікроклімату і важкості та напруженості праці для яких тривалість дії вже врахована, тому для них – $X_{cm} = X_i$). Тому, якщо тривалість зміни менше 8 годин, значення X_{cm} корегується за формулою[1]:

$$X_i = X_{cm} \cdot \frac{T}{8}$$

де X_{cm} – бальна оцінка за ступень шкідливості фактора, 1, 2, 3 бали;

T – час дії даного фактора протягом робочого дня, год.;

8 – тривалість робочої зміни, год.;

відношення $T/8 = 1$ – якщо час дії фактора складає більш 90% робочої зміни (робочого часу).

– для оцінки впливу мікроклімату, виходимо з того що він відповідає 3 класу, 4 ступеню умов праці, а час його дії уже врахований, тому – $X_{cm} = X_i = 3$;

– при оцінці впливу освітленості, виходимо з того що вона відповідає 3 класу, 1 ступеню умов праці та діє протягом 8 годин, тому корегування не потрібне – $X_{cm} = X_i = 1$;

– для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 4 ступеню умов праці та діє протягом 5 годин, тому значення X_i визначається за формулою[1]:

$$X_i = 3 \cdot \frac{5}{8} = 1,87;$$

– для оцінки впливу важкості та напруженості праці, виходимо з того що вони відповідають 3 класу, 3 ступеню умов праці, а час їх дії уже врахований, тому – $X_{cm} = X_i = 3$;

Скореговані (фактичні) бали факторів за ступені шкідливості умов праці та виробничого середовища X_i вносять до стовпчика 7, таблиці 3.2.

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень X_i , за формулою[1]:

$$X_{\text{факт}} = \sum_{i=1}^n X_i,$$

$$X_{\text{факт}} = 3 + 1 + 1,87 + 3 = 8,87.$$

Розміри доплат за умовами праці в залежності від їх фактичного стану ($X_{\text{факт}}$) встановлюються керівниками об'єднань, підприємств і установ по узгодженню з профспілковим комітетом (представником трудового колективу) за результатом атестації 22 робочих місць (дослідження фактичного стану умов праці) на підставі Типового положення «Про оцінку умов праці на робочих місцях і порядок застосування галузевих переліків робіт, на яких можуть установлюватися доплати робітникам за умови праці», по наступній шкалі, таблиці С4[1].

До фактично відпрацьованого часу, на який нараховується доплата, не включається :

- час усіх видів відпусток;
- час, протягом якого працівник хворів;
- час виконання державних і громадських обов'язків;
- час простоїв, якщо вони офіційно оформлені згідно з законодавством;
- час, коли з виробничих потреб працівника було переведено за наказом керівника на іншу роботу, не обумовлену трудовим договором;
- час обідньої перерви, якщо працівник згідно з Правилами внутрішнього трудового розпорядку має можливість використати її на свій розсуд.

Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) становить – 20%

Таблиця В.4 – Розмір доплати в залежності від фактичного стану умов праці

На роботах	$X_{\text{факт}}$, бали	Розмір доплат в % до тарифної ставки (окладу)
З важкими та шкідливими умовами праці	до 2,0	4
	2,1- 4,0	8
	4,1-6,0	12
З особливо важкими та особливо шкідливими умовами праці	6,1-8,0	16
	8,1-10,0	20
	понад 10,0	24

Для приведення умов, важкості та напруженості праці до вищезазначених показників необхідно передбачити комплекс заходів які забезпечать нормалізацію умов праці, наприклад:

- для приведення мікрокліматичних умов до відповідності, необхідно забезпечити припливно-витяжну механічну вентиляцію та кондиціонування приміщення;

- для забезпечення нормованої освітленості приміщення яка відповідає розряду зорових робіт необхідно провести додаткові розрахунки та визначитися з потужністю ламп, типом ламп та світильників та їх раціональним розміщенням;

- для зниження рівня шуму в робочий зоні інженера-дослідника ЦЗЛ необхідно замість матричних принтерів застосувати лазерні; з метою зниження зовнішнього шуму замінити вікна на пластикові з трикамерним склопакетом;

- для зменшення загальних енергозатрат організму, необхідно скоротити тривалість робочого дня до 6 або 7 год

– для зменшення напруженості праці від стереотипних рухів за 28 змін при локальному навантаженні кистей рук та пальців необхідно передбачити перерви, не менш 15 хвилин, кожні 1-2 години;

– для зменшення тривалості зосередження уваги, необхідно скоротити тривалість робочого дня, передбачити додаткові перерви.

Якщо, з об'єктивних причин, вищезазначені заходи неможливо виконати, необхідно забезпечити доплати до тарифної ставки (окладу) за особливо шкідливі та особливо важкі умови праці, відповідно до таблиці В.4[1], у розмірі 20%.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ В

1. Лазуткін М. І., Журавель М. О. Дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості і напруженості праці : методичні вказівки до лабораторного заняття з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» : для студентів усіх спеціальностей та усіх форми навчання : Запоріжжя: ЗНТУ. Каф. ОП і НС, 2018 – 44 с.

ДОДАТОК Г

Вимоги до розміщення промислових об'єктів

Розміщення промислових об'єктів повинно здійснюватися з урахуванням зон можливих руйнувань. Для практичної реалізації вимог норм інженерно-технічних заходів цивільного захисту територію міста або окремо розташованого об'єкта ділять на дві зони:

- зону можливих сильних руйнувань (тобто територію на якій очікується надлишковий тиск у фронті ударної хвилі $\Delta P_{\phi} \geq 30$ кПа);
- зону можливих слабких руйнувань (тобто територію на якій очікується $\Delta P_{\phi} = 10 \sim 30$ кПа).

Нові важливі промислові підприємства, АЕС, ГЕС, ХНО, а також основні склади і бази державних резервів і стратегічних запасів, повинні розміщуватися за межами зон можливих руйнувань.

У зоні можливих слабких руйнувань допускається розміщувати:

- бази і склади з продовольчими та промисловими товарами першої необхідності;
- базисні склади легкозаймистих і горючих матеріалів (обов'язково нижче за течією річки або мати ухил місцевості зворотний по відношенню до житлових і промислових зон);
- головні споруди системи водопостачання;
- насосні і компресорні станції магістральних трубопроводів;
- міжміські кабельні магістральні лінії зв'язку.

У зоні можливих сильних руйнувань допускається розміщувати:

- комунальні гаражі;
- тролейбусні депо;
- трамвайні парки;
- склади поточного постачання та підземні магістральні трубопроводи.