

Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

**Пояснювальна записка**  
до роботи  
за освітньо – кваліфікаційним рівнем «магістр»  
на тему: «Підвищення експлуатаційних характеристик електромобіля Nissan Leaf  
служби таксі «Еко-таксі» місто Вінниця»

Виконав: студент 2 курсу, групи 1АТ-19М

Спеціальності 274 – «Автомобільний  
транспорт»

Салата В.Г. \_\_\_\_\_

Керівник: д.т.н., професор

Біліченко В.В. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

Рецензент:



## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>1 КОНЦЕПЦІЇ ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ АВТОМОБІЛІВ</b> .....	9
1.1 Історія розвитку електромобілів .....	9
1.2 Актуалізація проблеми забезпечення екологічних норм на автомобільному транспорті.....	13
1.3 Основні проектні рішення для електромобілів .....	17
1.4 Проблемні області технологій проектування і виробництва ТАБ електромобілей .....	18
1.5 Характеристика підприємства «ЕКО-ТАКСІ» .....	19
1.6 Висновок .....	22
<b>2 МОДЕЛЮВАННЯ ОСНОВНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВДУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ</b> .....	24
2.1 Загальні рівняння циклічного руху автомобіля .....	24
2.2 Технічні вимоги до ЕМБ .....	32
<b>3 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕНЕРГІЇ</b> .....	47
3.1 Методика побудови топограм – багатопараметрових характеристик двигуна внутрішнього згоряння .....	47
3.2 Моделювання енергоємних накопичувачів енергоустановки.....	53
3.3 Дослідження і моделювання бортових електросилових накопичувачів .....	58
3.4 Висновок .....	64
<b>4 МЕТОДИ, ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ПІДТРИМКИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ</b> .....	66
4.1 Вибір технологічного обладнання.....	66
Набір інструменту для демонтажа обшивки салона.....	67
4.2 Розрахунок площ виробничих приміщень .....	71
4.3 Описання планувальних рішень .....	71
4.4 Аналіз конструктивних, функціональних та експлуатаційних особливостей системи .....	73
4.4.1 Особливості будови, функціонування та умови роботи .....	77
4.4.2 Особливості експлуатації, відмови та несправності .....	83
4.5 Висновок .....	85
<b>5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗРОБОК</b> .....	86



	3
5.1 Розрахунок капітальних вкладень .....	86
5.2 Розрахунок собівартості робіт .....	88
5.2.1 Розрахунок фонду оплати праці виробничого персоналу .....	88
5.2.2 Розрахунок витрат на соціальні потреби .....	91
5.2.3 Матеріальні витрати .....	92
5.2.4 Розрахунок амортизаційних відрахувань.....	92
5.2.5 Розрахунок накладних витрат.....	94
5.2.6 Кошторис витрат виробництва .....	94
5.2.7 Розрахунок собівартості одного технічного впливу .....	95
5.3 Розрахунок показників економічної ефективності проекту .....	95
5.3.1 Розрахунок фінансових показників роботи об'єкта проектування .....	95
5.4 Висновок .....	98
<b>6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>	<b>99</b>
6.1 Аналіз умов праці .....	100
6.2 Організаційно-технічні заходи .....	101
6.3 Санітарно-гігієнічні заходи .....	102
6.3.1 Мікроклімат.....	102
6.3.2.Вентиляція.....	103
6.3.3 Опалення.....	103
6.3.4. Шум і вібрація .....	104
6.3.5 Освітлення .....	104
6.4 Заходи по забезпеченню техніки безпеки.....	104
6.5 Заходи пожежної безпеки .....	105
6.7 Заходи по охороні навколишнього середовища .....	107
6.8 Розрахунок штучної вентиляції по чадному газу (CO).....	108
6.9 Розрахунок висоти блискавковідводу на СТО “Motor-Service ” .....	110
<b>ВИСНОВОК.....</b>	<b>112</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>113</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>116</b>



## ВСТУП

Ринок електромобілів у світі набирає стрімких обертів. Зважаючи на те ще на початку 2000-х років електромобільний бізнес не розглядався як перспективний, то на сьогодні з упевненістю можна сказати, що майбутнє саме за електрифікованими авто. Популярність електромобілів у світі зумовлена тим, що вони мають ряд переваг у порівнянні з автомобілями у яких двигун внутрішнього згорання: дешева заправка, простота конструкції, екологія, енергоефективність але має і ряд недоліків: висока ціна, обмежений пробіг на одній зарядці, висока ціна на заміну акумулятора. Застосування моторного вуглеводневого палива неминуче супроводжується підвищеним викидом діоксиду вуглецю (CO<sub>2</sub>), який регламентує технічний рівень сучасних АТЗ. Зниження викидів CO<sub>2</sub> традиційними методами не забезпечує виконання жорстких екологічних вимог і є серйозною проблемою автомобілебудування.

Застосування електроприводу дозволяє найбільш ефективно вирішити проблему підвищення екологічної безпеки АТЗ. Основною перешкодою на шляху широкого впровадження електроприводу на автомобільному транспорті (АТЗ) є недосконалість традиційного джерела електричної енергії і електронної системи його управління. Застосовувані технології проектування електромобіля пов'язані з високими матеріальними і фінансовими витратами. У нашій країні і за кордоном ведеться пошук оптимальних рішень по створенню принципово нових транспортних силових установок. У ситуації, що склалася необхідні нові стимулюючі економічні механізми практичної їх реалізації.

Досягнуті результати провідних зарубіжних фірм дозволили вирішити концептуальні технічні проблеми електричного приводу.

Служба «ЕКО-ТАКСІ» вирішила що електромобіль це найкомфортніший і найдешевший спосіб пересування в межах міста.

ЕКО ТАКСІ - одна з небагатьох служб міста, яка має офіційну ліцензію на таксоп перевезення пасажирів.



«Я вважаю, що це вже європейська якість, рівень. Бо, перш за все, ми не забруднюємо наше довкілля, що дуже важливо. У нас усі авто – електромобілі. І рівень обслуговування у нас найвищий по всьому місту, – говорить керівник служби «ЕКО ТАКСІ» Гребінна Віра Павлівна».

На сьогодні автопарк нараховує 100 машин відомого надійного бренда Nissan Leaf 1-покоління. У всіх автомобілях є необхідні зручності як для пасажирів, так і для водіїв: термінали для розрахунку, wi-fi, кондиționери, камери відеоспостереження, трекери та інше, що можна бажати для таксі.

Nissan leaf базується на платформі Nissan V, її також використовують для моделей Juke і Micro. Leaf має синхронний привід, електродвигун на 110 л / с (80 кВт) з обертовим моментом 280 Нм. На одному циклі зарядки можна проїхати до 175 км. Завдяки розташуванню тягової батареї в підсидінням, і електродвигуна в передній частині, машина має такі плюси:

- додаткову жорсткість кузова;
- поліпшену керованість і підвищену стійкість;
- низький центр тяжіння.

Аналіз розвитку світового автомобільного ринку показує, що сьогодні електромобілі (ЕМБ) стають серйозною альтернативою для споживачів в прийнятті рішення при покупці нових автомобілів. Експертне співтовариство на думці, що електричні технології стають домінуючим фактором, що забезпечує поліпшення експлуатаційної ефективності транспортних засобів (ТЗ). При цьому ключові аспекти змін в контексті розвитку автомобілів є напрями несучі серйозні зміни для традиційної автомобільної промисловості, її конструкторської та технічної бази.

Однак існує ряд теоретичних і практичних проблем, які не дозволяють в даний час ЕМБ конкурувати в більшості випадків з автомобілями, оснащеними традиційної силової установкою.

Важливе значення, для успішного впровадження електромобілів набуває



взаємозв'язок між наборами проектних технологій і комплексів забезпечення експлуатаційної ефективності базуються на показниках якості і надійності. Вирішення цих організаційно-економічних проблем неможлива без вирішення технічних завдань, пов'язаних з ефективним накопиченням електричної енергії, вдосконаленням енергоефективності приводу коліс, реалізації оптимальних алгоритмів керування системами ЕМБ.

Специфіка проектування і виробництва ЕМБ має на увазі необхідність розробки нового комплексу інструментів забезпечує необхідний рівень експлуатаційної ефективності. Безсумнівно, що відправною точкою в реалізації даного завдання є використання прогресивних технологій управління якістю та надійністю сформованих при проектуванні і виробництві компонентів системи електрообладнання традиційних автомобілів на основі стандарту ISO / TS 16949. При цьому необхідно враховувати і інфраструктурні зміни, носіями яких є нові вимоги щодо забезпечення відповідних характеристик електромобілів.

**Об'єкт дослідження** – комплекс електрообладнання електромобілів

**Предмет дослідження** – вплив режимів навантаження на експлуатаційну ефективність електромобілів.

### **Мета і основні завдання дослідження**

Метою цієї роботи є створення системи науково-практичних інструментів і засобів, спрямованих на підвищення експлуатаційної ефективності ЕМБ.

Відповідно до поставленої мети в дисертації вирішуються основні завдання:

1. Аналіз основних проблем і визначення тенденцій проектно-технологічного розвитку ЕМБ з урахуванням питань підвищення експлуатаційних характеристик.
2. Формування комплексу математичної моделі що забезпечує систематизацію, в рамках єдиного комплексу, рівнянь руху, тягового, пужного і енергетичного балансів фаз циклічного руху ЕМБ в міському режимі;
3. Розробка системи аналітичних інструментів і засобів моніторингу, прогнозування і забезпечення надійності комплексу електрообладнання, в рамках концепції



підвищення експлуатаційних характеристик ЕМБ.

#### 4. Вирішення питань ОП

##### **Методи дослідження**

Дослідження проведені з використанням фундаментальних основ теорії двигунів внутрішнього згоряння та електричних машин, методів диференціального й інтегрального числення, структурного моделювання, чисельних методів апроксимації, теорії оптимізаційного проектування та фізичного моделювання.

Експериментальні дослідження проводились на основі:

- визначення багатопараметричних характеристик комбінованої енергоустановки (КЕУ) з експериментальними навантажувальними характеристиками типового двигуна внутрішнього згоряння ВАЗ-1111;
- аналізу похибок отриманих математичних моделей ТАБ в порівнянні з експериментальними розрядними характеристиками і питомими технічними параметрами свинцево-кислотного ТАБ «Оптима».

##### **Наукова новизна**

Розроблено концепцію підвищення експлуатаційних характеристик що включає:

- математичну модель (ММ) циклічного руху автомобіля з КЕУ, функціонально орієнтовану на моделювання міського циклу руху ТЗ з урахуванням уповільнення і гальмування з рекуперацією енергії;
- оптимізацію управляючих впливів на електропривод коліс, яка дозволяє забезпечувати заданий режим руху при мінімальному для цього режиму рівні втрат в електродвигуні;
- комплекс аналітичних моделей моніторингу та прогнозування надійності, а також інструментів вимірювання ефективності проектно- технологічних заходів по підвищенню експлуатаційних характеристик ЕМБ



## Практична цінність

Сукупність наукових положень, ідей та практичних результатів досліджень складають новий напрямок в області теоретичних і практичних методів аналізу і вирішення проблеми підвищення експлуатаційних характеристик ЕМБ.

Розроблено та впроваджено в практику діяльності підприємств автомобільної галузі:

1. Програми аналітичної оцінки якості комплексу електрообладнання ЕМБ на експлуатаційному етапі життєвого циклу, що дозволяють проводити аналіз проблем, виходячи з реалізації оцінки надійності через дані дослідження споживчої задоволеності та реєстрації відмов на підприємствах автосервісу.

2. Алгоритми і програми прогнозування ефективності заходів щодо підвищення експлуатаційних характеристик ЕМБ .

**Достовірність теоретичних положень** магістерської кваліфікаційної роботи підкріплюється строгістю постановки задач, строгим виведенням аналітичних співвідношень, коректним застосуванням математичних методів під час доведення наукових положень, порівнянням отриманих за допомогою розроблених у роботі методів результатів з вже відомими та збіжністю результатів математичного моделювання з результатами, які були отримані під час проведення експериментів.

**Публікації:** Основні проблеми дипломної роботи опубліковані в тезі наукової конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2021)» у Вінницькому національному технічному університеті.



# 1 КОНЦЕПЦІЇ ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ АВТОМОБІЛІВ

## 1.1 Історія розвитку електромобілів

Історія розвитку проектів електромобілів починається в 1835 році, коли професор Страйтінг продемонстрував невеликий електричний автомобіль в місті Гронінген (Нідерланди). Автомобіль, по суті, був концептуальною моделлю, в якій було необхідно вирішити безліч перспективних завдань пов'язаних, наприклад, із забезпеченням зберігання електроенергії. Дане завдання було вирішене за допомогою розробки свинцево-кислотної акумуляторної батареї, бельгійським вченим Гастоном Планте в 1859 році. А в сукупності, з розробленою Женобе Теофілем Грамом більш досконалої конструкції тягового електродвигуна отриманий комплекс охоплює тягову акумуляторну батарею (ТАБ) - тяговий електродвигун, сформував передумови для розвитку процесів проектування і виробництва електромобілів.

Приблизно в 1870 році брати Сімен запатентували подвійні Т-образні залізньо-арматурні генератори в Англії, і в 1890-х роках француз Г. Трове використав пару модифікованих двигунів Сімен і батарею Планте в мотоциклі з коляскою, який розвивав швидкість до 12 км/ год. Схожі мотоцикли з'явилися в США і Великобританії, і до 1896 року партнери Морріс і Салом справили 13 електричних автомобілів, які працювали в Нью-Йоркському таксі, з циклом пробігу до повної розрядки ТАБ - 48 км[1].

До кінця 1890-х років на автомобільному ринку з'явилися більш високотехнологічні двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ), які безпосередньо конкурували з електроприводами. Почався етап суперництва технологій. Уже в 1896 році іспанським інженером Г. Хульеном була розроблена батарея з цинковими пластинами в лужному електроліті, конструкція якої актуальна і сьогодні. А в 1897 Дараком був побудований електромобіль, який має досить високі показники енергозбереження. В цей період часу в Великобританії спостерігається сплеск інтересу до електромобілів, які використовувалися, наприклад, в таксі. Завдяки чому в 1897 р в Лондоні була створена асоціація «Red Flag Act (Червоний Прапор Закону)», і до літа 1897



року, 15 електромобілів вже працювали в Лондоні.

Важливим досягненням електромобілебудування є технології французького винахідника Камі Женазі, завдяки яким було досягнуто рекорд швидкості на електромобілі- 98 км / год, отриманий в 1899 році. Фердинанд Порше створив перший Lohner-Wagen в 1900 році з електродвигунами на передній ступіці коліс, а вже в наступному році, був розроблений Lohner-Porsche Rennwagen з батареями загальною масою 1800 кг і харчуванням електроприводу в 1,5 кВт. він також створив першу модель автомобіля з комбінованою енергоустановкою - MixtWagen, в якій використав бензиновий двигун для приводу генератора, з якого електроенергія знімалася ТАБ живлячи електропривод транспортного засобу.

До першої світової війни в США і Великобританії експлуатувалося близько 30 тис. електромобілів. Автомобілів з ДВЗ в цей період часу було вже не менше 900 тис.

Причиною бурхливого зростання технологій проектування і виробництва автомобілів з ДВЗ. У 1908 р Генрі Форд запустив «Model T», що позначало століття масового виробництва автомобілів з низькою собівартістю. В цей період в Техасі і на Близькому Сході були виявлені великі поклади нафти. У 1911 році Чарльз Кеттерінг, впровадив електричний стартер на Cadillac, через що зник ручний пуск. Здебільшого приведені фактори впливали зниженню інженерної активності в питаннях створення електромобілів, і вже до 1935 року відповідні технології не оновлювалися. Однак були винятки: після Другої світової війни в Японії був невеликий відсоток електромобілів, а в Великобританії деяка кількість електромобілів забезпечують рішення транспортних завдань міського сервісу.

У 60-х роках 20 століття, проблема розвитку екологічного транспорту знову стала актуальною. Електромобілі стали розглядатися як потенційно необхідні транспортні засоби. Так, у зв'язку зі збільшенням кількості автомобілів експлуатованих в штаті Каліфорнія (США) в 1966 р президентом Ніксоном був підписаний перший пакет законів, який визначав екологічні вимоги до автомобільного транспорту. У 1970 р в США була сформована служба з охорони навколишнього середовища (EPA).



Перші спроби відродження проектів електромобілів були реалізовані у вигляді глибоких інженерних змін стандартних автомобільних платформ. Наприклад: електромобіль Іллінойс (Illinois-based) корпорації Eureka Williams; електромобіль Enfield виробництва Центральної Електровиробляючої компанії в Англії. Enfield мав масу 975 кг і міг розвивати швидкість до 64 км / год, при пробігу до повної розрядки ТАБ - 90 км. Проте, вартість такого електромобіля в 2 рази перевищувала вартість аналогічного автомобіля з ДВЗ. У 1967 м компанія Ford у Великобританії представила електромобіль Comuta, з заявленим циклом пробігу до перезарядки рівним 64 км, при забезпеченні середньої швидкості руху - 40 км / год. В цей же період в США, компанія GM запустила проект створення електромобіля на базі моделі Corvair, оцінений в 15 млн.дол. Спочатку в якості основного накопичувача енергії використовувалася цинко-повітряна ТАБ, а вже в другій ітерації автомобілів даної марки використовувалась срібна батарея з частинками цинку, розташована в передньому і задньому відсіках салону автомобіля. Срібні батареї з цинком були використані тому, що вони володіли високою потужністю в пікових режимах і забезпечували достатній рівень збереження енергії, але в той же час були дорогими, а характеристики надійності та стабільності роботи різко погіршувалися вже після 100 циклів перезарядки. Пробіг електромобілів до повного розряду ТАБ був обмежений 129 км, а бензинова версія автомобіля забезпечувала рух на відстань в 480 км. В Європі GM електрифікованих Opel Kadette на приводі двигуна постійного струму з використанням як свинцево-кислотних, так і повітряно-цинкових батарей. В останньому варіанті компанія заявляла підвищений пробіг між заряджаннями - 240 км при середній швидкості руху 48 км / год

У 1970 році, Генеральна Електрична компанія показала електромобіль GE Delta, в якому була використана комбінація свинцево-кислотних і нікель-кадмієвих акумуляторів. Однак головними проблемами електромобілів залишалися невисока енергетична ефективність, а значна вартість і слабка динаміка руху.

У 1972 р компанія Sebring-Vanguard, заснована в штаті Флорида (США), запустила на ринок двомісний Citicar: електромобіль особливо малого класу з максимальною швидкістю руху 72 км / год і пробігом між перезарядженням ТАБ - 40 км.



Протягом наступних чотирьох років компанія продала 2500 машин вартістю 3000 дол. США.

Одним з лідерів в області розробки електромобілів є компанія GE, яка активно працює разом з GM протягом останніх чотирьох десятиріч. У 1978 р компанія в співробітництві з Chrysler EV реалізувала проект по використанню свинцево-кислотних акумуляторів, а через шість років дані технології були використані в Ford Mercury, де був реалізований електропривід передніх коліс від трубчастих свинцево-кислотних ТАБ. Далі, компанією Ford в проекті Aerostar van були запропоновані нітратно-сірчані акумулятори, що працюють при високих температурах. При цьому було досягнуто значні характеристики пробігу до повної розрядки ТАБ - 160 км, при максимальній швидкості руху 96 км / год.

У Франції до кінця 80-х років 20 століття експлуатувалося близько 500 електромобілів. В основному це були проекти Peugeot 205 і Citroën C15. В цей же час в Німеччині VW запускає проект електромобіля на платформі Golf. Автомобіль був оснащений свинцево-кислотними ТАБ. Компанія Siemens розробляє синхронний двигун трифазного змінного струму з постійним магнітом, який використовує водяне охолодження, а також реалізує процес генерації енергії в режимах гальмування (рекуперація).

В 1990-х роках в США і Західній Європі були проведені ряд законодавчих і регулятивних заходів, спрямованих на поліпшення екологічної обстановки, при цьому відбувається відродження інтересу по технологіям електромобілебудування у ключових автовиробників.

У 1990 р в США були прийняті екологічні поправки Clean Air Act, а в 1992 р там ж був прийнятий закон про енергетичну політику, а також нормативні акти Каліфорнійського ради з повітряних ресурсів (CARB). В доповнення до строгих заборон на шкідливі викиди в атмосферу, були додані вимоги і правила, що вимагають скорочення споживання бензину.

У 1990 р Каліфорнія прийняла свій мандат Zero Emission Vehicle (ZEV), який визначає 2% сегмент транспортних засобів з нульовим викидом до 1998 р і 10% сегмент до 2003 року. Відповідно до мандату компанія Ford розробила проект Ecostar,



результатом якого став електромобіль з 105-сильним двигуном. Важливою особливістю Ecostar є його «гаряча» з робочою температурою 315 натрій - сірчана ТАБ, конструкція і технологія виробництва якої була розроблена фахівцями компанії ще в 1960 р. Акумулятор працює при високій температурі, забезпечуючи молекулярну реакцію між розплавленням ТАБ є забезпечення високих динамічних властивостей електромобіля (час розгону від 0 до 96 км / год складає всього 15 сек.). Однак, специфічний температурний режим: і технологія виробництва подібних ТАБ обмежують їх застосування.

Зараз з'являються конструкції і технологічні проекти, які забезпечують достатню ефективність роботи електромобілів без зазначених вище специфічних особливостей. При цьому все більше посилюється конкуренція між традиційними марками автомобілів з ДВЗ і електромобілями. Сьогодні, спостерігається переломний момент в автомобільних технологіях, так само як це було на початку 20 століття. І загостренням екологічних проблем може забезпечити ще більш бурхливе зростання відповідних «зелених технологій» на транспорті[2].

## 1.2 Актуалізація проблеми забезпечення екологічних норм на автомобільному транспорті

Вперше про шкідливість відпрацьованих газів автомобільних двигунів заговорили на початку 60-х років 20 століття, коли різко збільшилася кількість захворювань органів дихання у людей, викликаних, як встановили фахівці, «смогом», який почав часто з'являтися в містах штату Каліфорнія в результаті роботи автомобільних двигунів.

З тих пір цією проблемою зайнялися всерйоз, що призвело до того, що питання екології транспортного засобу на стадії його проектування стоять в одному ряду з його споживчими властивостями і безпекою.

Систематичне дослідження проблеми привело до появи юридичних документів (нормативів), які обмежують концентрацію шкідливих речовин у відпрацьова-



них газах. Найбільш вимогливими в цьому плані є нормативи «Євро» в країнах Європейського союзу і закони штату Каліфорнія США .

Правила R 83-02 ЄЕК ООН, відомі як «Євро-1» вступили в дію в 1993 г. З моменту їх введення автомобільні фірми Європи випускали тільки машини, що відповідають цим вимогам. Минуло майже 20 років і сьогодні світові лідери автомобільної промисловості вже орієнтують свою продукцію на перспективні вимоги стандарту «Євро» п'ятої версії (рисунок 1.1)[3].

За час дії стандартів "Євро" з 1993 року кількість шкідливих речовин у відпрацьованих газах (ОГ) знизилася більш ніж в 2 рази. Всього за останні 40 років вміст токсичних компонентів в ОГ одного автомобіля зменшилось на 70%.

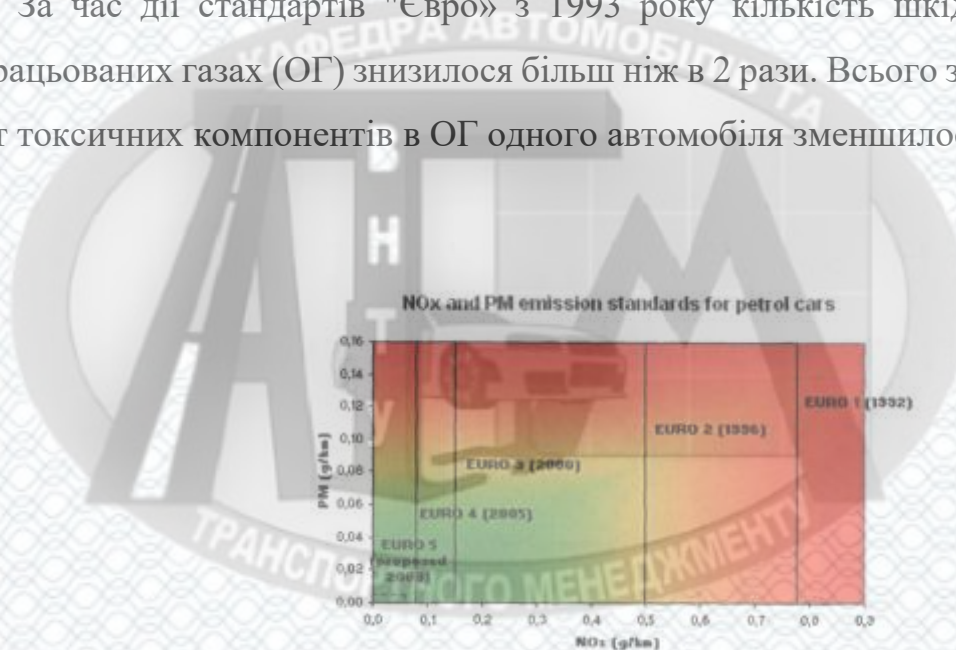


Рисунок 1.1 - Діаграма обмежень накладених різними версіями стандарту «Євро» на бензинові автомобілі

Незважаючи на зменшення шкідливих викидів окремими автомобілями за останні 40 років, через зростання їх кількості загальні викиди вуглекислого газу, монооксида вуглецю, вуглеводнів, рівень шуму в містах світу подвоїлися.

На частку автомобільного транспорту припадає 80% всіх викидів шкідливих речовин у великих містах. Кавтомобілі не тільки забруднюють повітря токсичними газами, вони ще й спалюють кисень. Для спалювання одного кілограма бензину потрібно 13,7 кг повітря, тобто 2,9 кг кисню. Вже зараз на планеті спалюється близько



90% всього кисню, вироблюваного наземною рослинністю. Проблема екологічності автомобільного транспорту в наш час набуває все більшої актуальності.

З урахуванням усього вище викладеного стає зрозуміло, що напрямок, пов'язаний з так званими «зеленими технологіями» в автомобілебудуванні – це найбільш перспективний шлях розвитку автомобільного транспорту. Сьогодні з точки зору екологічності, найкращі показники мають автомобілі з водневим двигуном і працюють на паливних елементах, але на шляхи їх впровадження стоять численні проблеми, подолання яких може зажадати масу часу, якого, можливо, вже немає.

У електромобілей (ЕМБ) немає конкурентів по частині забруднення, але і тут не все так просто. Прихильники цього виду транспортного засобу часто не враховують, що електрику для підзарядки електромобіля виробляють електростанції, які для цього, в основному, спалюють паливо. Тобто, шкода природі не зменшиться, просто місця викиду шкідливих речовин сильніше локалізовані. Викиди електромобіля менше, але все ж не рівні нулю [4].

Таким чином, на тлі триваючого посилення екологічних норм законодавства промисловості розвинених країн і, як наслідок, вдосконалення конструкцій автомобілів, що випускаються тривають дослідження для заміни джерел енергії транспортних засобів. Серед можливих на сьогоднішній день варіантів, найбільш перспективними, зараз, є проекти ЕМБ. У підтвердженні нашого висновку наведемо думку експертної групи Міжнародного Енергетичного Агентства (МЕА). Група МЕА вважає, кількість і типи ЕМБ, доступних на ринку суттєво зросте до 2015 року, що прискорить їх продажі. У 2014 році глобальних продажів гібридних автомобілів можуть досягти 2,2 млн. одиниць Великі корпорації, такі як Coca-Cola, AT & T, FedEx і Wal-Mart в даний час включають ЕМБ в свої автопарки. Десятки нових ЕМБ з'являться на ринку до 2015 року. Внаслідок зростання виробництва комерційних автомобілів з застосуванням «Зелених технологій», таких як Renault, витрати на обслуговування і сервіс падають. Адміністрація президента США, на підставі даних про суттєвому зростанні продажів електромобілів, зай-



мається розробкою цільової про грами модернізації та розвитку енергетичної інфраструктури країни.

ЕМБ - автомобіль, що приводиться в рух одним або декількома електродвигунами з живленням від акумуляторів. Порівняння енергетичної ефективності звичайного автомобіля і електромобіля, приведено на рисунку 1.2, показує, що існуючий рівень наукового і технологічного розвитку автомобільної галузі не дозволяє істотно знизити рівень споживання енергії ЕМБ в порівнянні зі звичайним транспортним засобом.

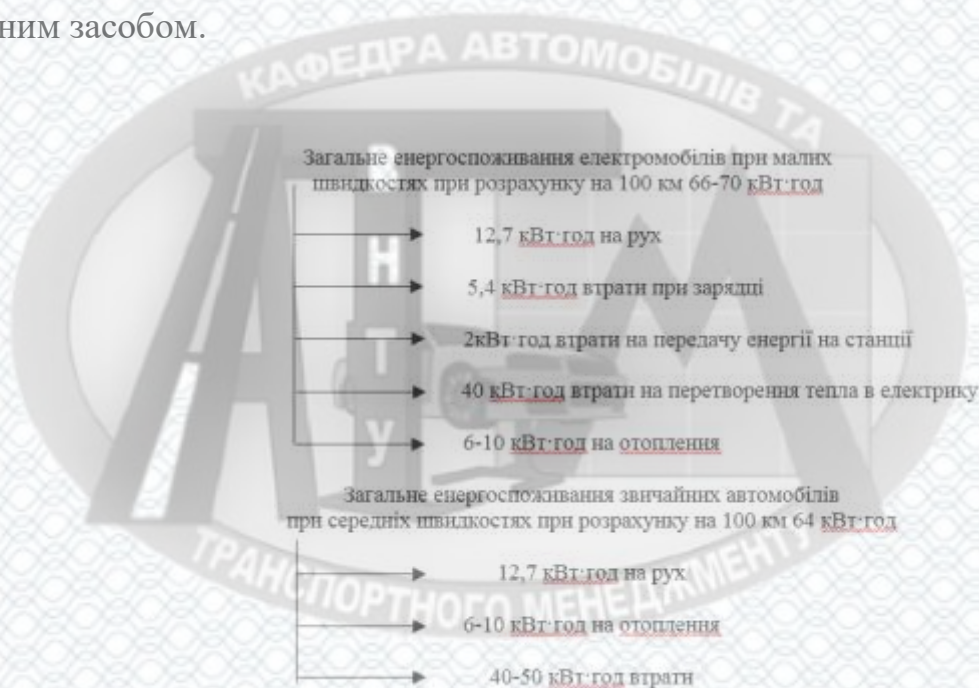


Рисунок 1.2 – Порівняння енергетичної ефективності автомобіля і електромобіля

Саме тому питома енергоємність акумуляторної батареї сильно впливає на область ефективного використання електромобілів і що її підвищення - одне з найбільш перспективних напрямків розвитку науки і технологій. Крім того для підвищення ефективності електромобілів потрібно рішення проблеми зниження питомої ціни джерела струму, а також підвищення терміну служби ТАБ.

На рисунку 1.3 представлена діаграма порівняння споживчих характеристик звичайного автомобіля і ЕМБ. Аналіз даних (рисунку 1.3) показує, що за цілою низкою показників електромобіль перевершує звичайний транспортний засіб: рекуперація енергії гальмування, екологічність, прискорення, енергетична ефективність



влітку.



Рисунок 1.3 – Діаграма порівняння споживчих характеристик звичайного автомобіля і ЕМБ

### 1.3 Основні проектні рішення для електромобілів

Електропривод і ТАБ на екологічному автотранспорті стають найбільш важливими елементами. Саме тому найбільші зусилля компонентного кластера направлено на забезпечення високого рівня якості даних елементів. По суті, велика частина успіху в розширенні ринку ЕМБ, сьогодні, залежить від вирішення проблеми підвищення надійності та довговічності функціонування виділених компонентів. Таке критичне визначення даної проблеми не випадкове. Традиційно, акумулятори не грали ключову роль в транспортних системах з ДВЗ. Роль акумуляторів була обмежена забезпеченням: пуску і запалювання ДВЗ, зовнішнім і внутрішнім освітленням. Решта ключові процеси, протягом довгого часу реалізовувалися бензиновими або дизельними силовими агрегатами[5].

Підвищення частки електронних і електротехнічних компонентів на борту транспортного засобу зажадало підвищення вихідної потужності генераторної установки, а також поліпшення технічних параметрів ТАБ. Однак, це ні в яке порівняння не йде з процесами переходу транспорту на електричні технології. По суті, сьогодні, необхідне переосмислення архітектури транспортного засобу. При



істотному обмеженні в масі і габаритах автомобіля, необхідно забезпечити установку системи зберігання електроенергії, а також вирішити задачу обмеження енергоспоживання. Так, наприклад, в традиційних конструкціях автомобілів з ДВЗ, функцією гальмівної системи є особисте забезпечення ефективного гальмування транспортного засобу. Для ЕМБ дана функція розширюється за рахунок реалізації електротехнічної системи рекуперації енергії .

Уловлювання піків електроенергії протягом короткого проміжку часу, а також її надійне зберігання є функцією ТАБ, але навіть сучасні технології літій-іонних батарей, які використовуються на транспорті, обмежені в здатності приймати енергію високого заряду протягом короткого проміжку часу. Істотна частина енергії рекуперації не зберігається в ТАБ, а виділяється у вигляді тепла. Ще однією проблемою в даному випадку є перегрів і деградація сучасних ТАБ, при впливі високих струмів. Існують декілька напрямків вирішення даних проблем: розробка та впровадження електротронних систем управління роботою ТАБ; використання суперконденсаторів (наприклад, як на автомобілі *Supra HV-R Hybrid*) для захоплення піків енергії. Однак висока вартість таких технологій обмежує їх застосування.

#### 1.4 Проблемні області технологій проектування і виробництва ТАБ електромобілей

Одним з найбільш важливих технологічних питань які потребують найшвидшого рішення при проектуванні і виробництві ЕМБ є підвищення щільності енергії ТАБ. Щільність енергії визначається її кількістю, накопиченої на одиницю маси або об'єму пристрою накопичувача. Залежність між параметрами питомої потужності і щільності енергії ТАБ, для різних технологічних рішень представлена на малюнку 1.4 . З аналізу малюнка 1.4 видно, що поширена в даний час літій-іонна технологія виробництва ТАБ має істотний потенціал розвитку.

Проте, в довгостроковій перспективі ця технологія цілком може бути замінена на інші, які в даний час знаходяться в стадії дослідження і розробок.

Поліпшення технічних характеристик ТАБ можливо, однак існують ризики



економічного характеру. Тому головна мета розвитку батарей для ЕМБ є максимізація щільності енергії, запасної на одиницю об'єму без істотного подорожчання системи.

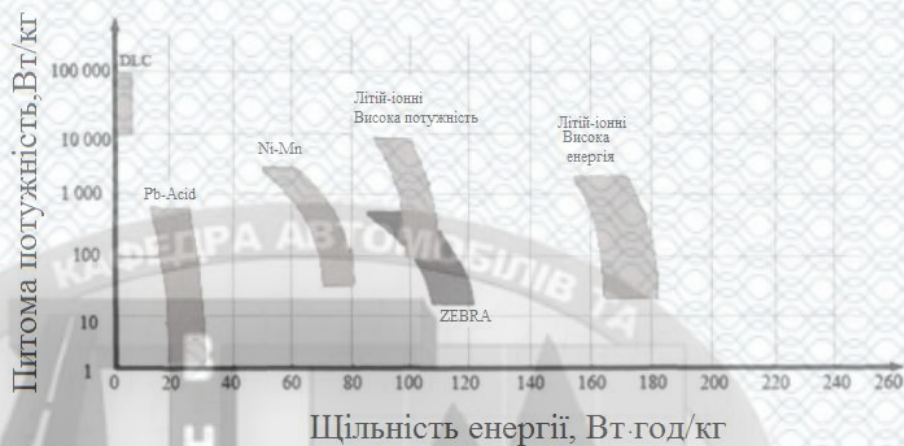


Рисунок 1.4 – Залежність між параметрами питомої потужності і щільності енергії ТАБ, для різних технологій

### 1.5 Характеристика підприємства «ЕКО-ТАКСІ»

На сьогодні автопарк нараховує 100 машин відомого надійного бренду Nissan Leaf 1-покоління. У всіх автомобілях є необхідні зручності як для пасажирів, так і для водіїв: термінали для розрахунку, wi-fi, кондиționери, камери відеоспостереження, трекери та інше, що можна бажати для таксі.

Перше покоління цього авто можна зустріти з двома основними типами АКБ - 24 кВт·год або 30 кВт·год: перший акумулятор обіцяє запас ходу приблизно 180 км, другий обіцяє близько 250 км. При акуратному використанні і періодичній балансуванні осередків, тяговий акумулятор здатний реально пропрацювати 5-10 років і забезпечити пробіг електромобіля в 150-200 тис. км до своєї повної заміни. Спостереження за першими примірниками Nissan Leaf показують, що деградація АКБ може зупинитися на позначці близько 65-70% від початкової, що дає нам запас ходу близько 100 км: якщо з електромобілем все нормально і вас влаштовує максимальний пробіг - можна продовжувати їздити. Якщо ж є деякі проблеми з акумулятором або він не



працює зовсім - потрібно ремонт. Найпростіший варіант має на увазі заміну акумулятора цілком: ціна \$ 3- \$ 5 тис. За старий, але цілком живий і робочий акумулятор. В даному випадку є лише одна складність - АКБ потрібно прописати в бортовий комп'ютер електромобіля, що не завжди можливо. Другий варіант дешевше, але складніше в роботі: заміна осередків в АКБ. Кожна осередок коштує \$ 100- \$ 120, однак робота по їх заміні жадає ще \$ 500- \$ 1000.. Зате обійдеться без необхідності прописування акумулятора[6].

В іншому елементи Nissan Leaf досить надійні. Електромотор зазвичай служить без проблем багато років і кілометрів, а два блоки-перетворювача струму (інвертори, один використовується для живлення електродвигуна, другий необхідний для зарядки акумулятора) можуть завдати проблем тільки в разі «потопельника». Та й то необхідно, щоб Leaf потрапив в повінь, рівень води був на висоті фар, а блоки промокли в воді кілька годин.

У такому випадку можливе попадання вологи на роз'єми і мікросхеми, що призводить до окислення контактів і коротких замикань - на жаль подібні проблеми не лікуються. У такому випадку потрібна повна заміна блоку або блоків-перетворювачів: від \$ 500- \$ 800 за кожен (Б / У).

Проблеми з блоками - це окремий випадок, а проблеми з редуктором електромотора - це вже особливості експлуатації і стиль водіння кожного автомобіліста. Справа в тому, що електромотор з постійним і досить високим крутним моментом (280 Нм) сильно навантажує редуктор. Якщо водій не відмовляє собі в прискореннях - деталі схильні до підвищеного зносу.

Для їх захисту необхідна свіжа мастило - в результаті існує рекомендація міняти масло в редукторі частіше: 20-30 тис. Км для водіїв з активним стилем їзди. А ось спокійні драйвери можуть міняти масло в редукторі в 1,5-2 рази рідше. Освіжати масло все одно потрібно, в іншому випадку вас чекає знос підшипників, шестерень, валів і гул редуктора під час їзди: ремонт потягне мінімум \$ 100- \$ 300 (в залежності від складності роботи) або \$ 500- \$ 700 (повна заміна редуктора на вузол з «розборки»).



В іншому Nissan Leaf максимально схожий на звичайні автомобілі з ДВЗ. Причому можна навіть сказати на які: Nissan Juke, Nissan Tiida, Nissan X-Trail, Renault Duster. Адже в даному випадку ми говоримо про підвіску електромобіля Nissan Leaf, яка запозичила багато елементів від масових і популярних моделей: важелі та моточини, опори амортизаторів. Також від родинних Nissan підходять гальмівні колодки, втулки стабілізаторів і т. д.

До речі, ресурс підвіски теж схожий зі звичайними автомобілями: від 40-60 тис. Км для «слабких» деталей (втулки, стійки, «гумки») у водіїв-гонщиків - до 60-100 тис. Км для великих деталей при плавній їзді. Єдине зауваження стосується гальмівних колодок: зважаючи на наявність системи рекуперації, яка бере на себе частину роботи по уповільненню, як правило, гальма в Nissan Leaf служать більше ніж у порівнянній моделі подібного класу (наприклад, Tiida). До речі це правило актуально для всіх електрокарів.

Кілька слів про кузові і салоні електромобіля Nissan Leaf. В цілому кузов не має характерних проблем, він не схильний до швидкої корозії, якщо автомобіль не був ДТП.

«Чистота - обов'язково. У жодному авто ніхто не палить, всі машини оснащені відеокамерами, - запевняє Віра Павлівна».

У службі працює справжня команда, яка дбає про надійність і безпеку своїх клієнтів. Адже кожного ранку водії проходять медичний огляд, а автомобілі перед кожною поїздкою технічний огляд та мийку транспортного засобу[7].

Відбираються водії, які мають водійський стаж не менше 3-х років та які гарно орієнтуються у місті. Кожен водій – професіонал своєї справи і постійно проходять навчання, а також підвищують свій професійний рівень і диспетчери-оператори.

Не менш важливою для користувачів є цінова політика. Але і до вирішення такого питання керівництво ставиться досить серйозно.

Сьогодні фірма не зупиняється у своєму розвитку, набирає обертів, оскільки кількість замовників зростає з кожним днем. І це не тільки окремі особи, а й фірми,



які віддають перевагу співпраці саме з цією службою таксі і заключають офіційні договори для безготівкових розрахунків з ПДВ.

Якщо для вас основним пріоритетом є ваша безпека, надійність, комфорт, екологічність, європейська якість, то вам краще обирати ЕКО ТАКСІ. Це зовсім інший рівень таксі, технічний стан автомобілів, обслуговування, екологічності, що є близьким до європейських стандартів. Тому пасажиром немає за що хвилюватися, адже якщо ви обираєте ЕКО ТАКСІ, то ви обираєте усе найкраще для приємної поїздки.

Дана організація використовує електромобілі тільки в межах міста тому раціонально сформулювати математичну модель електромобіля в міському режимі руху.

## 1.6 Висновок

Розглядаючи перспективи автомобільної промисловості, необхідно виділити кілька факторів, що найбільш істотно впливають на її розвиток:

- 1 Жорстка конкуренція між автовиробниками;
- 2 Розвиток екологічних вимог до змісту шкідливих викидів;
- 3 Обмеження на ринках енергоносіїв;
- 4 Якісне зростання рівня техніки і технологій в області електротехніки і електроніки;
- 5 Розробка та реалізація в розвинених країнах програм державного регулювання розвитку транспорту;
- 6 Необхідність забезпечення високого рівня якості і надійності як традиційних, так і перспективних транспортних комплексів.

Виходячи з вище викладеного, логічним напрямком росту проектів автомобілів, є екомобілі на основі електричних технологій. ЕМБ, вже сьогодні є досить широкий спектр транспортних засобів, здатних вирішувати як особисті завдання автолюбителів, так і комерційні завдання бізнесу.

Найважливішою компонентною областю конструкцій ЕМБ є тягові акумуляторні батареї, тягові електродвигуни і електронні системи підтримки ефективності руху транспортного засобу.



В даний час, активно розробляються нові технічні рішення, що забезпечують підвищення ефективності транспортних засобів на основі електричних технологій:

- застосування нових матеріалів в конструкціях ТАБ і електроприводах; розробка і реалізація сервісних проектів з обслуговування транспортних засобів;
- розвиток інтелектуальних технологій моніторингу, забезпечення та оптимізації руху транспортних потоків.





## 2 МОДЕЛЮВАННЯ ОСНОВНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВДУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

### 2.1 Загальні рівняння циклічного руху автомобіля

Процеси перетворення енергії в системі тягового приводу ЕМБ характеризуються реверсивністю. Пряме перетворення енергії, коли електроенергія перетворюється в механічну, використовується в фазах розгону і встановленого руху. Тут відбувається подолання сил опору руху і реалізації ЕМБ заданого прискорення. У зворотному процесі енергоперетворення, коли механічна енергія перетворюється в електричну, реалізується фаза рекуперативного гальмування для забезпечення підвищених динамічних якостей і енергетичних показників ЕМБ[8].

Класифікація режимів руху ЕМБ за основними фазами дозволяє визначати транспортні цикли необхідні для аналітичних досліджень і натурних випробувань тягових систем. Також це дозволяє систематизувати і вирішувати загальні рівняння (тягового, потужного і енергетичного балансів) руху ЕМБ.

Рівняння тягового балансу має вигляд

$$F_k = F_{\Sigma} = F_f + F_{\alpha} + F_w + F_j, \quad (2.1)$$

де  $F_k$  – сила тяги автомобіля, необхідна для подолання для рівнодіючої сили опору  $F_{\Sigma}$ ;

$F_f = mgf \cos \alpha$  - сила опору кочення, Н;

$m$  – маса автомобіля, кг;

$g$  – прискорення вільного падіння (9,81 м/с);

$f$  - коефіцієнт тертя кочення;

$\alpha$  – кут ухилу дороги, при малих кутах  $\alpha = \operatorname{tg} \alpha$ ;



$F_{\alpha} = \pm mgsin\alpha$  – сила опору ухилу дороги;

$F_w = 0,5c_x\rho Sv^2$ - сила аеродинамічного опору,

$c_x$ - коефіцієнт аеродинамічного опору,

$\rho$  – щільність повітря;

$v$  – швидкість руху автомобіля, м/с

$S$  – площа Міделя, м<sup>2</sup>

$F_j = \delta m \frac{dv}{dt}$  – сила інерції;

$\delta$ - коефіцієнт обліку обертаючих мас;

$\frac{dv}{dt}$  – прискорення, м/с<sup>2</sup>;

Після введених перемінних

$\varphi = f\cos\alpha \pm \sin\alpha$  – сумарний коефіцієнт опору дороги;

$K_w = 0,5c_x\rho S/(mg)$ ;  $K_j = \delta/g$ ;  $G = mg$ , рівняння тягового балансу (2.1) прий-

має вигляд

$$F_k = G(\varphi + K_w v^2 + K_j \frac{dv}{dt}) \quad (2.2)$$

Граничне значення тяги автомобіля  $F_{k\max}$  визначається силою щеплення ведучих колес з дорогою  $F_{\text{сц}}$

$$\left. \begin{aligned} F_{k\max} &\leq F_{\text{сц}}; \\ F_{\text{сц}} &= K_c mg\varphi, \end{aligned} \right\} \quad (2.3)$$

де  $\varphi$  і  $K_c=0,5$  – коефіцієнт зчеплення колес з дорогою –  $\varphi$ (для сухого асфальта  $\varphi=0,6\dots0,7$ ), і зчпної ваги -  $K_c$ .

Момент  $M_k$ , приведений до вала ведучого колеса визначаються через силу тяги

$F_k$



$$\left. \begin{aligned} M_k &\leq F_k r_k; \\ \omega_k &= \frac{v}{r_k}, \end{aligned} \right\} \quad (2.4)$$

$\omega_k$ - частота обертання ведучого колеса,  $v$  – швидкість руху автомобіля

Виразення тягової потужності  $P_k$ , яка підводиться до ведучих колес записується у вигляді

$$P_k = F_k v = G \left( \varphi + k_w v^2 + K_j \frac{dv}{dt} \right) v. \quad (2.5)$$

Максимальна тягова потужність  $P_{k\text{макс}}$  при русі автомобіля з максимальною швидкістю  $v_{\text{макс}}$  по горизонтальній дорозі ( $\alpha=0$ )

$$P_{k\text{макс}} = G(f + K_w v^2) v_{\text{макс}}. \quad (2.6)$$

Баланс потужностей на валу тягового електродвигуна

$$P_M = P_k / \eta_{\text{ТР}}, \quad (2.7)$$

де  $P_M$  – необхідна механічна потужність на валу електродвигуна для подолання сил опору руху.

Інтегралом (2.8) визначається пройдений шлях автомобіля  $L$  за інтервал часу руху  $t$

$$L = \int_0^t v dt, \quad (2.8)$$

а інтегралом (2.9) балансу енергії  $W_k$  при русі автомобіля при відомих силі тяги  $F_k$  і потужності  $P_k$

$$W_k = \int_0^L F_k dl = \int_0^t P_k dt \quad (2.9)$$

Витрата енергії за 1 км пройденного шляху  $w_{\text{пр}}$

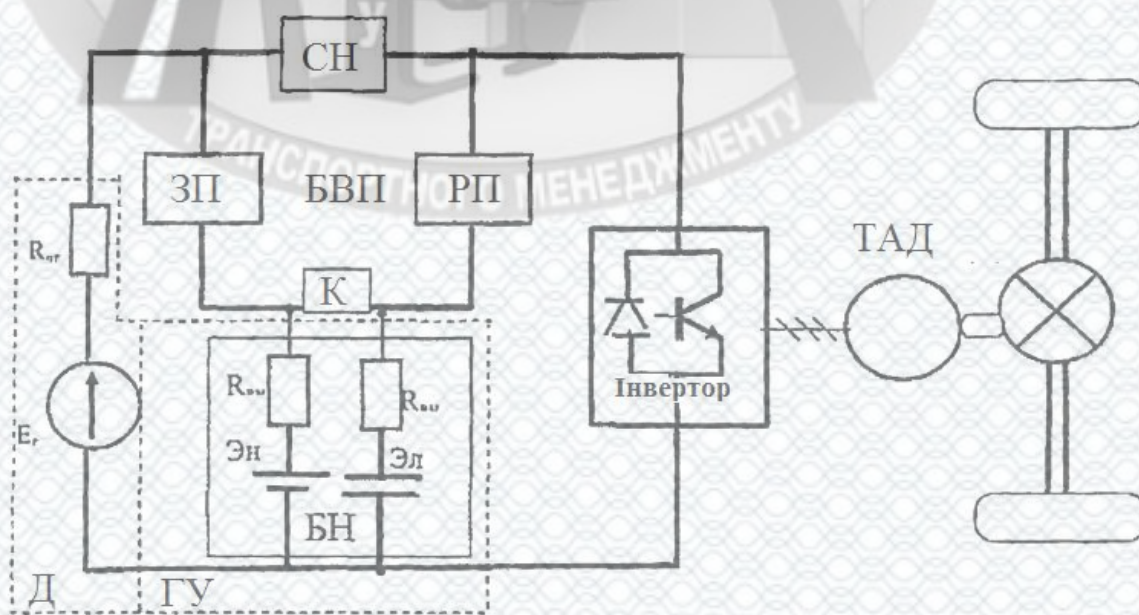
$$w_{\text{пр}} = W_k / L \quad (2.10)$$



Рівняння руху, балансу сил, потужності і енергії для городського циклу руху автомобіля узагальнені в таблиці 2.1

Енергетичні характеристики автомобілів. Тягові системи на електроприводах, як правило, мають менші втрати, ніж відповідні системи з тепловими двигунами, так як за рахунок більш високого рівня організації процесів енергоперетворення отримують значно кращий ступінь використання енергії, що має ключове значення для оцінки перспектив розвитку електричних тягових систем. В умовах різних режимів експлуатації ЕМБ найбільш актуальні дослідження витрат енергії для режимів розгону і динамічного гальмування[9].

На рисунку 2.1 приведена збільшена функціональна схема тягової системи по послідовній схемі, прийнятої в дослідженні за базу.



ЗП- зарядний пристрій; РП – розрядний пристрій; СН – стабілізатор напруги; БВП – бортовий вентиляльний перетворювач; К- ключовий комутатор; БН – бортові накопичувачі енергії; Д-ГУ – «двигун-генераторна установка»; ТАД – тяговий асинхронний електродвигун

Рисунок 2.1 – Функціональна схема тягової системи електромобілів



В основу аналізу і розрахунку енерговитрат при циклічному русі ЕМБ покладено метод енергетичного балансу.

Зарядний пристрій (ЗП) забезпечує заряд БНЕ від Д-ГУ (при надлишковий потужності, що генерується ГУ; при вибігу, гальмуванні, стоянці) і від рекуперації при гальмуванні. При недостатній енергії з боку Д-ГУ ТАБ розряджається через розрядний пристрій (РУ). Стабілізатор напруги (СН) дає можливість узгодити роботу Д-ГУ БНЕ при різних режимах руху самого ЕМБ забезпечуючи більш ефективне використання джерела і накопичувача енергії[10].

Енергетична діаграма тягової системи електромобіля для їздового циклу в загальному вигляді показана на рисунку 2.2.

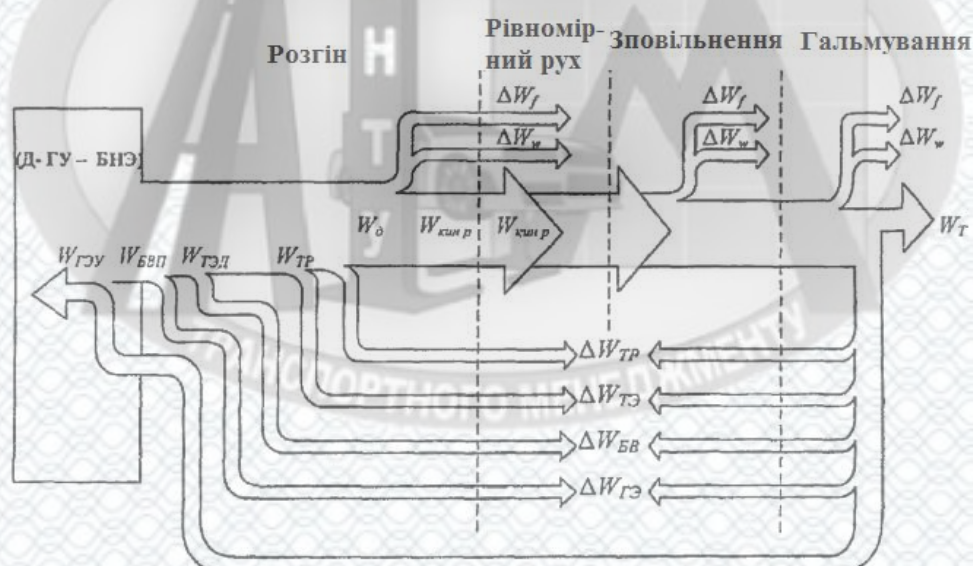


Рисунок 2.2 – Баланс енергії при циклічному русі ЕМБ

Енергія  $W_{ДГ}$ , вироблена Д, за цикл руху  $t_{ц}$  автомобіля дорівнює

$$W_{ДГ} = \int_0^{t_{ц}} U_{ДГ} I_{ДГ} dt. \quad (2.11)$$

При роботі Д в оптимальному режимі має

$$I_{ДГ} = I_{ДГ}^{опт}; U_{ДГ} = U_{ДГ}^{опт}. \quad (2.12)$$



Енергію  $W_{pAB}$ , яка віддається ТАБ при розрядці отримуємо інтегрування

$$W_{pAB} = U_{cpAp} \int_0^{t_p} i_p dt, \quad (2.13)$$

де  $U_{pAB}$ - середня напруга ТАБ при розрядці;

$i_p, t_p$  - струм і час розряду

По аналогії розраховуємо енергію заряду  $W_{зAB}$  ТАБ за час заряду  $t_з$  при середній напрузі  $U_з$

$$W_{зAB} = U_з \int_0^{t_з} i_з dt, \quad (2.14)$$

сумарна витрата енергії за цикл  $W_{ЕМБ}^ц$  визначається по формулі

$$W_{ТЕУ}^ц = (\Delta W_c + \Delta W_{ТР} + \Delta W_{ТЕД} + \Delta W_{БВП} + \Delta W_{бс} + \Delta W_{ЕМБ})_P + W_{кин.P} + \\ + (\Delta W_c + \Delta W_{ТР} + \Delta W_{ТЕД} + \Delta W_{БВП} + \Delta W_{бс} + \Delta W_{ЕМБ})_{УД} - W_{рек} \quad (2.15)$$

де  $\Delta W_c = \Delta W_f + \Delta W_w$  – втрати енергії, які затрачаються на подолання сил тертя кочення ( $\Delta W_f$ ) і аеродинамічного опору ( $\Delta W_w$ );

$\Delta W_{бс}$  – витрата енергії бортової сети автомобілів;

$\Delta W_{БВП}, \Delta W_{ТЕД}, \Delta W_{ТР}$  – втрати енергії в модулях системи тягового приводу;

$\Delta W_{кин.P}$ - кінетична енергія, накопичена на фазі розгону;

$\Delta W_{рек}$ - енергія рекуперації при уповільненні.

В рівнянні (2.15) індекси фаз циклу «Р» і «УД» відносяться до кожного доданку, що знаходиться всередині відповідних скобок.

Для фази уповільнення, можливий режим, коли батарея не обмінюється енергією з електричною машиною, т.е.  $\Delta W_{ЕМБ}=0$  і  $\Delta W_{рек} = 0$ . В тому випадку робота по подоланню сил опору руху виконується за рахунок зміни  $\Delta W_{кин.з}$  запаса кінетичної енергії  $\Delta W_{кин.P}$ . Тоді

$$\Delta W_{кин.з} = (\Delta W_c + \Delta W_{ТР})_з \quad (2.16)$$



Рівняння (2.17) відповідає балансу енергії для фази гальмування

$$\Delta W_{\text{кін.Т}} = (\Delta W_{\text{с}} + \Delta W_{\text{ТР}})_{\text{з}} + W_{\text{рек}} + W_{\text{мех.Т}} + (\Delta W_{\text{ТЕД}} + \Delta W_{\text{БВП}} + \Delta W_{\text{бс}} + \Delta W_{\text{ЕМБ}})_{\text{рек}} +$$

$$+ (\Delta W_{\text{ТЕД}} + \Delta W_{\text{БВП}} + \Delta W_{\text{бс}} + \Delta W_{\text{ЕМБ}})_{\text{рек}} \quad (2.17)$$

де  $W_{\text{кін.Т}}$ - кінетична енергія, яка виділяється в механічній гальмівній системі;

$W_{\text{мех.Т}}$  – зміна кінетичної енергії автомобіля при гальмуванні

$$W_{\text{кін.Т}} = W_{\text{кін.Р}} - W_{\text{кін.з}} \quad (2.18)$$

В режимі рекуперативного гальмування без використання механічної гальмівної системи рівняння балансу енергії має вигляд:

$$\Delta W_{\text{кін.Т}} = (\Delta W_{\text{с}} + \Delta W_{\text{ТР}})_{\text{Т}} + (\Delta W_{\text{ТЕД}} + \Delta W_{\text{БВП}} + \Delta W_{\text{ЕМБ}})_{\text{рек}} \quad (2.19)$$

Вираз для енергії рекуперації  $W_{\text{рек}}$

$$W_{\text{рек}} = W_{\text{кін.Р}} - (\Delta W_{\text{с}} + \Delta W_{\text{ТР}})_{\text{з}} - (\Delta W_{\text{с}} + \Delta W_{\text{ТР}})_{\text{Т}} - (\Delta W_{\text{ТЕД}} + \Delta W_{\text{БВП}} + \Delta W_{\text{ЕМБ}})_{\text{рек}} \quad (2.20)$$

Отримані рівняння дають можливість розрахувати енергетику циклу з повною рекуперацією

$$W_{\text{ТЕУ}}^{\text{II}} = (\Delta W_{\text{с}} + \Delta W_{\text{ТР}} + \Delta W_{\text{ТЕД}} + \Delta W_{\text{БВП}} + \Delta W_{\text{бс}} + \Delta W_{\text{ЕМБ}})_{\text{Р}} + W_{\text{кін.Р}} +$$

$$+ (\Delta W_{\text{с}} + \Delta W_{\text{ТР}} + \Delta W_{\text{ТЕД}} + \Delta W_{\text{БВП}} + \Delta W_{\text{бс}} + \Delta W_{\text{ЕМБ}})_{\text{УД}} \quad (2.21)$$

Витрата енергії  $W_{\text{ЕМБ}}^{\text{II}}$  ЕМБ за цикл без рекуперації дорівнює

$$W_{\text{ТЕУ}}^{\text{II}} = (\Delta W_{\text{с}} + \Delta W_{\text{ТР}} + \Delta W_{\text{ТЕД}} + \Delta W_{\text{БВП}} + \Delta W_{\text{бс}} + \Delta W_{\text{ЕМБ}})_{\text{Р}} + W_{\text{кін.Р}} +$$

$$+ (\Delta W_{\text{с}} + \Delta W_{\text{ТР}} + \Delta W_{\text{ТЕД}} + \Delta W_{\text{БВП}} + \Delta W_{\text{бс}} + \Delta W_{\text{ЕМБ}})_{\text{УД}} + (\Delta W_{\text{с}} + \Delta W_{\text{ТР}})_{\text{з}} +$$

$$+ (\Delta W_{\text{с}} + \Delta W_{\text{ТР}})_{\text{Т}} + (\Delta W_{\text{ТЕД}} + \Delta W_{\text{БВП}} + \Delta W_{\text{ЕМБ}})_{\text{рек}} \quad (2.22)$$

При відомих параметрах модулів ЕМБ приведених в рівняннях дають можливість розрахунку  $W_{\text{ЕМБ}}^{\text{II}}$ . В оціночних розрахунках, коли параметри модулів не відомі,  $W_{\text{ЕМБ}}^{\text{II}}$  визначається рівнянням



$$W_{\text{ЕМБ}}^{\text{ц}} = \frac{\Delta W_{\text{С.Р.}} + \Delta W_{\text{кін.Р}} + \Delta W_{\text{С.УД}}}{\eta_{\text{р}\Sigma}} - W_{\text{рек}};$$

$$W_{\text{рек}} = (W_{\text{кін.Р}} - \Delta W_{\text{С.Р.}} - \Delta W_{\text{С.Т.}})\eta_{\text{з}\Sigma}, \quad (2.23)$$

де  $\eta_{\text{р}\Sigma} = \eta_{\text{ТР}}\eta_{\text{ТЕД}}\eta_{\text{БВП}}\eta_{\text{рЕМБ}}$ ;  $\eta_{\text{з}\Sigma} = \eta_{\text{ТР}}\eta_{\text{ТЕД}}\eta_{\text{БВП}}\eta_{\text{зЕМБ}}$ ,  $\eta_{\text{ТР}}$ ,  $\eta_{\text{ТЕД}}$ ,  $\eta_{\text{БВП}}$ ,  $\eta_{\text{рЕМБ}}$ ,  $\eta_{\text{зЕМБ}}$  – КПД трансмісії, тягового електродвигуна, перетворювача, ЕМБ, відповідно.

З врахуванням (2.23)

$$W_{\text{ГЕУ}}^{\text{ц}} = \frac{\Delta W_{\text{С.Р.}} + \Delta W_{\text{С.УД}}}{\eta_{\text{р}\Sigma}} + (\Delta W_{\text{С.З.}} + \Delta W_{\text{С.Т.}})\eta_{\text{з}\Sigma} + W_{\text{кін.Р}} \left( \frac{1}{\eta_{\text{р}\Sigma}} - \eta_{\text{з}\Sigma} \right). \quad (2.24)$$

Для випадку гальмування без рекуперації

$$W_{\text{ГЕУ}}^{\text{ц}} = \frac{1}{\eta_{\Sigma}} (\Delta W_{\text{С.Р.}} + \Delta W_{\text{С.УД}} + \Delta W_{\text{кін.Р}}). \quad (2.25)$$

Питома витрата енергії за цикл визначається відношенням

$$W_{\text{ГЕУ}}^{\text{ц}} = \frac{W_{\text{ЕМБ}}^{\text{ц}}}{m L_{\text{ц}}} \quad (2.26)$$

де  $L_{\text{ц}}$  – пробіг за цикл руху, км

$m$  – маса автомобіля, кг.

Результати розрахунків, проведених на основі рівнянь, показали, що оптимальна робота ГЕУ дозволяє забезпечити автономність ЕМБ повною масою 8000 кг з Д-ГУ потужністю близько 30 кВт протягом 12 годин інтенсивної експлуатації при середній швидкості руху 45 ... 50 км / год. При цьому реалізація в комплексі з ТАБ тягової конденсаторної батареї (ТКБ), як електросилового накопичувача, забезпечує демпфірування динамічних навантажень при розгоні ЕМБ і при русі на підйом. Ефективна розробка параметрів режимів ГЕУ дозволяє ТАБ і ТКБ постійно перебувати в подзаряженном стані. Таким чином, БНЕ забезпечує безперебійну експлуатацію ЕМБ. Дослідження і аналіз процесів енергоперетворення в автомобілях на електричних технологіях дозволяє більш ефективно підійти до проблеми масогабаритних показників ГЕУ і таким чином поліпшити техніко-експлуатаційні характеристики АТ в



цілому[11].

Статичні режими АТ. Під статичними режимами розуміється прямолінійний рівномірний рух ЕМБ по горизонтальній дорозі ( $i = 0$ ), із заданою величиною кутів ухилу дороги ( $i > 0$  при підйомі;  $i < 0$  при спуску). Розрахунок статичних режимів руху визначає величини тягових сил  $F_k$ ; моментів  $M_k$ , потужностей  $P_k$  для різних постійних швидкостей і кутів підйому, спуску. Це, в першу чергу, визначає необхідні максимальні величини сили тяги моменту  $M_{k\text{макс}}$ , і потужності  $P_{k\text{макс}}$ , для заданої максимальної швидкості  $v_{\text{макс}}$ , і, в друге, поведінку складових сил і моментів опору руху.

Розрахунок параметрів статичних режимів ЕМБ є основою для визначення характеристик трансмісії: передавального числа  $u_m$  максимального моменту  $M_{\text{макс}}$  потужності  $P_{\text{макс}}$  і кутової частоти обертання ТЕД  $\omega_{\text{макс}}$  потужності, струму і напруги БВП і ГЕУ.

## 2.2 Технічні вимоги до ЕМБ

Згідно проведеного аналізу параметрів і характеристик ЕМБ які експлуатуються у міських умовах були розроблені технічні вимоги для ЕМБ, які представлені в таблиці 2.2.

Динамічні характеристики АТЗ. Під динамічними режимами розглядають рух ЕМБ або при розгоні і гальмуванні. При русі в міських умовах ЕМБ повинні забезпечувати динамічні параметри не гірше, ніж у традиційних АТЗ.

Розрахунок максимальних величин сил тяги, моменту, і потужності динамічних режимів ЕМБ необхідний для визначення граничних характеристик енергоустановки.

Для міських циклів руху прискорення  $a(t)$  автомобіля до заданої швидкості  $v_3$  за час  $T_p$  може бути рівноприскореним (рисунок 2.3 а); рівноприскореним на першому етапі (від 0 до  $T_p$  - час переходу від першого етапу на другий) і експоненціальним на другому (від  $T_n$  до  $T_p$  (рисунок 2.3 б); розгону з постійним прискоренням на першому етапі і змінним прискоренням на другому, в кінці якого прискорення не дорівнює нулю (рисунок 2.3 в).



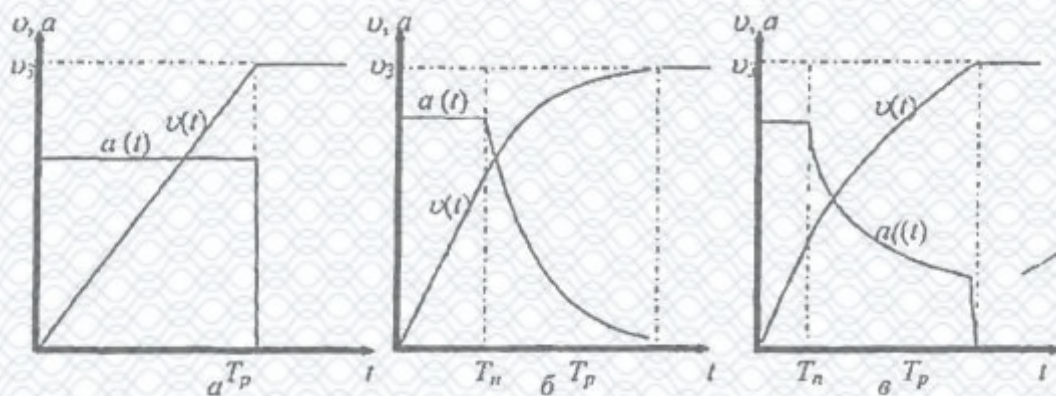


Рисунок 2.3 – Діаграми прискорення  $\alpha(t)$  і швидкості  $v(t)$  для міських циклів розгону

Рівноприскорений розгон (рисунок 2.3 а) описується рівнянням руху

$$\frac{dv}{dt} = a = \text{const} \quad (2.27)$$

при цьому параметри фаз для заданого часу розгону ( $T_p$ ) дорівнюють

$$v = aT_p; L = \int_0^{T_p} v dt = \frac{1}{2} aT_p^2, \quad (2.28)$$

в рішеннях загальних рівнянь руху ( тягового, потужного і енергетичного балансів) приймає вигляд (2.29 – 2.31)

$$F_k = G(\varphi + K_w v^2 + K_j a); \quad (2.29)$$

$$P_k = F_k v = G(\varphi + K_w v^2 + K_j a) a T_p; \quad (2.30)$$

$$W_k = \int_0^{T_p} P_k dt = W_\varphi + W_w + W_j = \frac{1}{2} G a T_p^2 (\varphi + 1/2 K_w a^2 T_p^2 + K_j a). \quad (2.31)$$

Рівняння руху при розгоні по експоненціальному закону мають вид

$$\left. \begin{aligned} a &= a_0 e^{-\frac{t}{\tau}}; \\ v &= a_0 \tau \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right), \end{aligned} \right\} \quad (2.32)$$

де  $\tau$  – постійна експонента,



$v(T_p) = 0,9502v_{уст}$  при  $\tau = T_p/3$ ;  $v(T_p) = 0,9817v_{уст}$  при  $\tau = T_p/4$ ;  $v(T_p) = 0,9933v_{уст}$  при  $\tau = T_p/5$ .

Приймаємо, що  $\tau = T_p/4$ , при цьому відносна погрішність досягнення ЕМБ встановленої швидкості складає 1,83%. Тоді маємо

$$a_0\tau = v_y; a_0 = \frac{4v_y}{T_p}. \quad (2.33)$$

У фазі розгону за основу функції  $v(t)$  можна вибрати закон руху ліфта ( рисунок 2.4), створюючи максимальний комфорт для пасажирів і моделюючи рух ЕМБ найбільш реальним умовам.

В зальному вигляді залежність  $v(t)$  задається системою рівнянь

$$v = \begin{cases} v_1 = a_0 t, \text{ при } 0 \leq t \leq T_n; \\ v_2 = v_{уст} \left( 1 - e^{-\frac{t-T_n}{\tau}} \right) + v_n e^{-\frac{t-T_n}{\tau}}, \text{ при } T_n \leq t \leq T_p; \end{cases} \quad (2.34)$$

$$a = \begin{cases} a_0, \text{ при } 0 \leq t \leq T_n; \\ \frac{v_{уст} - v_n}{\tau} e^{-\frac{t-T_n}{\tau}}, \text{ при } T_n \leq t \leq T_p, \end{cases} \quad (2.35)$$

де  $T_n$  – період зміни функцій від  $v_1(t)$  до  $v_2(t)$ , с

$\tau$  – експоненціальна постійна;

$v_n$  – лінійна швидкість, м/с

$v_{уст}$  – встановлене значення швидкості, м/с

$a_0$  – навчальне прискорення, м/с<sup>2</sup>

$a_0$  і  $v_n$  визначається з умов, накладених на функцію  $v(t)$ ;

- крива розгону повинна бути неперервною функцією на всьому участку часу  $0 \leq t \leq T_p$ , відповідно, при  $t = T_n$   $v = v_1(T_n) = v_2(T_n)$ ;



- для виключення ривків ЕМБ при розгоні повинна виконуватись умова:  $\frac{dv_1}{dt} =$

$$\frac{dv_2}{dt},$$

Після перетворення, отримуємо

$$v_n = a_0 T_n; \quad (2.36)$$

$$\tau = \frac{T_n - T_p}{4}; \quad a_0 = \frac{4v_y}{T_p + 3T_n}. \quad (2.37)$$



а – по закону руху ліфта; б – по закону збереження постійної потужності

Рисунок 2.4 – Траєкторія розгону транспортного засобу

В інтервалі  $0 \leq t \leq T_n$  тягової, потужний і енергетичний баланси визначається так, як в фазі рівноприскореного розгону.

При  $T_n < t < T_p$  отримаємо

$$v = v_{уст} - (v_{уст} - v_n) e^{-\frac{t-T_n}{\tau}} \quad (2.38)$$

Ввівши перемінні:  $A_0 = \frac{v_{уст} - v_n}{\tau}$ ;  $V = v - v_n$ ;  $T = t - T_n$  отримаєм рівняння

$$V = A_0 \tau (1 - e^{-\frac{t-T_n}{\tau}}); \quad a = A_0 e^{-\frac{t-T_n}{\tau}}; \quad (2.39)$$

З врахуванням перемінних  $V, A_0$  і  $T$  рішення загальних рівнянь руху в інтервалі часу  $T_n \leq t \leq T_p$  визначається також, як і в фазі розгону з перемінним прискоренням.



Таким чином, задаючись значеннями  $v_{уст}$ ,  $T_p$  можна проводити дослідження розгону ЕМБ для певних раніше типах розгону, а також, варіюючи значення  $T_n$ , досліджувати різні закони руху при розгоні. При варіюванні  $T_n$  можна визначити значення  $T_n$  при якому тягова потужність виявляється мінімальною. Відзначимо, що рівноприскорений розгін і розгін з перемінним прискоренням є окремими випадками розгону по закону руху ліфта.

Крім зазначених траєкторій розгону процес руху ЕМБ сталої швидкості зазвичай проводиться по діаграмі (рисунок 2.3 б), що відповідає закону розгону з постійною потужністю.

Розгін з перемінним прискоренням першого виду (рисунок 2.3 б). На рисунку 2.3 б дані графіки швидкості  $v(t)$ , прискорення  $a(t)$ , сили  $F(t)$  і потужності  $P(t)$  в функції часу.

У загальному вигляді залежність  $v(t)$  задається системою рівнянь

$$\left. \begin{aligned} a &= \begin{cases} a_0 & \text{при } 0 \leq t \leq T_n; \\ \frac{v_3 - v_n}{\tau} e^{-\frac{t - T_n}{\tau}} & \text{при } T_n \leq t \leq T_p; \end{cases} \\ v &= \begin{cases} v_1 = a_0 t & \text{при } 0 \leq t \leq T_n; \\ v_2 = v_3 \left(1 - e^{-\frac{t - T_n}{\tau}}\right) + v_n e^{-\frac{t - T_n}{\tau}} & \text{при } T_n \leq t \leq T_p. \end{cases} \end{aligned} \right\} \quad (2.40)$$

де  $T_n$  - момент скачка швидкості  $v_1(t)$  до швидкості  $v_2(t)$ ;

$v_n$  - швидкість в момент переходу від  $v_1(t)$  до  $v_2(t)$ ;

$a_0$  - початкове прискорення;

$\tau$  - експоненціальна постійна;

Значення  $a_0$  і  $v_n$  розраховуються з умови неперервності функції при  $0 < t < T_n$ , з цієї умови виходить, що при  $t = T_n$   $v = v_1(T_n) \dots v_2(T_n)$ ;

- в час розгону повинні примати участь рівняння, що означає рівність  $\frac{dv_1}{dt} = \frac{dv_2}{dt}$  в точці зміни функцій від  $v_1(t)$  до  $v_2(t)$ .

Приймаючи  $\tau = \frac{(T_n - T_p)}{4}$ ,  $v(T_p) = 0,9817v_3$  після проведення математичних перетворень, отримуємо



$$v_n = a_0 T_n; a_0 = \frac{4v_y}{(T_p - 3T_n)}. \quad (2.41)$$

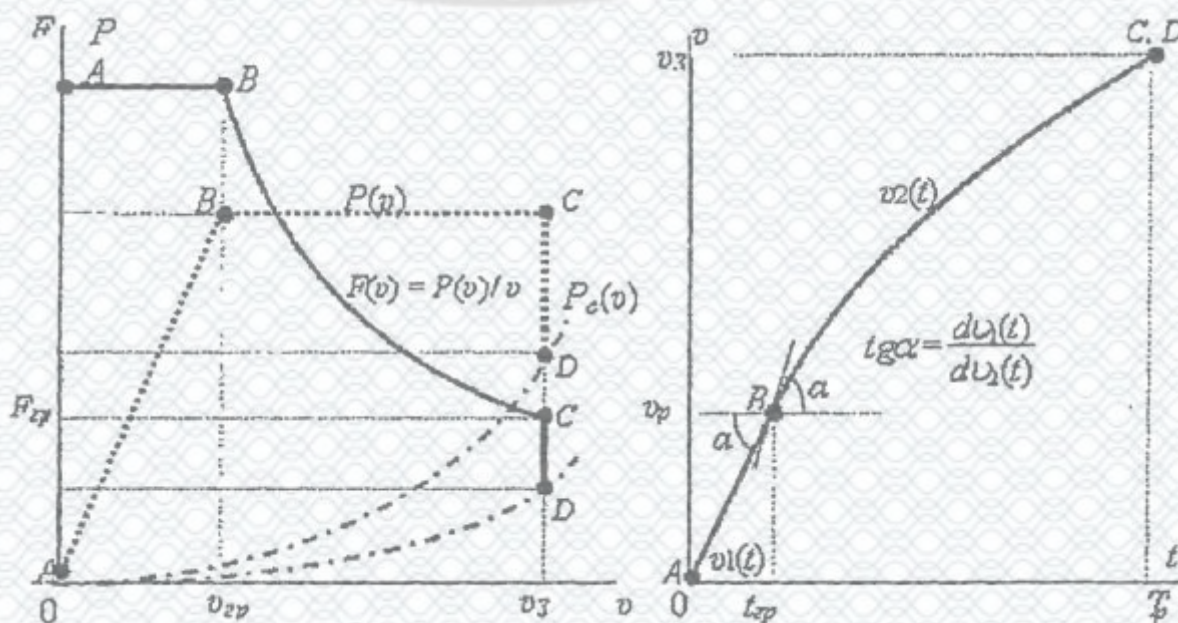
При  $T_n \leq t \leq T_p$  з застосуванням перемінних  $A_0 = \frac{v_3 - v_n}{\tau}$ ;  $V = v - v_n$ ;  $T = t - T_n$ ,

рівняння руху перетворюються до вигляду

$$V = A_0 \tau \left(1 - e^{-\frac{t-T_n}{\tau}}\right); a = A_0 e^{-\frac{T}{\tau}}. \quad (2.42)$$

Переймаючись значеннями  $v_3, T_p$  проаналізуємо процеси розгону ЕМБ для різних умов. Змінюючи значення  $T_n$  визначимо значення  $T_n$  при якому необхідна тягова потужність  $P_{\text{кпик}}$  в піковому режимі і енергія  $W_k$ , будуть відповідати критерію мінімальності.

Для графіка розгону, показаного на (рис. 2.3в) підтримання моменту, розвиваючого ТЕД, постійним до швидкості  $v_{\text{гр}}$  і постійної потужності, тяговим двигуном до заданої швидкості  $v_3$  — необхідна достатня умова. Визначаємо цей алгоритм розгону як двозонний. Тягова характеристика  $F(v)$  (рисунок 2.4 б) представлена двома ділянками, з постійною силою тяги  $F_{\text{кмакс}}$  (лінія АВ) і постійної пікової тягової потужності.



а – тягово-швидкісна характеристика; б – тимчасово-швидкісна характеристика

Рисунок 2.5 – Графік розгону ЕМБ з перемінним прискоренням по закону «двох зонного регулювання»



Рух ЕМБ на ділянці АВ (рисунок 2.5 б) описується рівнянням

$$G \left( \varphi + K_w v_1^2 + K_j \frac{dv_1}{dt} \right) = F_{k\text{макс}}, \quad (2.43)$$

На ділянці ВС – рівняння

$$G \left( \varphi + K_w v_2^2 + K_j \frac{dv_2}{dt} \right) v_2 = P_{k\text{пик}} \quad (2.44)$$

Відмитим, що:

Функція  $v(t)$  (рисунок 2.5 б) повинна відповідати вимогам неперервності на інтервалі часу  $0 \leq t \leq T_p$ , значить в момент  $t = t_{\text{гр}}$  відповідає точці В

$$v_B = v_1(t_{\text{гр}}) = v_2(t_{\text{гр}}); \quad (2.45)$$

Рух ЕМБ при наборі швидкості не повинно супроводжуватися ривками, т.д.

$$\left. \frac{dv_1}{dt} \right|_{t=t_{\text{гр}}} = \left. \frac{dv_2}{dt} \right|_{t=t_{\text{гр}}} \quad (2.46)$$

Підставивши (2.45), (2.46), в (2.43) і (2.44), отримаємо

$$v_B = \frac{P_{k\text{пик}}}{F_{k\text{макс}}} \quad (2.47)$$

Справедливі наступні рівняння

В точці А

$$v_A = 0; F_A = F_{k\text{макс}}; P_A = 0 \quad (2.48)$$

В точці В

$$\left. \begin{aligned} v_B = v_{\text{гр}} &= \frac{v_3}{K_{v\text{гр}}} \\ F_B &= F_{k\text{макс}}; \\ P_B = F_{k\text{макс}} v_{\text{гр}} &= P_{k\text{пик}} = K_p P_{k3} = K_p G(\varphi + K_w v_3^2) v_3, \end{aligned} \right\} \quad (2.49)$$

де  $K_{v\text{гр}}$ - стислість заданої швидкості  $v_3$  до граничної швидкості  $v_{\text{гр}}$  ( $K_{v\text{гр}} \geq 1, K_{v\text{гр}} = 1$  при прямолінійному розгоні);

$P_{k3} = K_p G(\varphi + K_w v_3^2) v_3$  – тягова потужність на колесі ЕМБ при рівномірній швидкості  $v_3$ .

$K_p$  – коефіцієнт враховуючий відношення пікової потужності  $P_{k\text{пик}}$  до встановленої потужності  $P_{k3}$ .



Максимум сили тяги  $F_{k\text{макс}}$  на першому інтервалі АВ не може перевищувати силу зчеплення колес з дорогою  $F_{cц}$

$$1 \leq K_{v\text{гр}} \leq \frac{K_c \varphi}{K_p(\varphi - K_w v_3^2)}; \quad (2.50)$$

В точці С

$$\left. \begin{aligned} v_c &= v_3 \\ F_c &= F_{\text{гр}} \\ P_c &= F_c v_c = P_{k\text{пик}} \end{aligned} \right\} \quad (2.51)$$

В точці D

$$v_D = v_3; F_D = F_{k\text{мін}} = F_{\Sigma}; P_D = P_{k3}, \quad (2.52)$$

де  $F_{\Sigma}$ - сумарна сила опору руху автомобіля на електричних технологіях, визначається по (2.1)

Знаходим  $F_{k\text{макс}}$

$$F_{k\text{макс}} = K_p K_{v\text{гр}} G(\varphi + K_w v_3^2). \quad (2.53)$$

Враховуючи (2.53) рух ЕМБ на ділянці АВ описується рівнянням

$$v = -\alpha(1 - e^{a_0 t}) / (1 + e^{a_0 t}). \quad (2.54)$$

або

$$t = (1/a_0) \ln[(a + v)/(a - v)] \quad (2.55)$$

$$\text{де } \alpha = \sqrt{\frac{F_{k\text{макс}} - \varphi}{K_w}} = \sqrt{\frac{\varphi(K_p K_{v\text{гр}} - 1)}{K_w} + K_p K_{v\text{гр}} v_3^2}; a_0 = \frac{2a K_w}{K_j}.$$

Рівняння (2.55) дозволяє визначити момент часу  $t_{\text{гр}}$  в якому швидкість ЕМБ досягає значення  $t_{\text{гр}}$

Ввівши додатковий коефіцієнт К

$$K = K_p(\varphi + K_w v_3^2) / (\varphi + K_w x^2 v_3^2) \quad (2.56)$$

з врахуванням (2.56) перетворюємо рівняння до вигляду

$$\left(\varphi + K_w v^2 + K_j \frac{dv}{dt}\right) v = (\varphi + K_w K^2 v_3^2) K v_3 \quad (2.57)$$

Після перетворення рівняння (2.57) приводиться у формі Коші

$$\int_{t_{\text{гр}}}^t dt = \frac{K_j}{K_w} \int_{v_{\text{гр}}}^v \left[ \frac{R(v+\beta)}{(v+\beta)^2 + \gamma^2} + \frac{S+R\beta}{(v+\beta)^2 + \gamma^2} + \frac{T}{\lambda-v} \right] dv, \quad (2.58)$$



де  $\lambda = 2\beta = Kv_3$ ;  $\gamma = \sqrt{\frac{\varphi}{K_w} + \left(\frac{3}{4}\right) K^2 v_3^2}$ ;

$$R = T = \frac{2\beta}{9\beta^2 + \gamma^2} = \frac{K_w K v_3^2}{\varphi + 3K_w K v_3^2};$$

$$S = 2R\lambda - 1 = -\frac{\varphi + K_w K v_3^2}{\varphi + 3K_w K v_3^2}.$$

Рішення диференційного рівняння (2.59) має вигляд

$$t = t_{гр} + \frac{K_w}{K_j} \left\{ R \ln \left[ \frac{(\lambda - v_{гр}) \sqrt{(v + \beta)^2 + \gamma^2}}{(\lambda - v) \sqrt{(v_{гр} + \beta)^2 + \gamma^2}} \right] + \frac{S - R\beta}{\gamma} \left( \arctg \frac{v + \beta}{\gamma} - \arctg \frac{v_{гр} + \beta}{\gamma} \right) \right\} \quad (2.59)$$

де  $t_{гр}$  розраховується з формули (2.55)

Диференціальні рівняння (2.43) і (2.44) відповідно до теореми Коші мають єдине рішення в вигляді виразу (2.59), якщо визначені конкретні початкові умови.

Вираз (2.59) визначає залежність часу розгону  $t$  від коефіцієнтів  $K_{\omega_{гр}}$ ,  $K_p$ . Тягову пікову потужність  $P_{кпик}$  необхідну для розгону ЕМБ до швидкості  $\omega_3$  за час  $t_p$  можна розрахувати задаючи величину  $K\omega_{гр}$  з урахуванням її умови обмеження (2.50). Рівняння (2.59) трансцендентне, і може бути вирішено одним з чисельних методів.

Розрахувати час розгону  $t_p$  до швидкості  $\omega_3$  за виразами (2.43 - 2.59) при заданих значеннях  $P_{кпик}$ ,  $F_{кмакс}$  не складає труднощів.

Отримані аналітичними дослідженнями сукупність взаємозв'язків процесу розгону підтверджені результатами численних експериментів, які наведені в таблиці 2.3

Проведені дослідження в області визначення витрати енергії на одиницю шляху -  $w$ , показують, що при експоненційному законі розгону ЕМБ на 2,7% витрачається більше енергії, ніж при рівноприскореному. Рух по закону ліфта на 11,6 менш енергозатратне в порівнянні з рівноприскореним. Запропонований - «Двохзонний» закон розгону економить 14,6% енергії відносно прийнятого при тестуванні рівноприскореного.



Розроблені основи математичного аналізу загальних рівнянь, циклічного руху ЕМБ дозволяють перейти до створення методів аналітичного конструювання автомобілів на електричних технологіях.





Таблиця 2.1 – Узагальнені рівняння руху і балансу потужності для фаз міського циклу руху

Фази руху		Загальне рівняння руху
Назва	Рівняння руху	
1	2	3
Розгін	$a = \frac{dv}{dt}; v = \int_0^t a dt, \text{ де } a \text{ – прискорення}$ $L = \int_0^t v dt.$	$F_k = G \left( \varphi + K_w v^2 + K_j \frac{dv}{dt} \right);$ $P_k = F_k v = G \left( \varphi + K_w v^2 + K_j \frac{dv}{dt} \right) v;$ $W_k = \int_0^t P_k dt.$
Рівномірний рух	$\frac{dv}{dt} = 0, v = const$ $L = vt.$	$F_k = G(\varphi + K_w v^2);$ $P_k = F_k v = G(\varphi + K_w v^2)v;$ $W_k = \int_0^t P_k dt = P_k t = G(\varphi + K_w v^2)vt.$
Уповільнення	$\frac{dv}{dt} = -\frac{\varphi + K_w v^2}{K_j}; v = v_{03} tg(a_3 - \beta_3 t);$ $v_{03} = \sqrt{\frac{\varphi}{K_w}};$ $a_3 = arctg\left(\frac{v_{H3}}{v_{03}}\right);$	$F_k = -GK_j \frac{dv}{dt} = G(\varphi + K_w v^2);$ $P_k = F_k v = Gv_{03}[\varphi + K_w v_{03}^2 tg^2(a_3 - \beta_3 t)] tg(a_3 - \beta_3 t);$ $W_k = \int_0^t P_k dt = \frac{1}{2} GK_w \tau v_{03}^3 \left[ \left(\frac{v_{H3}}{v_{03}}\right)^2 - tg^2(a_3 - \beta_3 t) \right].$



Продовження таблиці 2.1

1	2	3
Уповільнення	$\beta_3 = \sqrt{\frac{\varphi K_w}{K_j}};$ $L = \int_0^t v dt = \frac{v_{03}}{v_{03}} \ln \left[ \frac{\cos(a_3 - \beta_3 t)}{\cos a_3} \right].$	
Гальмування	$\frac{dv}{dt} = -\frac{\varphi + K_w v^2 + \frac{F_t}{G}}{K_j},$ <p>де <math>F_t</math> – гальмівна сила;</p> $v = v_{0\tau} \operatorname{tg}(a_\tau - \beta_\tau t);$ $v_{0\tau} = \sqrt{\frac{\varphi + \frac{F_t}{G}}{K_w}}; a_\tau = \operatorname{arctg} \left( \frac{v_{H\tau}}{v_{0\tau}} \right);$ $\beta_\tau = \sqrt{\frac{\left(\varphi + \frac{F_t}{G}\right) K_w}{K_j}};$ $L = \int_0^t v dt = \frac{v_{0\tau}}{\beta_{0\tau}} \ln \left[ \frac{\cos(a_\tau - \beta_\tau t)}{\cos a_\tau} \right]$	$F_k = -G K_j \frac{dv}{dt} = G(\varphi + K_w v^2) + F_t;$ $P_k = F_k v = G v_{0\tau} [\varphi + K_w v_{0\tau}^2 \operatorname{tg}^2(a_\tau - \beta_\tau t)] \operatorname{tg}(a_\tau - \beta_\tau t);$ $W_k = \int_0^t P_k dt = \frac{1}{2} G_\tau v_{0\tau}^3 \left[ \left( \frac{v_{H\tau}}{v_{0\tau}} \right)^2 - \operatorname{tg}^2(a_\tau - \beta_\tau t) \right]$



Таблиця 2.2 – Вимоги до основних техніко-експлуатаційних параметрів АТЗ

Параметр	Величина	
	Мінімальна	Максимальна
1	2	3
Масо габаритні параметри		
Повна маса АТ, $m_a$ , кг	6000	8000
Маса корисного вантажу, $m_r$ , кг	2400	3600
Площа Міделя, $S$ , м <sup>2</sup>	1,2	1,6
Конструктивні характеристики		
Радіус кочення колеса, $r_k$ , м	0,21	0,25
Коефіцієнт аеродинамічного опору, $c_x$	0,19	0,23
Коефіцієнт обліку обертаючих мас, $\delta$	1,01	1,03
КПД силових агрегатів тягової системи		
Трансмісія, $\eta_{тр}$	0,94	
ТЕД, $\eta_{ТЕД}$	0,8	
БВП, $\eta_{БВП}$	0,98	
КЕУ при розряді, $\eta_{рКЕУ}$	0,9	
КЕУ при заряді, $\eta_{зКЕУ}$	0,9	
Дорожні умови		
Коефіцієнт тертя кочення, $f$	0,007	0,009
Ухил дороги, %	-25	25
Експлуатаційні властивості		
Максимальна швидкість $v_{\max}$ , км/год	90	110
Мінімальна швидкість $v_{\min}$ , км/год	3	5
Час $t_p$ розгону АТ до швидкості :		
50 км/год	6	8
90 км/год	15	21



Продовження таблиці 2.2

1	2	3
Граничний підйом, при $v_{\text{мін}}$ , %	22	25
Запас ходу L АТ, км	140	160
При русі зі швидкістю $v_{\text{ном}}$ , в міському режимі	100	200





Таблиця 2.3 – Порівняльна оцінка по енергозатратам різних законів розгону автомобіля

Параметри і показники	Параметри			Показники		
	$a_{\text{макс}},$ м/с <sup>2</sup>	$M_{\text{макс}},$ Н·м	$P_{\text{макс}},$ кВт	$W,$ Вт·год	L, м	$w,$ Вт·год/км
Траєкторія розгону						
Рівноприскорений	1	1729	131,4	405,4	312,5	1297/100%
З перемінним прискоренням:						
-по експоненті	1,98	2514	78,2	441,98	390	1333/2,7%
-закону ліфта	1,46	1907	69,8	434,5	373,8	1162/-11,6%
-з постійним моментом і потужністю	1,51	2050	75	435,2	384,4	1132/-14,6%



### 3 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕНЕРГІЇ

3.1 Методика побудови топограм – багатопараметрових характеристик двигуна внутрішнього згоряння

Розглядаючи питання підвищення ефективності автомобілів на електричних технологіях, необхідно вирішити задачу, пов'язану з визначенням залежності питомої витрати палива, ефективності, потужності, моменту від оборотів і розрідженості у впускному колекторі ГЕУ. Для вирішення поставленого завдання, розглянемо методику отримання багатопараметрових характеристик з навантажувальних характеристик шляхом обробки експериментальних даних і генірації матриці з узагальненими експериментальними даними. На основі матриці експериментальних даних розробимо аналітичну залежність питомої витрати палива, ефективності, потужності, моменту від оборотів і розрідженості у впускному колекторі [9,11] .

Потужність визначається по формулі

$$N_e = P_e \cdot iV_h \cdot n / (30\tau), \quad (3.1)$$

де  $P_e$  – розрідження у впускному колекторі, МПа;

$iV_h$  – об'єм двигуна, л;

$n$  – обороти вала двигуна,  $\text{хв}^{-1}$ ;

$\tau$  – тактність двигуна.

По відомій величині потужності розраховуємо момент по формулі

$$M_e = N_e / \omega, \quad (3.2)$$

де  $\omega = \pi \cdot n / 30$  – кутова частота обертання вала двигуна,  $\text{с}^{-1}$

Величина ефективності визначається по формулі

$$\eta_e = 1 / (H_u g_e), \quad (3.3)$$

де  $g_e$  – питома витрата палива,  $\text{кг/кВт}\cdot\text{год}$ ,

$H_u$  – питома теплоємність палива.

Розраховані величини занесені в таблицю узагальнених характеристик ГЕУ



(таблиця 3.1). З використанням даних таблиці побудуємо регуляторну та зовнішню швидкісну характеристики.

Регуляторна характеристика (РХ) по таблиці 3.1 знаходиться: визначення РХ по мінімальній витраті палива: при постійній швидкості вибирається мінімальними значення питомої витрати палива, момент який відповідає даному значенню буде другою координатою вектора РХ. Визначення ЗШХ по максимальній потужності: координатами вектора ЗШХ в даному випадку є останнє значення оборотів і моменту, при яких визначено значення питомої витрати палива з навантажувальних характеристик.

Регуляторна характеристика з мінімальною питомою витратою палива по навантажувальній характеристиці визначається наступним чином: на навантажувальній характеристиці вибирається мінімальне значення питомої витрати палива і при цьому значення визначається момент на валу двигуна по відомим формулам. Координати РХ і ЗШХ зведені в таблицю 3.1.

Апроксимуємо РХ і ЗШХ по контрольним точкам і робимо перевірку за довірчого інтервалу. Для експериментальних точок зазначених в таблиці 3.1 знаходимо апроксимуюче рівняння, скориставшись методом найменших квадратів. Для РХ по мінімальній витраті палива апроксимуюче рівняння має вигляд

$$M_e = a + b \cdot n + c \cdot n^2 + d \cdot n^{2.5} + e \cdot n^3, \quad (3.4)$$

Коефіцієнти  $a=0,0399$ ,  $b=0,0505$ ,  $c=-4,93 \cdot 10^{-5}$ ,  $d=9,51 \cdot 10^{-7}$ ,  $e=-5,419 \cdot 10^{-9}$  розраховані по МНК.

ЗШХ по максимальній потужності апроксимується рівнянням

$$M_e = a + b \cdot n + c \cdot n^2 + d \cdot n^3 + e \cdot \sqrt{n}, \quad (3.5)$$

де коефіцієнти апроксимації  $a, b, c, e$ .

Для порівняння апроксимуючого рівняння його графік представлений на рисунку (3.1 а). На цьому ж рисунку представлені контрольні експертні точки  $PX_0$ . Як бачимо з рисунка (3.1 а), ці точки з невеликим відхиленням лежать на лінії координат.

Наступним етапом йде рішення апроксимуючого рівняння для заданих частот обертання валу (таблиця 3.1) і знаходження розрахункових точок моменту на валу



двигуна. Похибку апроксимації визначаємо за формулою (3.6)

$$\delta = \frac{M_{ep}(n_i) - M_{e0}(n_i)}{M_{e0}(n_i)} = \left| 1 - \frac{M_{ep}(n_i)}{M_{e0}(n_i)} \right| \cdot 100, \quad (3.6)$$

Відносна погрішність не виходить за межі інтервалу, в даній задачі - 10% (рисунки 3.1 а, б), тобто виконується остаточний признак адекватності. Результати апроксимації (рисунки 3.1 а, б) задовольняють всіма ознаками адекватності.

На рисунку 3.2 представлені графіки апроксимуючого рівняння і відносна погрішність для ЗШХ по максимальній потужності на валу ДВЗ. Для апроксимації був взятий вектор ЗШХ з узагальнених даних.

Для побудови багатопараметрових характеристик (топограмм) ГЕУ необхідно з даних скласти квадратний двовимірний масив. Координатами масиву є перекладені координатні бази зі значень швидкості і моменту на валу двигуна.

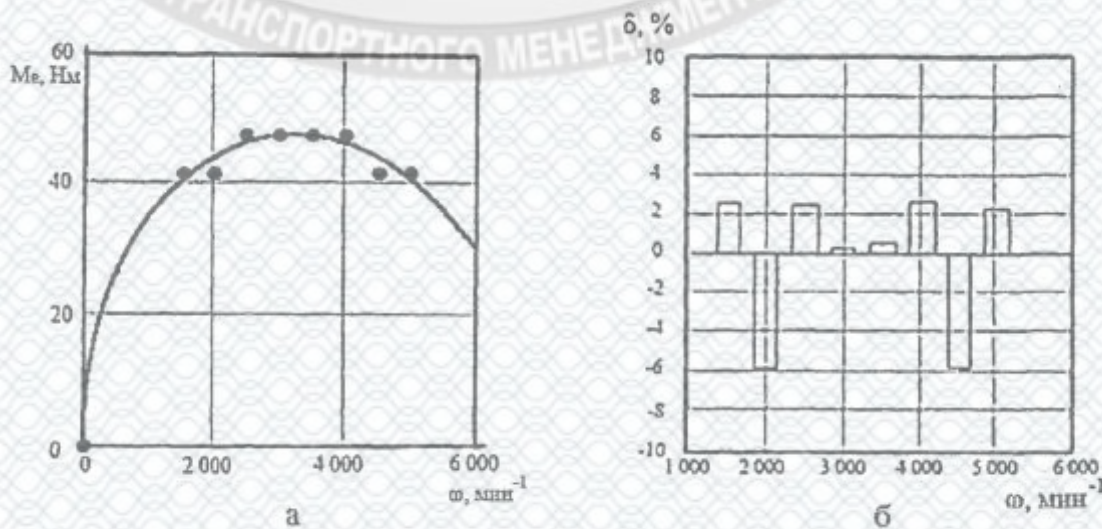


Рисунок 3.1 – Крива апроксимації РХ з контрольними точками експеримента (а) і відносна погрішність апроксимації в %(б)







Отримані дані використовуються для визначення за заданим значенням моменту на валу і швидкості значення ККД і питомої витрати палива. Значення, отримані в результаті апроксимації, можуть використовуватися також для подальших розрахунків таких як: визначення оптимального передавального числа трансмісії, вибору оптимального режиму роботи ГЕУ.





$P_e$	0,1		0,2		0,3		0,4		0,5		0,6		0,7		0,8	
	Me, Нм	Ne, кВТ	Me, Нм	Ne, кВТ	Me, Нм	Ne, кВТ	Me, Нм	Ne, кВТ	Me, Нм	Ne, кВТ	Me, Нм	Ne, кВТ	Me, Нм	Ne, кВТ	Me, Нм	Ne, кВТ
$XВ^{-1}$ $c^{-1}$	$g_e,$ кг/кВТ ·год	$\eta_e,$ %	$g_e,$ кг/кВТ ·год	$\eta_e,$ %	$g_e,$ кг/кВТ ·год	$\eta_e,$ %	$g_e,$ кг/кВТ ·год	$\eta_e,$ %	$g_e,$ кг/кВТ ·год	$\eta_e,$ %	$g_e,$ кг/кВТ ·год	$\eta_e,$ %	$g_e,$ кг/кВТ ·год	$\eta_e,$ %	$g_e,$ кг/кВТ ·год	$\eta_e,$ %
1500	5,97	0,94	11,9	1,88	17,9	2,81	23,9	3,75	29,8	4,69	35,8	5,63	41,8	6,56		
157	0,7	11,3	0,43	18,6	0,35	22,6	0,32	24,7	0,3	26,4	0,34	23,6	0,34	23,3		
2000	5,97	1,25	11,9	2,5	17,9	3,75	23,9	5	29,8	6,25	35,8	7,5	41,8	8,75		
209	0,7	11,3	0,53	14,9	0,38	20,8	0,34	23,3	0,29	27,3	0,33	24	0,32	24,7		
2500	5,96	1,56	11,9	3,13	17,9	4,69	23,9	6,25	29,8	7,81	35,8	9,38	41,7	10,9	47,7	12,5
262	0,7	11,3	0,46	17,2	0,34	23,3	0,31	25,5	0,29	27,3	0,32	24,7	0,33	24,3	0,35	22,6
3000	5,97	1,88	11,9	3,75	17,9	5,63	23,9	7,5	29,8	9,38	35,8	11,3	41,8	13,1	47,7	15
314,2	0,65	12,2	0,41	9,3	0,32	24,7	0,30	26,4	0,3	26,4	0,31	25,5	0,33	24	0,28	28,3
3500	5,97	2,19	11,9	4,38	17,9	6,56	23,9	8,75	29,9	10,9	35,8	13,1	41,8	15,3	47,8	17,5
366,3	0,67	11,8	0,42	18,8	0,35	22,6	0,31	25,5	0,30	26,4	0,32	25,1	0,34	23,3	0,35	22,6
4000	5,97	2,5	11,9	5	17,9	7,5	23,9	10	29,8	12,5	35,8	15	41,8	17,5	47,7	20
418,9	0,7	11,3	0,45	17,6	0,38	20,8	0,33	24	0,3	26,4	0,32	24,7	0,36	22,3	0,36	22
4500	5,97	2,81	11,9	5,63	17,9	8,44	23,9	11,3	29,9	14,1	35,8	16,9	41,8	19,7		
471	0,7	11,3	0,47	16,8	0,39	20,3	0,34	23,3	0,35	22,6	0,35	22,6	0,35	22,6		
5000	5,97	3,13	11,9	6,25	17,9	9,38	23,9	12,5	29,8	15,6	35,8	18,8	41,8	21,9		
523,6	0,7	11,3	0,52	15,2	0,4	19,8	0,35	22,6	0,40	19,8	0,36	22,2	0,36	22,2		



Таблиця 3.2 – Дані багато параметричних характеристик ГЕУ

n, хв <sup>-1</sup>	Експериментальні дані з навантажувальних характеристик		Розрахований час	
	$PX_{ge}$	$BCX_{Ne}$	$PX_{ge}$	$BCX_{Ne}$
	$M_e, HM$	$M_e, HM$	$M_e, HM$	$M_e, HM$
1500	28,5	42,9	29,8	41,8
2000	29,8	42,9	29,8	41,8
2500	27,4	45,3	29,8	47,7
3000	25,1	47,7	29,8	47,7
3500	29,8	47,1	29,8	47,7
4000	32,2	46,5	29,8	47,7
4500	25,4	43,0	23,9	41,8
5000	22,8	41,2	23,9	41,8

### 3.2 Моделювання енергоємних накопичувачів енергоустановки

Широкий діапазон зміни розрядного струму є характерною особливістю роботи ТАБ встановлюються на ЕМБ, що обумовлено впливом режимів навантаження, що визначаються багатфакторністю і імовірнісним характером впливу зовнішнього середовища.

Вирішення проблеми підвищення ефективності ЕМБ, як було показано раніше, прямо пов'язане з підвищенням ефективності комплексу ТАБ встановлюються на розглянуті АТЗ. Ефективність ТАБ залежить від цілого набору вихідних параметрів які визначають експлуатаційні потреби, а також залежать від комплексу конструкторсько-технологічних характеристик закладених в пристрій при проектуванні і реалізованих у виробництві, який утворює групу вхідних параметрів. Зрозуміло, що визначення зв'язку між групами вхідних і вихідних параметрів для складного технічного пристрою, в сучасних умовах, має бути проведено з урахуванням вимог раціональності відповідного процесу. Реалізація вимог раціональності можлива при користуванні сучасних методів моделювання ТАБ. Найбільш широке поширення, у вирішенні задачі математичного моделювання ТАБ отримала формула Пейкерта[12] :



$$I_p^n t_p = C, \quad (3.7)$$

де показник степені і постійна  $C$  – знаходиться опитним шляхом для кожного типу батареї

$I_p, t_p$  - струм і час розряду, або

$$Q = C I_p^{1-n}, \quad (3.8)$$

тут  $Q$  – ємність ТАБ, віддана при розрядці струмом  $I_p = const$ .

Якщо ток розряду  $I_{p1}$  не постійний, то ємність  $Q_1$  розраховується по змінній формулі Пейкерта :  $Q_1 = Q (I_p / I_{p1})^{n-1}$

Ємність батареї при різних періодах розряду визначається по формулі:

$$Q_1 = Q (t_{p1} / t_p)^m, \text{ де } m = 1 - 1/n$$

Найбільш загальний вид для всіх основних типів АКБ у формули залишкової ємності при розряді середніми і малими струмами

$$Q = (Q_{ном} / B) (t_{pном} / t_p)^m, \quad (3.7)$$

де  $B$  – константа, яка визначається експериментально.

Для різних значень струмів розряду ємність можна перерахувати по виразу (3.8)

$$Q = (Q_{ном} / B) (t_p / t_{pном})^{n-1}, \quad (3.8)$$

При малих значеннях часових інтервалів розряду і великих струмів

$$Q = \left( \frac{Q_{ном}}{B} \right) \left| \left( \frac{I_p}{t_{pном}} \right)^\alpha - \frac{2 Q_{ном} E_a}{t_{pном} I_k (E_{ТАБ} - U_{кр})} \right|^\beta, \quad (3.9)$$

де  $E_a$  - ЕДС ТАБ;

$I_k = E_a / R_a$  - струм к.з.;

$R_a$  - власний опір бетереї;

$U_{кр}$  - напруга в кінці цикла розрядки;

$B, \alpha, \beta$  - константи.



Вираз (3.9) для струму розрядки  $I_p$  має вид

$$Q = \left( \frac{Q_{\text{ном}}}{B} \right) \left[ \left( \frac{I_p}{I_{p\text{ном}}} \right)^\alpha - \frac{2Q_{\text{ном}}E_a}{t_{p\text{ном}}I_k(E_a - U_{\text{кр}})} \right]^\beta, \quad (3.10)$$

На основі (3.10) автором пропонується математична модель розрядних характеристик акумуляторних батарей для різних струмів розрядки

$$Q = \frac{I_p}{A} \left[ \left( \frac{I_p}{I_{p\text{ном}}} \right)^\alpha - B \right]^\beta, \quad (3.11)$$

Математична модель (3.11) адекватна для свинцевих, літій-іонних і нікель-метал-гідридних акумуляторних батарей. Для визначення адекватності запропонованих математичних моделей (вирази (3.6), (3.8), (3.10) і (3.11)) проведемо аналіз на прикладі розрядної кривої свинцево-кислотного ТАБ «Оптіма» (ф. «Optima», США). Розрядні характеристики і питомі технічні параметри свинцево-кислотного ТАБ «Оптіма» наведені в таблиці 3.3.

Дослідження проводилися для малих і середніх струмів розряду - від 0,7 А до 10,4 А; і робочих струмів діапазону - від 13,2 А до 123,9 А. Розрядні характеристики ТАБ «Оптіма» розраховані за виразами математичної моделі (3.6), (3.8), (3.10) і (3.11) для названих діапазонів струмів представлені на рисунку 3.4. У таблиці 3.4 подано результати розрахунку апроксимаційних коефіцієнтів розрядної характеристики досліджуваної батареї при різних умовах розряду.

Оскільки отримані результати апроксимації мають несуттєві відмінності, то можна відзначити, що:

- для малих струмів розряду відносні похибки трьох моделей відрізняються незначно (рисунок 3.4, а, б), тому доцільно користуватися формулою - Пейкерта;
- для середніх і великих струмів найкращі результати забезпечує запропонована модель (3.11) (рисунок 3.4 в, г), а при розряді струмами всього діапазону від мінімального до струму к.з. (Рисунок 3.4 д, е), відносна похибка апроксимації по моделі (3.11) не перевищує 1,15%.

Запропоновані моделі розрядних характеристик можуть бути використані для розрахунку масогабаритних параметрів як для ЕМБ в цілому, так і для вибору ТАБ і комплексу силового електрообладнання.



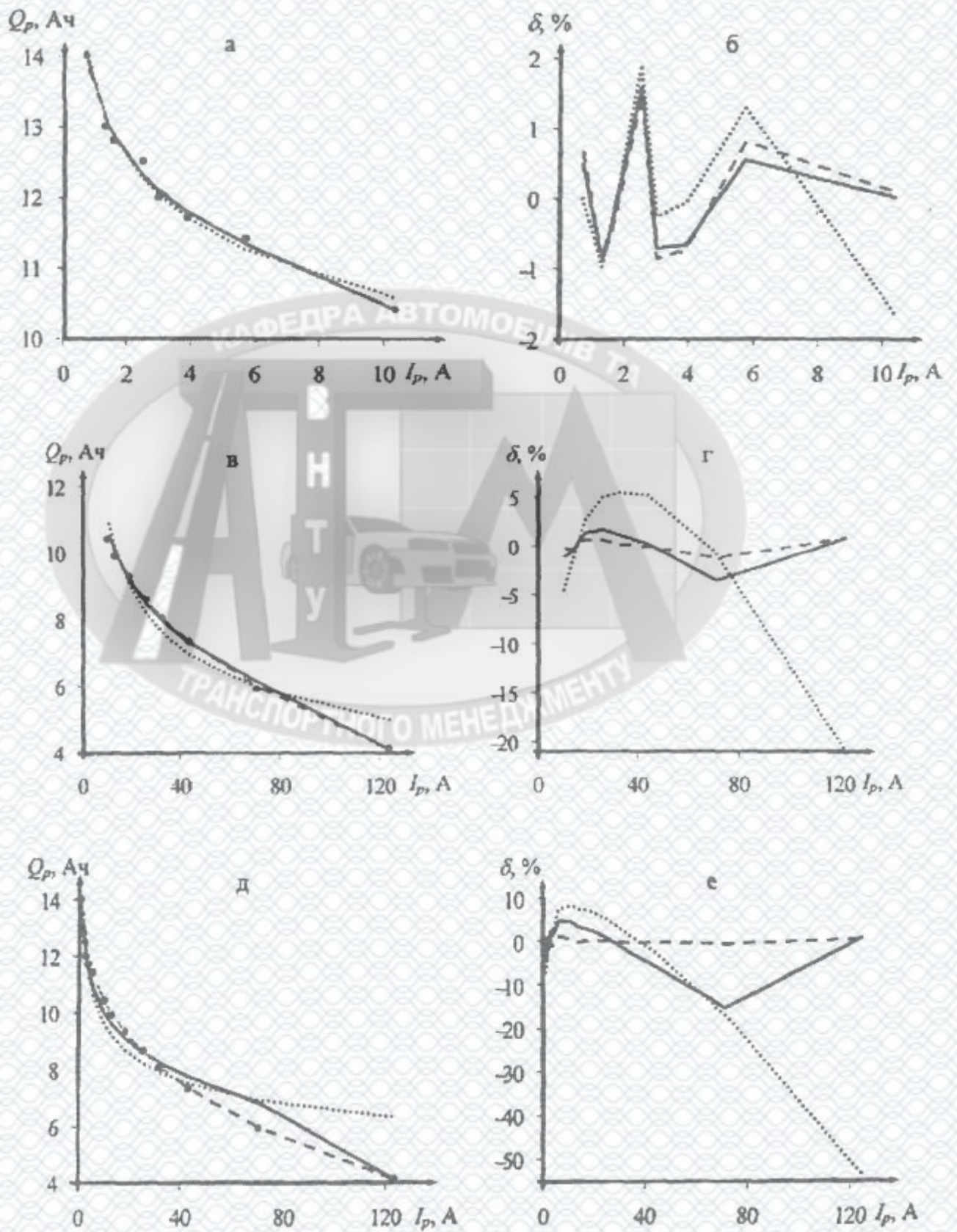


Рисунок 3.4 – Характеристики розряду ТАБ «Оптіма» і погрішності їх апроксимації при різних струмах розряду



Таблиця 3.4 – Розрядні характеристики свинцево-кислотної ТАБ Фірми «Оптіма» США

$t_p$ від $U_H$ = 12В	$P_p$ , Вт	$I_p$ , А	$Q_p$ , А · год	$W_p$ , Вт · год	Питомі показники			
					$P_{уд}$ , Вт/л	$W_{уд}$ , Вт · год/л	$P_{уд}$ , Вт/кг	$W_{уд}$ , Вт · год/кг
2 хвилини	1268	123,9	4,10	42,30	665,20	22,20	264,10	8,80
5 хвилин	758	70,8	5,90	63,20	397,90	33,20	158,00	13,20
10 хвилин	482	43,6	7,30	80,30	252,80	42,10	100,40	16,70
15 хвилин	361	32,2	8,05	90,30	189,50	47,40	75,25	18,80
20 хвилин	292	25,7	8,60	91,20	153,00	51,00	60,75	20,25
30 хвилин	214	18,6	9,30	106,80	112,10	56,00	44,50	22,25
45 хвилин	154	13,2	9,90	115,65	80,90	60,70	32,10	24,10
1 час.	121	10,4	10,40	121,20	63,60	63,60	25,25	25,25
2 час.	67	5,7	11,40	134,40	35,30	70,50	14,00	28,00
3 час.	47	3,9	11,70	140,40	24,60	73,70	9,75	29,25
4 час.	36	3,0	12,00	144,00	18,90	75,55	7,50	30,00
5 час.	29	2,5	12,50	147,00	15,40	77,10	6,10	30,60
8 час.	19	1,6	12,80	153,60	10,10	80,60	4,00	32,00
10 час.	16	1,3	13,00	156,00	8,20	81,25	3,25	32,50
20 час.	8	0,7	14,00	168,00	4,40	88,15	1,75	35,00



Таблиця 3.5 – Розрахунок коефіцієнтів апроксимації ТАБ «Оптіма»

Коефіцієнти апроксимації умов розряду Рівняння апроксимації	Коефіцієнти апроксимації		
	Від 0,7 до 10,4 А	Від 13,2 до 123,9 А	Від 0,7 до 123,9 А
$Q = CI_p^{1-n}$	C=14,1246; n=1,1680.	C=22,6983; n=1,3145.	C=14,1246; n=1,1680.
$Q = (Q_{\text{НОМ}}/B)(I_p / I_{p\text{НОМ}})^{n-1}$	B=1,0811; n=0,8320.	B=0,8682; n=0,6855.	B=1,0129; n=0,8959.
$Q = \left( \frac{Q_{\text{НОМ}}}{B} \left[ \left( \frac{I_p}{I_{p\text{НОМ}}} \right)^\alpha - \frac{2Q_{\text{НОМ}}E_a}{t_{p\text{НОМ}}I_k(E_a - U_{\text{кр}})} \right]^\beta \right)$	B=1,0429; $\alpha=-0,9200$ ; $\beta=0,1483$ .	B=0,9358; $\alpha=-0,8805$ ; $\beta=0,2320$ .	B=1,0041; $\alpha=-4,1880$ ; $\beta=0,0223$ .
$Q = \frac{It_{\text{НОМ}}}{A} \left[ \left( \frac{I}{I_{\text{НОМ}}} \right)^\alpha - B \right]^\beta$	A=0,4594; $\alpha=-0,6537$ ; $\beta=0,5132$ ; B=0,0288.	A=0,4796; $\alpha=-0,9781$ ; $\beta=1,1724$ ; B=0,0288.	A=0,4988; $\alpha=-2,1309$ ; $\beta=0,5132$ ; B=0,0288.

### 3.3 Дослідження і моделювання бортових електросилових накопичувачів

Конденсаторні технології створення імпульсних джерел живлення знаходять все більше застосування в автомобільній промисловості. При цьому створення електросилових накопичувачів електростатичного типу для ЕМБ є вельми перспективним напрямком.

Одними з перших, використовувати ємнісні накопичувачі енергії (ЄНЕ) спільно з ТАБ для вирішення транспортних проблем, запропонували вчені Московського державного машинобудівного університету. На відміну від традиційних конструкцій ТАБ, заряд яких триває протягом 6-8 годин, відповідний процес для ЄНЕ триває кілька хвилин.

Особливістю ЄНЕ є можливість організації в ЕМБ інформаційної системи, що



дозволяє проводити моніторинг енергетичного стану автомобіля в реальному масштабі часу. З цієї ціллю на комбінації приладів встановлюється спеціальний інформативний показник.

Таким чином, можна зробити первинний висновок про те, що застосування ЄНЕ на автомобілях з електричними технологіями забезпечує збільшення експлуатаційної ефективності за рахунок поліпшення зарядних процесів, а також інформативності управління.

В основі вище викладеного, переходимо до процесу моделювання ЄНЕ. В основу математичної моделі ємнісних накопичувачів були покладені результати проведених експериментальних досліджень. Алгоритм експериментальних випробувань ЄНЕ полягав в їх циклічній зарядці і розряді. Накопичувач заряджався від джерела постійного струму, а розряд здійснювався на постійне навантаження. Токи і напруги фіксувалися вимірювальними приладами[13].

Величини запасеної енергії, ємності накопичувача, ККД обчислювалися за такими формулами

$$U_{ен} = 1/c_{ен} \int_0^{t_k} i_3 dt = \frac{t_3 t_3}{c_{ен}}; \quad (3.12)$$

Запасена енергія накопичувача

$$w_3 = C_{ен} U_{ен}^2 / 2; \quad (3.13)$$

Енергія розряду батареї

$$w_p = \int_0^{t_p} i_p U_p dt = \int_0^{t_p} p_p dt, \quad (3.14)$$

де  $p_p$ -потужність розряда;

Величина КПД

$$\eta_{ен} = w_p / w_3; \quad (3.15)$$

Ємність накопичувача

$$C_{ен} = \frac{K \epsilon_0 A}{d}; \quad (3.16)$$

тут  $K$ -постійна діелектрика;



$\epsilon_0$  - абсолютна діелектрична проникність;

$A$  - ефективна площа конденсатора;

$d$  – відстань між обкладками конденсатора.

Зі співвідношень 3.12-3.16 слід, що збільшення питомої запасної енергії можливе або за рахунок збільшення ємності  $C_{ен}$ , або за рахунок збільшення напруженості електричного поля  $E_{ен}$ . В даний час експертним співтовариством активно розробляються напрямки по одночасній оптимізації величин  $K$ ,  $A / d$  і  $E_{ен}$ . Для реалізації поставленої задачі, можна виділити два підходи. Перший полягає в створенні конденсаторів на основі молекулярних плівок з високими значеннями діелектричної проникності допускають високі значення електричної напруженості. Але, як показала практика, конденсатори з високим напруженням електричного поля мало придатні для електричних транспортних засобів. Другий полягає в оптимізації співвідношення  $A / d$ .

Технічні вимоги до ЄНЕ, як правило, включають такі основні пункти:

- накопичувач повинен витримувати необхідний термін розряду;
- напруга ЄНЕ при повному заряді повинна в 2 - 3 рази перевищувати номінальну напругу двигуна;
- питома по масі енергія - не менше 20000 Дж / кг;
- максимальний саморазряд ЄНЕ не більше 20% на добу;
- срок служби – не менше 10 років.

Для ємнісних накопичувачів характерно, що внутрішній опір з зміною заряду, практично не міняється. Отже, ухил вольт амперних характеристик з збільшення розряду залишається постійним. Напруга батареї ЄНЕ може бути представлено рівнянням

$$U_{ен} = E_{ен} - I_{ен} R_{ен}, \quad (3.17)$$

де  $U_{ен}$  - напруга на виході ЕН;

$E_{ен}$  - ЕДС ємнісного накопичувача;



$I_{ен}$  - струм батареї ЄНЕ;

$R_{ен} = R_e m / n_e$  - внутрішній опір батареї ЕН;

$m$  - кількість послідовних включених елементів в батареї;

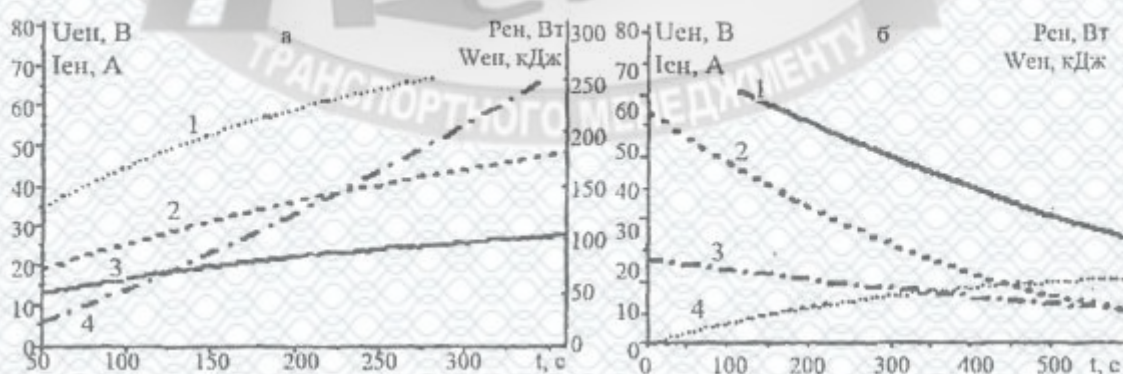
$n_e$  - кількість паралельно включених елементів в батареї;

$R_{ен}$  - внутрішній опір елемента.

В якості об'єкта дослідження розглянемо батарею ЄНЕ 24ТМ-50. Накопичувач має форму паралелепіпеда 360x125x235 мм, масою 18 кг. Номінальна напруга 28 В. Експериментальні зарядно-розрядні характеристики батареї представлені на рисунку 3.5.

КПД процесу заряд-розряд накопичувача визначається відданою ним енергії до отриманої в певному діапазоні зміни напруги.

$$\eta_{ен} = W_{енр} / W_{енз}, \quad (3.18)$$



а – заряд при  $I_p = 50$  А; б – розряд при  $R_{11} = 3,5$  Ом; 1 -  $U_{ен}$ ; 2-потужність ЄНЕ; 3-  
 $I_{ен}$ ; 4-енергія ЄНЕ

Рисунок 3.5 – Зарядно-розрядні характеристики батареї ЄНЕ 24ТМ-50

Втрати енергії в накопичувачі можна оцінити по формулі

$$\Delta w = I_3^2 R_{ен} t_3 + I_p^2 R_{ен} t_p, \quad (3.19)$$

де  $R_{ен} = \frac{\Delta w}{I_3^2 t_3 + I_p^2 t_p}$  – середнє еквівалентне значення внутрішнього опору накопичувача



$t_3, t_p$  – час зарядки і розрядки відповідно.

Моделювання процесів в електромеханічних системах з ємнісними накопичувачами.

Розглянемо процеси в ланцюзі навантаження ЄНЕ на тяговий електродвигун, вважаючи, що електродвигун працює при постійному моменті. Будемо вважати, що ємнісний накопичувач заряджений до напруги  $U_{ен} = U_{макс}$ . Як було зазначено раніше, ЄНЕ має незмінний внутрішній опір  $R_{ен}$ . Струм якоря при сталості моменту навантаження електродвигуна буде незмінним.

Напруга на затискачах ЄНЕ  $U_{ен}$  при постійному струмі, матиме лінійну залежність від часу розряду  $t_p$

$$U_{ен} = U_{макс} - \frac{I_{ен}}{C_{ен}} t, \quad (3.20)$$

де  $U_{макс}$  - напруга ЄНЕ на початку процесу розряду.

$U_{макс}$  визначається номінальною напругою ТЕД ( $U_n$ )  $U_{макс} > (2 \dots 3)U_n$  Номінальна напруга живлення електродвигуна забезпечується ШИМ регулятором. Їм же здійснюється і регулювання цієї напруги в процесі руху ЕМБ або гібридного автомобіля.

Для певного значення кількості електроенергії  $Q_y$ , ємність  $C_{ен}$  накопичення для циклів можна розрахувати за виразом

$$C_{ен} = \frac{q \sum i_{енi} t}{U_{макс}}, \quad (3.21)$$

Необхідно мати на увазі, що при розряді ЄНЕ від  $U_{макс}$  до  $U_c$  віддається енергія яка визначається формулою

$$W_{ен} = W_{макс} \left[ 1 - \frac{U_{ен}^2}{U_{макс}^2} \right], \quad (3.22)$$

Так, наприклад при розряді батареї від початкової напруги 75% початкової енергії, а при  $U_{ен} = 0,3U_{макс}$  – 91%. Процес зниження напруги на ємність батареї описується рівнянням.

$$U_{ен} = (U_{енi} + I_{енi} R_{енi}) \left( 1 - \exp \frac{-\Delta t}{T_i} \right) + (U_{енi-1} + I_{енi} R_{енi})$$



$$\exp \frac{-\Delta t}{T_i} - I_{EHi} R_{EHi}, \quad (3.23)$$

де  $U_{EHi-1}$ ,  $U_{EHi-1}$  - напруга на батареї на початку і в кінці  $i$ -го часового розрахунку інтервала;

$\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$  - часовий інтервал;

$I_{EHi}$  - середній струм батареї в  $i$ -м інтервалі;

$T_i = C_{EH} R_{\Sigma p}$  - постійна розряду  $R_{\Sigma p}$  - повний активний опір.

Потужність і втрати в ЕНЕ:

$$P_{EH} = E_{EHi} = \frac{E_{EH}^2}{R_{\Sigma p}} \exp \left( \frac{-t}{R_{\Sigma p} C_{EH}} \right); \quad (3.24)$$

$$\Delta p = i^2 R_{\Sigma p} = \frac{U_{EH}^2}{R_{\Sigma p}} \exp \left( \frac{-2t}{R_{\Sigma p} C_{EH}} \right); \quad (3.25)$$

$$P_{\text{пол}} = U_{EHi} = \frac{U_{EH}^2}{R_{\Sigma p}} \left( \exp \left( \frac{-t}{R_{\Sigma p} C_{EH}} \right) - \exp \left( \frac{-2t}{R_{\Sigma p} C_{EH}} \right) \right), \quad (3.26)$$

Тут  $P_{EH}$  - потенційна потужність накопичувача;

$\Delta p$  - електричні втрати в ТЕД і батареї;

$P_{\text{пол}}$  - корисна потужність.

Дані вирази можуть бути використані для аналізу режиму розряду з постійною напругою. Протягом певного проміжку часу падіння напруги на батареї не перевищує 1-2%. Для цього періоду можна зробити припущення, що напруга ЄНЕ підтримується постійним.

При харчуванні ТЕД використовується не вся запасена енергія ЄНЕ. При зниженні напруги до 30-40% від початкового рівня подальша робота накопичувача на ТЕД неможлива. Тому необхідно проаналізувати зміну енергії, що витрачається з метою вибору номінальних параметрів ТЕД для підвищення запасу ходу ЕМБ. Рівняння енергетичного балансу мають вигляд:

$$W_{EH} = \frac{U_{EH}^2}{R_{\Sigma p}} \int_0^{t_p} \exp \left( \frac{-t}{R_{\Sigma p} C_{EH}} \right) dt; \quad (3.27)$$

$$\Delta w = \frac{U_{EH}^2}{R_{\Sigma p}} \int_0^{t_p} \exp \left( \frac{-2t}{R_{\Sigma p} C_{EH}} \right) dt; \quad (3.28)$$



$$W_{\text{пол}} = \frac{U_{EH}^2 C_{EH}}{2} \left( 1 + \exp\left(\frac{-2t}{R_{\Sigma p} C_{EH}}\right) - 2 \exp\left(\frac{-t_p}{R_{\Sigma p} C_{EH}}\right) \right), \quad (3.29)$$

де  $W_{EH}$  – потенційна енергія накопичувача при повній зарядці;

$\Delta w$ - енергетичні втрати в електродвигуні і батареї;

$W_{\text{пол}}$ - енергія, що відається в електроприводі;

### 3.4 Висновок

При реалізації завдання моделювання основних процесів ЕМБ представлені методологічні інструменти проектування відповідних АТЗ: рівняння циклічного руху автомобілів; методика побудови топограмм - мбагатопараметрових характеристик двигуна внутрішнього згорання; методологія моделювання енергоємних накопичувачів гібридної енергоустановки; проведено дослідження та моделювання бортових електросилових накопичувачів.

В рамках вирішення відповідних завдань, за допомогою інструментів комп'ютерного моделювання, отримані результати щодо підвищення технічних характеристик ТАБ ЕМБ працюють в комплексі з ЄНЕ.

При дослідженні бортових електросилових накопичувачів виділені рівняння енергетичного балансу ЄНЕ. Проведено моделювання заряд-розрядних процесів ємнісного накопичувача енергії, що дозволило визначити напрямок роботи для оптимізації ККД відповідних комплексних енергетичних систем електромобіля.

Запропоновані автором рівняння для розрахунку розрядних характеристик АКБ і ЄНЕ дозволяють зробити обґрунтований вибір типу накопичувача енергії для електротранспортного засобу і вирішити комплексну задачу синтезу силової установки АТЗ.

Отримані результати забезпечують можливість для переходу до вирішення наступного завдання, пов'язаної з математичним описом, і імітаційним моделюванням ТЕД, а також процесів управління електроприводами з метою забезпечення підви-



щення експлуатаційних характеристик електромобілів і автомобілів з гібридними силовими установками.





## 4 МЕТОДИ, ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ПІДТРИМКИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

### 4.1 Вибір технологічного обладнання

Все обладнання для виконання робіт в спроектованому робочому місці поділяємо на дві групи : технологічне обладнання (станки, стенди, прилади, діагностичне обладнання і тд.) та технологічна оснастка і інструмент (стелажі, шафи, верстаки, комплекти інструментів).

Номенклатура і кількість обладнання приймається по табелях технологічного обладнання і спеціалізованого інструменту для АТП, а також по різних довідниках обладнання для ТО[14].

Все відібране для дільниці обладнання занотуємо в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 - Табелі технологічного обладнання та оснастки

Найменування, модель обладнання	Кількість	Розміри в плані, мм	Площа, м <sup>2</sup>	Потужність, кВт	Ціна, грн
1	2	3	4	5	6
Інструментальний візок	1	740x440	0,33	-	10000
Персональний комп'ютер	1	330x240	-	-	15000
Ванна для миття деталей	1	500x500	0,25	0,8	1700
Адаптер K-LINE	1	-	-	-	490
Launch X431	1	163x122	-	-	30000
Шафа для інструментів	1	1000x400	0,4	-	3600
Зарядний пристрій для акумуляторних батарей	1	250x460	0,11	0,8	1400
Автомобільний мультиметр	1	150x100	-	-	700
Стіл для збирання і розбирання систем і механізмів	1	2500x1000	2,5	-	3000



## Продовження таблиці 4.1

Набір інструменту для демонтажа обшивки салона	1	150x250	-	-	1000
Зарядна станція для електромобілів	1	1200x550	0,66	50	185800
Ящик для відходів	1	500x500	0,25	-	200
Оглядова яма	1	1600x5000	8		
Всього	12		12,5	51,6	252890

Для зберігання та транспортування робочого інструменту до автомобіля використовують інструментальні візки .



Рисунок 4.1 - Інструментна візок



Рисунок 4.2 – Персональний комп'ютер





Рисунок 4.3 – Ванна для миття деталей



Рисунок 4.4 – Адаптер K-LINE



Рисунок 4.5 - Launch X431





Рисунок 4.6 – Шафа для інструменту



Рисунок 4.7 – Зарядний пристрій для акумуляторних батарей



Рисунок 4.8 – Автомобільний мультиметр



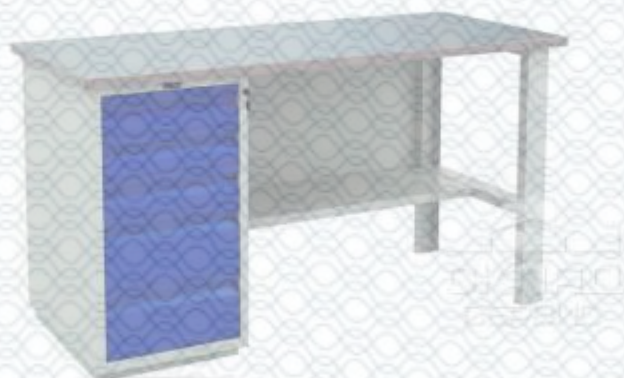


Рисунок 4.9 – Стіл для збирання і розбирання систем і механізмів



Рисунок 4.10 – Набор інструменту для демонтажу обшивки салону



Рисунок 4.11 – Зарядна станція для електромобілів



## 4.2 Розрахунок площ виробничих приміщень

Площі виробничих приміщень визначаються орієнтовно по питомій площі, яка приходить на один автомобіль, одиницю обладнання, одного робітника[15,16].

Площа робочого місця визначається по формулі:

$$F_{д} = (\Sigma F_{об} + F_{а} \cdot X_n^{TOiPP}) \cdot K_{щ}, \quad (4.18)$$

де  $\Sigma F_{об}$  - площа, що займає все обладнання ділянки,  $m^2$ ;

$X_n^{TOiPP}$  – кількість постів в зоні ТО і ПР СТО;

$F_{а}$  - площа одного автомобіля,  $m^2$ . Розміри найбільшого автомобіля, що може заїхати на пост приймаємо  $4,4 \times 1,7$  м, що складає  $F_{а} = 7,4 m^2$ .

$K_{щ}$  - коефіцієнт ущільнення, який враховує проходи та відстані між обладнанням (приймається  $K_{щ} = 4$ );

$$F_{д} = (12,5 + 7,4 \cdot 1) \cdot 4 = 79,6 \approx 80 (m^2).$$

## 4.3 Описання планувальних рішень

На даний час площа ділянки складає  $80 m^2$ .

Ширина приміщення : 8000 мм

Довжина приміщення : 10000 мм

Розмір воріт: ширина 4000 мм, висота 5000 мм.

Висота приміщення: 8000 мм.

Вхід у приміщення здійснюється через ворота.

Для дотримання всіх норм з охорони праці і збільшення кількості природнього світла на робочому місці наявні 3 вікна розмірами :  $3000 \times 3000$

Після визначення площі робочого місця проводимо внутрішнє планування з розміщенням всього виробничого обладнання. При цьому необхідно враховувати загальний технологічний процес на робочому місці (послідовність переміщення агрегатів та деталей всередині ділянки). Крім того основні стенди необхідно розташувати у відповідності всіх норм та правил.



План розміщення постів та технологічного обладнання приведено на рисунку 4.12.

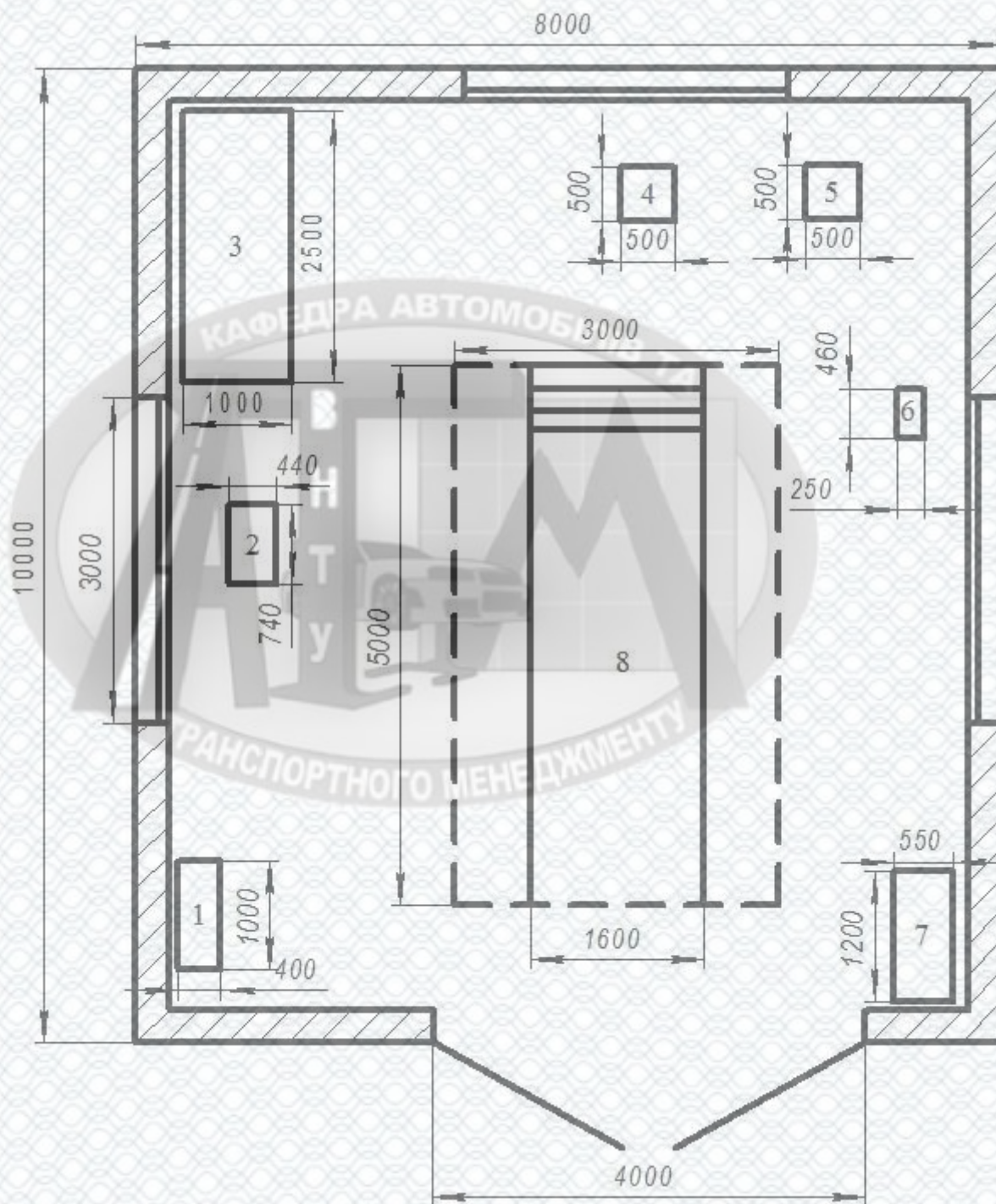


Рисунок 4.12 – План робочого місця на СТО

де 1 – шафа для інструментів; 2 – інструментальний візок; 3 – стіл для збирання і розбирання систем і механізмів; 4 – ванна для миття деталей; 5 – ящик для відходів; 6 – зарядний пристрій для акумуляторних батарей; 7 – зарядна станція для електромобілів; 8 – місце для автомобіля з оглядовою ямою.



#### 4.4 Аналіз конструктивних, функціональних та експлуатаційних особливостей системи

Система динамічної стабілізації двигуна автомобіля Nissan Leaf має досить складну будову та принцип дії[17].

Складові частини системи зображені на рисунку 4.13.

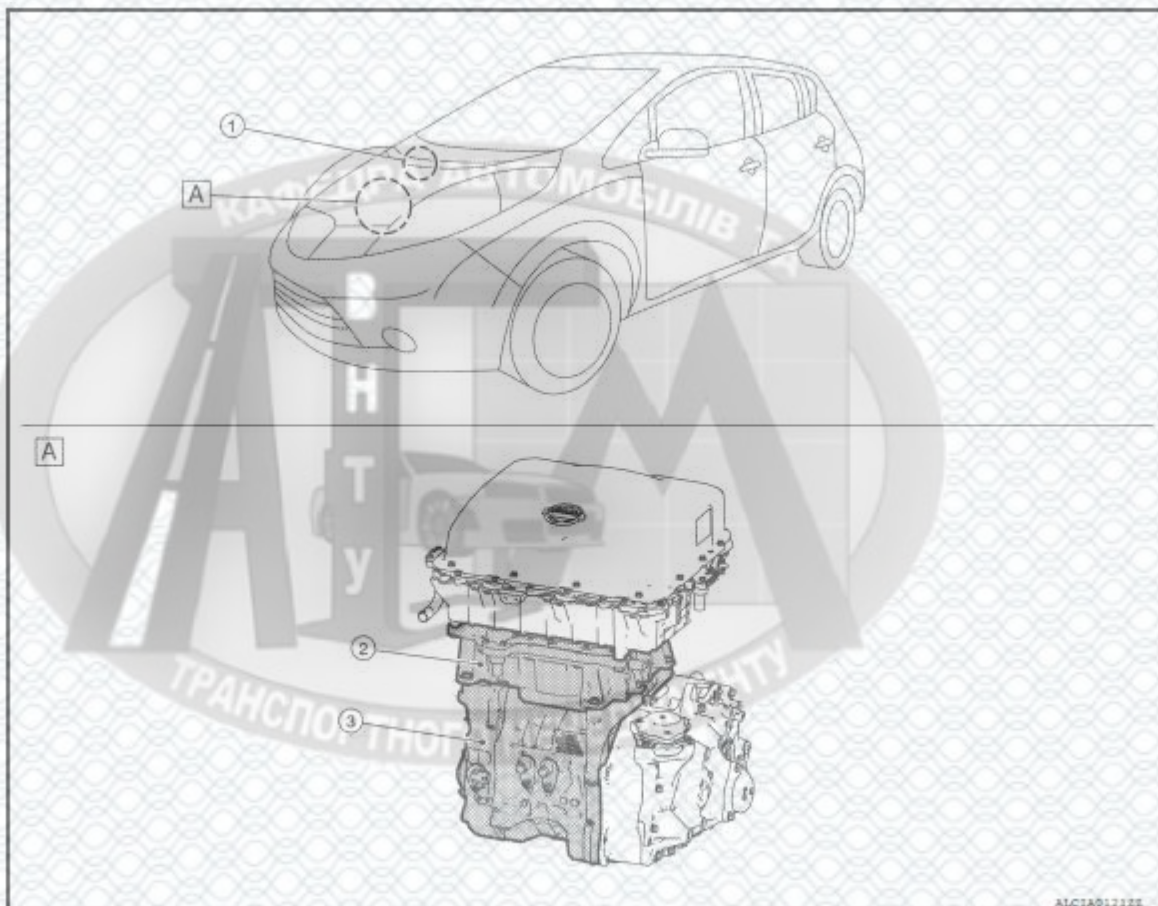


Рисунок 4.13 – Складові частини системи динамічної стабілізації двигуна автомобіля Nissan Leaf

де 1 – модуль управління електричним перемиканням; 2 – перетворювач електродвигуна; 3 – електродвигун.

##### 1.VCM

Передає в основному такі сигнали на VCM через систему EV через зв'язок CAN:

- сигнал швидкості двигуна;
- сигнал обмеження крутного моменту двигуна;



- сигнал стану розряду двигуна;
- вхідний сигнал високої напруги.

Отримує в основному такі сигнали від VCM через систему EV через зв'язок CAN:

- сигнал крутного моменту двигуна;
- сигнал вимикання імпульсного сигналу;
- сигнал стану джерела живлення високої напруги;
- сигнал обриву системи;
- сигнал перемикавання управління вібрацією;
- сигнал запиту підготовки заряду двигуна;
- сигнал управління регенеративним крутним моментом.

## 2. Модуль управління електричним перемиканням

Модуль управління електричним перемиканням вбудований в VCM.

Отримує в основному наступний сигнал від модуля управління електричним перемиканням через систему EV через зв'язок CAN.

- Сигнал положення зсуву.

## 3.Інвертор тягового двигуна

Примітка :

Управління тяговим двигуном і управління системою EV і зв'язок CAN з іншими модулями управління фактично виконується контролером двигуна. Оскільки контролер двигуна встановлений всередині перетворювача тягового двигуна, то тут контролер двигуна згадується як перетворювач тягового двигуна.



- Перетворювач тягового двигуна складається з контролера двигуна, драйвера, що згладжує конденсатори, двох струмових датчиків і силового модуля.
- Інвертор тягового двигуна управляє тяговим двигуном на основі сигналу крутного моменту двигуна, що передається системою EV через зв'язок CAN модулю VCM.
- Перетворювач тягового двигуна точно управляє тяговим двигуном на основі сигналу з датчика струму.
- Перетворювач тягового двигуна виконує оцінку заряду для ланцюга високої напруги, а також розряджає напругу всередині схеми.
- Перетворювач тягового двигуна виконує контроль вібрації, щоб поліпшити реакцію прискорювача і забезпечити гарне прискорення під час руху.

#### 4. Контроллер мотора

- Контроллер двигуна отримує кут повороту ротора від перетворювача тягового двигуна і значення струму тягового двигуна від датчика струму і створює імпульсний сигнал для управління IGBT (біполярний транзистор з ізольованим затвором).
- Контроллер двигуна виявляє температуру тягового двигуна за допомогою датчика температури тягового двигуна і обмежує вихідний крутний момент (контроль захисту) в залежності від рівня тепла в тяговому двигуні.

#### 5. Драйвер

- Драйвер перетворює імпульсний сигнал (12 В) з контролера двигуна в сигнал високої напруги (300 В) і управляє IGBT.

#### 6. Модуль живлення

- Силовий модуль складається з 6 силових напівпровідникових IGBT.
- IGBT - це напівпровідниковий перемикач, здатний вмикати / вимикати на високій швидкості.



- IGBT використовує сигнал IGBT-приводу від драйвера для виконання перемикання, перетворення літій-іонної акумулятора постійного струму в змінний струм і подачі живлення змінного струму на тяговий двигун.

### 7.Згладжуючий конденсатор

Згладжуючий конденсатор управляє пульсацією напруги, яка виникає в результаті перемикання IGBT

### 8.Датчик струму

Датчики струму розташовані в фазах U і V відповідно ці датчики виявляють струм, що подається на приводний двигун, і подають поточне значення на контролер двигуна. Датчики струму мають два вбудованих датчика. Струм фази W розраховується відповідно до значень струму фаз U і V.

### 9.Резистор для розряду

Розрядний резистор розряджає високу напругу, якщо інвертор тягового двигуна не може розрядити залишкову високу напругу в ланцюзі високої напруги через несправність.

### 10.Тяговий електродвигун

Тяговий двигун містить «синхронний двигун постійного магніту (IPMSM)». Постійний магніт вбудований в сердечник ротора, а обертове магнітне поле, що генерується котушкою статора, використовується для створення обертального моменту.

Тяговий двигун здатний генерувати крутний момент, навіть коли автомобіль зупинений, а також виводити максимальний крутний момент при русі транспортного засобу, щоб забезпечити хороше початкове прискорення.



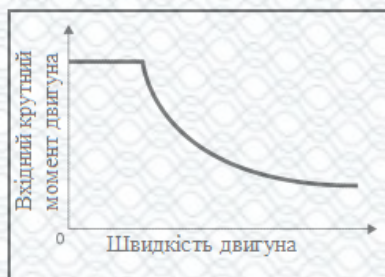


Рисунок 4.14 – Графік залежності крутного моменту від швидкості двигуна

#### 11. Розпізнавач кута повороту ротора

Розпізнавач кута повороту ротора розташований коаксіально з тяговим двигуном і визначає кут повороту ротора. Значення кута повороту надходить на контролер.

#### 12. Датчик температури двигуна

Датчик температури тягового двигуна визначає температуру статора всередині тягового двигуна і відправляє цю інформацію про температуру в контролер двигуна.

#### 4.4.1 Особливості будови, функціонування та умови роботи

Електродвигун складається з таких основних частин:

- статор;
- ротор;
- обмотка;
- вал;
- постійний магніт.



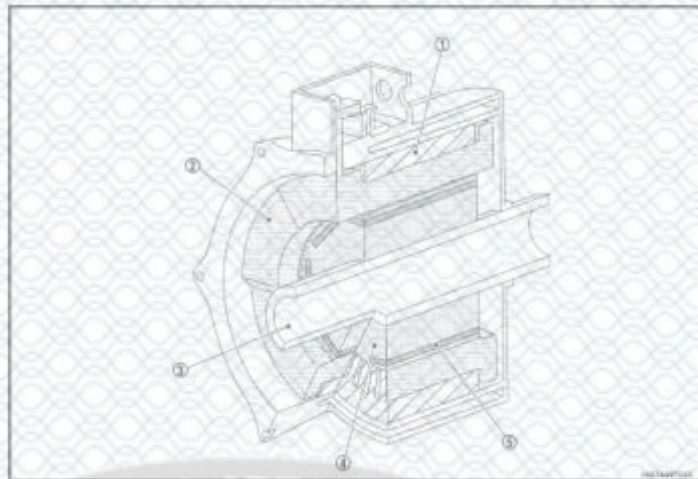


Рисунок 4.15 – Механізм мотора автомобіля Nissan Leaf  
де 1- статор; 2 - обмотка ; 3 - вал ; 4 – ротор; 5 – постійний магніт.

### Принцип дії

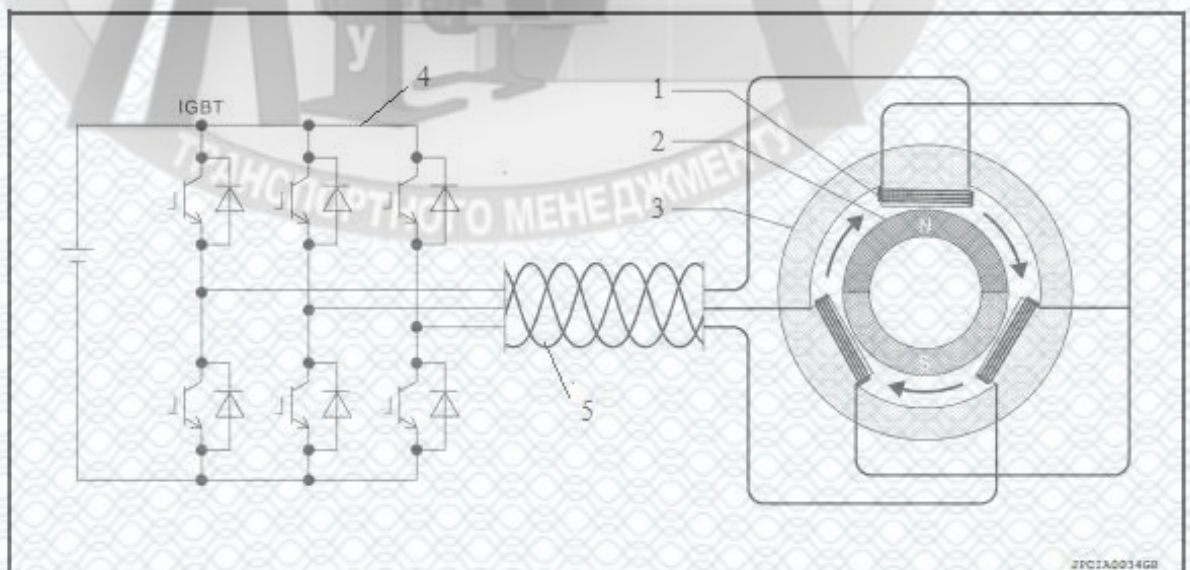


Рисунок 4.16 – Принцип дії електродвигуна автомобіля Nissan Leaf  
де 1 – обмотка; 2 – ротор(постійний магніт); 3 – статор; 4 – блок біполярних транзисторів з ізолюваним затвором ; 5 - трифазний змінний струм.

Коли на котушку статора подається трифазний змінний струм, генерується обертове магнітне поле. Це магнітне поле підсилює постійний магніт усередині сердечника ротора, створюючи обертальний момент, що крутить, який синхронізується



з обертовим магнітним полем. Згенерований крутний момент приблизно пропорційний струму, а швидкість обертання залежить від частоти трифазного струму.

Щоб забезпечити оптимальне обертання ротора, необхідно судження щодо положення (кута) постійного магніту в осерді ротора і часу подачі струму на котушку. Для цієї мети використовується перетворювач тягового двигуна і струмопровід для постійного виявлення обертового положення ротора і управління часом подачі струму на котушку.

#### Інвертор тягового мотора : Опис системи

Інвертор тягового двигуна управляє тяговим двигуном на основі сигналу крутного моменту двигуна, що передається системою EV через зв'язок CAN до блока VCM.

Перетворювач тягового двигуна перетворює потужність постійного струму від літій-іонної батареї до мережі змінного струму і точно управляє тяговим двигуном на основі сигналу з розпізнавача кута повороту ротора і сигналу з датчика струму.

При гальмуванні як генератор використовується тяговий двигун. Він перетворює кінетичну енергію, що генерується обертовим рухом шин (потужність змінного струму), в електричну енергію (потужність постійного струму) і заряджає літій-іонний акумулятор.

Якщо виявлена несправність, система переходить в безпечний режим.



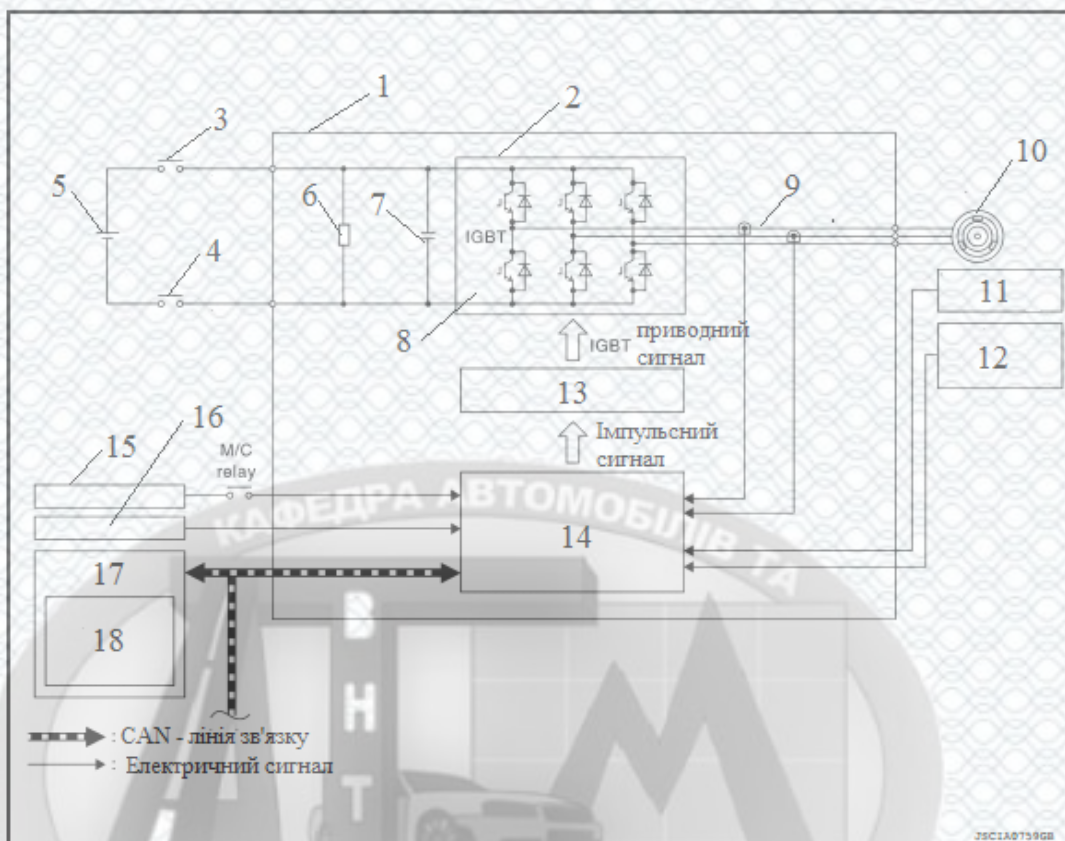


Рисунок 4.17 – Структурна схема системи динамічної стабілізації двигуна автомобіля Nissan Leaf

де 1- інвертор ; 2 –модуль живлення ; 3- головне реле системи 1 ;4- головне реле системи 2; 5- літій-іонні акумулятори ;6-розрядний резистор ;7- згладжуючий конденсатор ;8- блок біполярних транзисторів з ізольованим затвором ; 9- датчик струму ;10- тяговий двигун ;11- перетворювач двигуна ;12- датчик температури ;13- драйвер ;14 – контроллер двигуна ;15 – акумулятор 12 В ; 16- IGN ; 17-VCM ; 18- модуль управління електричним перемиканням .

Інвертор двигуна : Контроль захисту

Коли температура тягового двигуна або компонентів тягового двигуна зростає, перетворювач тягового двигуна тимчасово переходить в захисний стан управління, щоб захистити систему. Він автоматично повертається в нормальний стан, якщо безпеку захищена.



Таблиця 4.6 – Стану підвищення температури електродвигуна автомобіля

Стан	Контроль	Нормальні умови повернення
Електродвигун перегрітий	Вихідний крутний момент тягового двигуна обмежений в залежності від температури тягового двигуна	Падіння температури двигуна
Висока температура IGBT, коли швидкість тягового двигуна надзвичайно низька	Частота перемикання IGBT знижується. ЗАМІТКА: Електромагнітний шум тягового двигуна збільшується.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Падіння температури IGBT</li> <li>Швидкість тягового двигуна збільшується</li> </ul>
IGBT перегрівся	Вихідний крутний момент тягового двигуна обмежений відповідно до температури IGBT.	Падіння температури IGBT

#### КОНТРОЛЬ ДВИГУНА: Опис системи

Перетворювач тягового двигуна застосовує харчування змінного струму до тягового двигуна відповідно до цільового значенням крутного моменту двигуна, обчисленим VCM, для створення рушійної сили[18].

#### КОНТРОЛЬ ДВИГУНА: Принцип дії

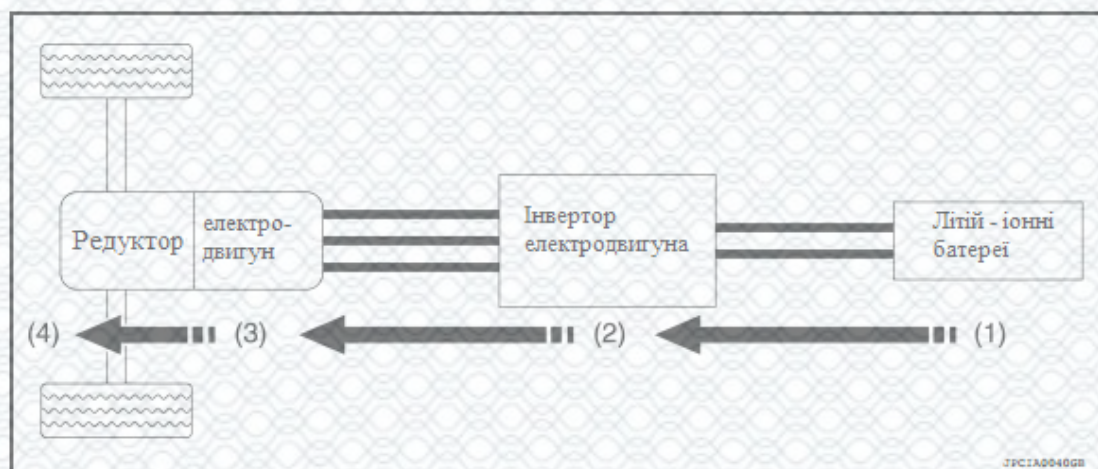


Рисунок 4.18 – Структурна схема потоку енергії двигуна автомобіля Nissan



Таблиця 4.7 – Потік енергії електродвигуна

(4)	(3)	(2)	(1)
Крутний момент приводу від тягового двигуна виводиться як кінетична енергія	Потужність змінного струму від перетворювача тягового двигуна перетворюється в магнітну енергію і створюється обертове магнітне поле для створення крутного моменту.	Перемикач інвертора тягового двигуна (IGBT) перемикається, щоб перетворити потужність постійного струму від літій-іонної батареї в змінну потужність.	Живлення постійного струму від літій-іонної батареї подається на перетворювач тягового двигуна.

## РЕГУЛЮВАННЯ МОТОРНОЮ РЕГЕНЕРАЦІЄЮ

### Опис системи

Під час гальмування перетворювач тягового двигуна призводить в рух тяговий двигун в якості генератора на основі сигналу управління рекуперативним крутним моментом, що посилається через систему EV через зв'язок CAN з VCM, перетворюючи кінетичний крутний момент, що виникає при обертанні шин в електричний. Перетворена електрична енергія заряджає літій-іонний акумулятор.

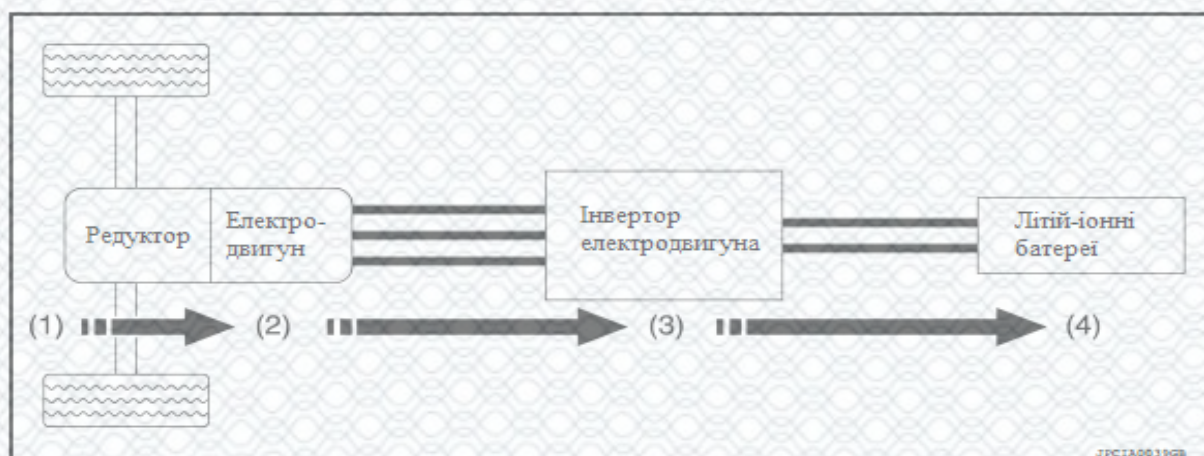


Рисунок 4.19 – Структурна схема регулювання моторною регенерацією

Регенеративний крутний момент, який генерується, коли тяговий двигун приводиться в рух як генератор, може використовуватися в якості гальмівного зусилля,



діючи аналогічно гальмування двигуном і зменшуючи навантаження на робочі гальма[19].

Таблиця 4.8 – Регулювання моторною регенерацією

(1)	(2)	(3)	(4)
Кінетична енергія, створювана обертянням шин, управляє тяговим двигуном в якості генератора.	Обертання тягового двигуна генерує потужність змінного струму	Перемикач інвертора тягового двигуна (IGBT) перемикає, щоб перетворити потужність змінного струму з тягового двигуна до потужності постійного струму.	Потужність постійного струму, реконструйована інвертором тягового двигуна, використовується для зарядки літій-іонної батареї.

#### 4.4.2 Особливості експлуатації, відмови та несправності

При роботі з системою динамічної стабілізації двигуна автомобіля Nissan Leaf необхідно дотримуватися обережності: ніколи не знімати клему з акумуляторів на працюючому двигуні, оскільки напруга в бортовій мережі автомобіля може перевищувати 250 вольт, необхідно дотримуватись правил безпеки при роботі з ними. Також ні в якому разі не можна змінювати полярність бортового зарядного пристрою клем акумулятора . Не можна торкатися руками до оголених контактів акумулятора і контролера , оскільки можна отримати удар струму.

Основні несправності вузла, що виникають під час експлуатації автомобіля приведені в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Основні несправності системи

Код помилки	Поведінка автомобіля
P0A1B	Спостерігається будь-який з наступних причин: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Зупинка управління тяговим двигуном і вимагає, щоб головне реле системи вийшло на VCM</li> <li>• Обмежує максимальний крутний момент тягового двигуна до 40% або менше</li> </ul>
P0A2D	Обмежує максимальний крутний момент тягового двигуна до 40% або менше
P0A2C	Обмежує максимальний крутний момент тягового двигуна до 40% або менше



Продовження таблиці 4.9

Код поми- лки	Поведінка автомобіля
P0A3F	Зупинка управління тяговим двигуном
P0A44	Зупинка управління тяговим двигуном
P0A78	Зупинка управління тяговим двигуном
P0A8D	Зупиняє управління тяговим двигуном і вимагає, щоб головне реле системи вийшло на VCM
P0BE5	Зупинка управління тяговим двигуном
P0BE6	Зупинка управління тяговим двигуном
P0BE9	Зупинка управління тяговим двигуном
P0BEA	Зупинка управління тяговим двигуном
P0C79	Зупинка управління тяговим двигуном
P0A2F	Зупинка управління тяговим двигуном
P318E	Спостерігається один з наступних причин: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Відсутність впливу на поведінку автомобіля</li> <li>• Зупинка управління тяговим двигуном</li> </ul>
P3193	Відсутній вплив на поведінку автомобіля
P3197	Спостерігається один з наступних причин: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Зупинка управління тяговим двигуном</li> <li>• Обмежує максимальний крутний момент тягового двигуна до 0</li> </ul>
P3199	Спостерігається один з наступних причин: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Відсутність впливу на поведінку автомобіля</li> <li>• Зупинка управління тяговим двигуном</li> </ul>
P319E	Відсутній вплив на поведінку автомобіля
P31A2	Спостерігається один з наступних причин: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Відсутність впливу на поведінку автомобіля</li> <li>• Зупинка управління тяговим двигуном</li> </ul>
P31A4	Спостерігається один з наступних причин: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Відсутність впливу на поведінку автомобіля</li> <li>• Зупинка управління тяговим двигуном</li> </ul>
P31A9	Відсутній вплив на поведінку автомобіля
P31AD	Спостерігається один з наступних причин: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Зупинка управління тяговим двигуном</li> <li>• Обмежує максимальний крутний момент тягового двигуна до 0</li> </ul>
P3240	Зупинка управління тяговим двигуном



#### 4.5 Висновок

У четвертому розділі вибрали необхідне технологічне обладнання та спланували робоче місце необхідне для ТО і Р електромобілів . Також було описано особливості та умови роботи системи зарядки Nissan Leaf. Описані основні несправності та складені технологічні карти (див. Додаток ).





## 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗРОБОК

Розрахунок витрат виконання технічного обслуговування та ремонту електромобілів на станції технічного обслуговування автомобілів ТОВ «Motor-service» в кількості 1750 шт[20].

### 5.1 Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення (виробничі інвестиції) - це капітал, який використовується для розширеного відтворення основних фондів. Вони характеризуються загальним обсягом матеріальних активів, що їх спрямовують на нове будівництво, реконструкцію, розширення, технічне переозброєння, а також підтримку діючих потужностей.

У загальному вигляді початкові капіталовкладення враховують реальні початкові інвестиції у необоротні і оборотні активи підприємства чи окремого підрозділу із урахуванням результатів вибуття наявних основних засобів і обчислюються за формулою:

$$KB_{\text{поч}} = KB_{\text{осн.з.}} + V_{\text{об.з.}} - D_{\text{поч.}}$$

де  $KB_{\text{осн.з.}}$  - початкові капіталовкладення в основні засоби, грн.;

$V_{\text{об.з.}}$  - витрати на придбання оборотних активів (орієнтовно приймають 5-15% від  $KB_{\text{осн.з.}}$ ) грн.;

$D_{\text{поч.}}$  - початковий чистий дохід від продажу або ліквідації старого устаткування, будівель, споруд та інших основних засобів (ця складова існує лише при реалізації проекту на діючому підприємстві), грн.

"Реконструкція,.. на основі ліквідаційної вартості основних засобів, які є на балансі підприємства і підлягають списанню, а також витрат, що пов'язані із вибуттям основних засобів. При цьому розрахунок проводиться за формулою:

$$D_{\text{поч}} = V_{(\text{л})\text{п}} + V_{\text{виб.}}$$

де  $V_{(\text{л})\text{п}}$  - загальна ліквідаційна вартість (планова виручка від реалізації) обладнання, яке підлягає списанню, грн.;

$V_{\text{виб.}}$  - загальна сума витрат, що пов'язані із вибуттям основних засобів, грн.



Початкові капіталовкладення в основні засоби КВ осн.з. визначаються, виходячи із вартості придбання необхідного обладнання і витрат на будівництво :

$$КВ_{осн.з.} = КВ_{буд.} + КВ_{обл.}$$

де  $КВ_{буд.}$  - капіталовкладення на будівництво (перепланування) будівель, споруд, грн.;

$КВ_{обл.}$  - капіталовкладення на обладнання, грн.

Капіталовкладення на будівництво нових будівель і споруд, а також перепланування існуючих  $КВ_{буд.}$  розраховують відповідно до їх площі і вартості одного квадратного метра будівлі чи споруди:

$$КВ_{буд.} = \sum F_i \cdot V_i$$

де  $F_i$  - площа і-го виду будівель чи споруд, передбачених при проектуванні чи реконструкції підприємства чи підрозділу  $м^2$ ;

$V_i$  - вартість одного квадратного метра площі (без ПДВ) і-го виду будівель чи споруд, грн.;

Капітальні вкладення на обладнання  $КВ_{обл.}$  можуть бути визначені як сума витрат, пов'язаних з придбанням різних видів технологічного обладнання, та витрат на їх транспортування і монтаж:

$$КВ_{обл.} = V_{к.обл.} + V_T + V_M \quad (5.1)$$

де  $V_{к.обл.}$  витрати на купівлю нового обладнання (без ПДВ), грн.;

$V_T$ - витрати на транспортування нового обладнання (приймається 5% від  $V_{к.обл.}$ );

$V_M$  - витрати на монтаж нового обладнання (приймається 5-15% від  $V_{к.обл.}$ ) грн.;

$$КВ_{обл.} = 252890 + 12644,5 + 37933,5 = 303468 \text{ грн.}$$

$$КВ_{буд.} = 80 * 2500 = 200000 \text{ грн.}$$

$$КВ_{осн.з.} = 303468 + 200000 = 503468 \text{ грн.}$$

$$КВ_{поч} = 503468 + (503468 * 0,12) = 563884,2 \text{ грн.}$$



## 5.2 Розрахунок собівартості робіт

Собівартість робіт відображає загальні витрати виробничого підрозділу чи окремого підприємства у плановому періоді. При цьому складається плановий кошторис витрат виробництва і визначається собівартість одного технічного впливу.

Основними елементами кошторису витрат виробництва є:

- витрати на оплату праці (ФОП);
- відрахування на соціальні заходи;
- матеріальні витрати;
- амортизаційні відрахування;
- накладні витрати.

### 5.2.1 Розрахунок фонду оплати праці виробничого персоналу

Оплата праці на підприємствах автотранспорту здійснюється на основі тарифної системи, науково обґрунтованих норм праці, певних систем погодинної і відрядної форм оплати праці.

Розмір заробітної плати розраховується у відповідності з Кодексом законів про працю, чинними генеральною, галузевою, регіональною угодами і колективним договором, що діє на підприємстві.

Штатна чисельність робітників електротехнічної дільниці становить 1 робітник п'ятого розряду.

Основою визначення розміру заробітної плати є розрахунок тарифної ставки.

Годинна тарифна ставка будь-якого розряду визначається:

$$T_{\text{ст}}^i = T_{\text{ст}}^1 \cdot K_T^i \quad (5.2)$$

де  $T_{\text{ст}}^i$  – годинна тарифна ставка певного розряду;

$T_{\text{ст}}^1$  – годинна тарифна ставка першого розряду (19,56 грн.);

$K_T^i$  – тарифний коефіцієнт наведений у таблиці 5.1.



Таблиця 5.1 – Розрядні коефіцієнти

Розряди	1	2	3	4	5	6
Розрядний коефіцієнт	1	1,08	1,25	1,35	1,54	1,71

ГТС п'ятого розряду визначається за формулою 5.2:

$$T_{\text{ст}}^5 = 19,56 \cdot 1,54 = 30,12 \text{ (грн.)}$$

Розрахунок розміру основної заробітної плати залежить від прийнятої на підприємстві форми і системи оплати праці та середньогодинної тарифної ставки  $T_{\text{с.год}}$ , яка визначається згідно зі штатним розкладом:

$$T_{\text{с.год}} = \sum \frac{T_{\text{ст}}^i \cdot P^i}{P_{\text{ш}}} \quad (5.3)$$

де  $P^i$  - кількість робітників і-го розряду, чол.;

$P_{\text{ш}}$  - штатна чисельність робітників, чол..

$$T_{\text{с.год}} = \sum \frac{30,12 \cdot 2}{2} = 30,12 \text{ (грн.)}$$

Річний тарифний фонд оплати праці робітників по відділенню визначається залежно від визначеного фонду робочого часу одного робітника, середньогодинної тарифної ставки і кількості робітників за формулою:

$$Z_{\text{осн}} = T_{\text{с.год}} \cdot \Phi_{\text{в.р.}} \cdot P_{\text{ш}} \quad (5.4)$$

де  $\Phi_{\text{в.р.}}$  - ефективний фонд робочого часу одного робітника на рік, год.;

$P_{\text{ш}}$  - штатна чисельність робітників, чол..

$$Z_{\text{осн}} = 30,12 \cdot 2705 \cdot 2 = 162949,2 \text{ (грн.)}$$

Сума доплат за важкі та шкідливі умови праці робітників  $D_{\text{ум.пр.}}$  визначається за формулою:

$$D_{\text{ум.пр.}} = \frac{B_{\text{ум.пр.}}^c}{100} \cdot Z_{\text{осн.}} \quad (5.5)$$

де  $B_{\text{ум.пр.}}^c$  - середній відсоток доплат за важкі та шкідливі умови праці;

$Z_{\text{осн.}}$  - основна заробітна плата, грн..

$$D_{\text{ум.пр.}} = \frac{5}{100} \cdot 162949,2 = 8147,4 \text{ (грн)}$$



За роботу у вечірній час (з 19.00 до 22.00) встановлюється доплата Дв.ч У розмірі 20% до тарифної ставки за кожен годину, відпрацьовану у вечірній час, її сума визначається за формулою:

$$D_{\text{в.ч.}} = 1,2 \cdot T_{\text{год.}} \cdot T_{\text{н}} \quad (5.6)$$

$T_{\text{н}}$  - тривалість роботи в вечірній час, год.

$$D_{\text{в.ч.}} = 1,2 \cdot 19,56 \cdot 3 = 70,41 \text{ (грн)}$$

За високу професійну майстерність робітникам встановлюються диференційовані надбавки залежно від тарифного розряду.

Сума надбавки за професійну майстерність визначається залежно від середнього відсотку та суми основної заробітної плати за формулою:

$$H_{\text{пр.м.}} = \frac{B_{\text{пр.м.}}}{100} \cdot Z_{\text{осн.}} \quad (5.7)$$

де  $Z_{\text{осн.}}$  - середній відсоток надбавки за професійну майстерність (приймається 10%).

$$H_{\text{пр.м.}} = \frac{10}{100} \cdot 162949,2 = 16294,9 \text{ (грн.)}$$

Преміювання робітників здійснюється відповідно до умов колективного договору, що діє на підприємстві. Премії встановлюються за дострокове виконання і перевиконання плану, підвищення якості продукції робіт, економію матеріалів, зниження трудомісткості робіт тощо. Розрахунок суми премії  $S_n$  проводиться за формулою:

$$S_n = \frac{B_n}{100} \cdot Z_{\text{осн.}} \quad (5.8)$$

де  $B_n$  - відсоток нарахування премії (приймається 20%).

$$S_n = \frac{20}{100} \cdot 162949,2 = 32589,8 \text{ (грн.)}$$

Фонд додаткової заробітної плати  $Z_{\text{дод}}$  включає усі види доплат, надбавок і суму нарахованої премії:



$$Z_{\text{дод}} = D_{\text{ум.пр.}} + D_{\text{в.ч.}} + H_{\text{пр.м.}} + S_n \quad (5.9)$$

$$Z_{\text{дод}} = 8147,4 + 70,41 + 16294,9 + 32589,8 = 57102,5 \text{ (грн.)}$$

Плановий фонд оплати праці складається з фондів основної і додаткової заробітної плати:

$$F_{\text{он}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дод}} \quad (5.10)$$

$$F_{\text{он}} = 162949,2 + 57102,5 = 220051,7 \text{ (грн.)}$$

### 5.2.2 Розрахунок витрат на соціальні потреби

Ставка нарахування ЄСВ в 2016 році становить 22% від фонду оплати праці річного.

ЄСВ нараховується лише на максимальну базу нарахування, якщо сума заробітної плати перевищує дану суму, то ЄСВ платимо лише з максимальної бази, яка встановлена законодавством. Максимальна величина бази нарахування ЄСВ, що дорівнює 25 розмірам прожиткового мінімуму для працездатних осіб, встановленого законом, на яку нараховується ЄСВ в місяць.

$$3 \text{ 01.05.2017 р} - 1684 \cdot 25 = 42100 \text{ грн.}$$

Тобто максимальна сума ЄСВ, яку необхідно сплатити підприємству складатиме 9262 грн. в місяць

В тому випадку, якщо база нарахування ЄСВ є меншою ніж розмір мінімальної заробітної плати, встановленої законом на місяць, за який отримано дохід, сума ЄСВ розраховуватиметься із розміру мінімальної заробітної плати.

$$V_{\text{сз}} = \frac{\text{ЄСВ}}{100} \cdot F_{\text{оп}} \quad (5.11)$$

ЄСВ – єдиний соціальний внесок, %.

$$V_{\text{сз}} = \frac{22}{100} \cdot 220051,7 = 48411,3 \text{ грн/рік}$$



### 5.2.3 Матеріальні витрати

Матеріальні витрати включають вартість придбаних у сторонніх підприємств і витрачених у процесі операційної діяльності сировини та матеріалів, напівфабрикатів і комплектуючих виробів, палива та енергії всіх видів, запасних частин й інших матеріалів.

Для тем, об'єктом проектування яких є міські СТО, матеріальні витрати МВ для ТО і ПР розраховуються як сума матеріальних витрат автомобілів різних груп, які обслуговуються на СТО. При цьому користуються формулою:

$$МВ = \sum \frac{N_{ТО\ і\ ПР}^i \cdot A_{авт}^i \cdot L_{ср} \cdot K_{рф}}{1000} \quad (5.12)$$

де  $N_{ТО\ і\ ПР}^i$  - норма витрат на матеріали (запасні частини) для ТО і ПР на 1000 км пробігу для і-ої групи автомобілів, грн.;

$A_{авт}^i$  - кількість автомобілів і-ої групи, що обслуговуються на СТО, од.;

$L_{ср}$  - середньорічний пробіг автомобілів, км;

$K_{рф}$  - коефіцієнт ремонтного фонду.  $K_{рф} = 1,1$ .

$$\begin{aligned} МВ &= \frac{(1,9 \cdot 735 \cdot 16000 \cdot 1,1) + (2,3 \cdot 630 \cdot 16000 \cdot 1,1) + (3,8 \cdot 385 \cdot 16000 \cdot 1,1)}{1000} \\ &= \frac{24578400 + 25502400 + 25748800}{1000} = 75829,6 \text{ грн.} \end{aligned}$$

### 5.2.4 Розрахунок амортизаційних відрахувань.

Процес відшкодування зношення основних фондів здійснюється шляхом амортизації із амортизаційних сум, що включаються у склад витрат на виробництво продукції, виконання робіт та надання платних послуг.

Порядок нарахування амортизації при застосуванні прямолінійного методу можна подати у вигляді слідуючих простих формул.

$$V_{ам} = V_{п} - Л$$

де  $V_{ам}$  - вартість основних засобів, що амортизується в грн..



$V_{п}$  - початкова, або балансова вартість, грн.

$L$  - ліквідаційна вартість, грн.

Річна сума амортизації визначається:

$$A = \frac{V_{ам}}{T_{кв}}$$

де  $T_{кв}$  - очікуваний період корисного використання об'єкту, рік.

$V_{ам}$  - вартість об'єкта, що амортизується, грн..

$A$  - річна сума амортизаційних відрахувань, грн.

Для розрахунку амортизаційних відрахувань основних виробничих фондів складаємо таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Розрахунок амортизаційних відрахувань основних засобів

№	Найменування основних фондів	К-сть шт.	Балансова вартість (грн.).	Ліквідаційна вартість (грн.).	Термін корисного використання(роки).	Сума амортизаційних відрахувань (грн.).
1	2	3	4	5	6	7
1	Інструментальний візок	1	10000	7000	10	300
2	Персональний комп'ютер	1	15000	10000	5	1000
3	Ванна для миття деталей	1	1700	1000	10	70
4	Адаптер K-LINE	1	490	400	5	18
5	Launch X431	1	30000	25000	10	500
6	Шафа для інструментів	1	3600	3000	10	60
7	Зарядний пристрій для акумуляторних батарей	1	1400	1000	5	80
8	Автомобільний мультиметр	1	700	400	5	60
9	Стіл для збирання і розбирання систем і механізмів	1	3000	2000	5	200



Продовження таблиці 5.2

1	2	3	4	5	6	7
10	Набір інструменту для демонтажу обшивки салону	1	1000	500	3	166
11	Зарядна станція для електромобілів	1	185800	180000	10	580
12	Ящик для відходів	1	200	100	5	20
	Всього		252890			3054

Загальна сума амортизаційних відрахувань при проведенні електротехнічних робіт буде дорівнювати 3054 грн.

#### 5.2.5 Розрахунок накладних витрат.

Для більш повного відображення у кошторисі всіх витрат, які пов'язані з діяльністю підприємства чи окремого підрозділу за певний період, і для калькуляції собівартості окремих видів продукції, робіт та послуг до складу кошторису витрат включають не тільки прямі витрати, а також інші витрати, що необхідні для здійснення обслуговування й управління виробництва. З цією метою розраховується сума накладних витрат  $V_n$ , яка приймається в розмірі 30-50% від основної заробітної плати основного виробничого персоналу.

$$V_n = \frac{BB_n}{100} \cdot Z_{осн} \quad (5.13)$$

де  $BB_n$  - відсоток накладних витрат, % ( $BB_n=30-50\%$ ),

$$V_n = \frac{40}{100} * 162949,2 = 65179,6 \text{ грн.}$$

#### 5.2.6 Кошторис витрат виробництва

Для дипломних проектів, об'єктом проектування яких є СТО, зони ТО, ТО-1,



ТО-2, ЩО, ПР чи окремі ділянки на автотранспортному підприємстві, для складання кошторису проводиться підсумовування попередньо розрахованих витрат, які доцільно оформити у вигляді таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Кошторис витрат виробництва

Статті витрат	Умовне позначення	Сума, грн.	Питома вага, %
Фонд оплати праці	$F_{оп}$	220051,7	53,4
Відрахування на соціальні потреби	$B_{св}$	48411,3	11,7
Матеріальні витрати	$M_B$	75829,6	18,4
Амортизаційні витрати	$A_p$	3054	0,7
Накладні витрати	$B_H$	65179,6	15,8
Разом (річна собівартість робіт)	$\sum S_i$	412526,2	100

### 5.2.7 Розрахунок собівартості одного технічного впливу

Собівартість - це грошовий вираз витрат ресурсів, використаних з конкретною метою. Методика калькулювання собівартості одиниці продукції (робіт чи послуг) передбачає розподіл загальної суми прямих і не-прямих витрат, які визначені у кошторисі витрат виробництва, на загальну кількість продукції (обсяг робіт чи послуг).

-для міської СТО:

$$\bar{S}_1 = \frac{\sum S_i}{\sum A_{авт}^i} \quad (5.14)$$

де  $\sum A_{авт}^i$  - кількість автомобілів усіх групи, од.;

$$\bar{S}_1 = \frac{412526,2}{1750} = 235,7 \text{ грн.}$$

## 5.3 Розрахунок показників економічної ефективності проекту

### 5.3.1 Розрахунок фінансових показників роботи об'єкта проектування



Планова ціна на виконання одного технічного впливу визначається на основі його собівартості  $\bar{S}_i$  та коефіцієнта рентабельності, який визначається підприємством самостійно на основі аналізу поточної ринкової ситуації (цін конкурентів, платоспроможного попиту, середньої ціни і рівня рентабельності у галузі тощо) та бажаного прибутку. Для розрахунку ціни одного технічного впливу  $C_i$  користуються формулою:

$$C_i = \bar{S}_i \cdot K_{\text{рент}} \quad (5.15)$$

де  $C_i$  - ціна одного технічного впливу  $i$ -го виду, грн.;

$K_{\text{рент}}$  - коефіцієнт рентабельності.

$$C_i = 235,7 \cdot 1,2 = 282,8 \text{ грн.}$$

Сума річного чистого доходу від діяльності об'єкта проектування ( $D_i$ ) визначається на основі ціни одного технічного впливу і річного обсягу робіт у натуральному виразі. При цьому користуються формулами:

-для міської СТО

$$D_i = C_i \cdot \sum A_{\text{авт}}^i \quad (5.16)$$

де  $\sum A_{\text{авт}}^i$  - кількість автомобілів усіх груп, од.;

$C_i$  - ціна одного технічного впливу  $i$ -го виду, грн.;

$$D_i = 282,8 \cdot 1750 = 494900 \text{ грн.}$$

Річний балансовий прибуток об'єкта проектування  $P_6$  визначається за формулою:

$$P_6 = D_i - \sum S_i \quad (5.17)$$

де  $D_i$  - річний дохід від діяльності об'єкта проектування, грн.;

$\sum S_i$  - річна собівартість робіт  $i$ -то виду, грн.;

$$P_6 = 494900 - 412526,2 = 82373,8 \text{ грн.}$$



Найбільш поширеним критерієм оцінювання ефективності діяльності підприємств є показник рентабельності, який відображає рівень прибутковості діяльності підприємства в цілому:

$$P = \frac{P_6}{\sum S_i} \cdot 100\% \quad (5.18)$$

$$P = \frac{82373,8}{412526,2} * 100 = 20 \%$$

Фондовіддача  $\Phi_{\text{від}}$  характеризує річний обсяг виробництва у вартісному виразі, що його отримали з одиниці середньорічної вартості основних фондів. При цьому користуються формулою:

$$\Phi_{\text{від}} = \frac{D_i}{B_{\text{сер.р.}}} \quad (5.19)$$

де  $D_i$  - річний дохід від діяльності об'єкта проектування, грн.;

$B_{\text{ср.}}$  - середньорічна вартість основних фондів, грн.

$$\Phi_{\text{від}} = \frac{494900}{252890} = 1,96$$

Для аналізу рівня фондоозброєності проводять порівняння зміни фактичного значення фондоозброєності об'єкту проектування  $\Phi_{\text{озб}}^{\text{п}}$  та очікуваного  $\Phi_{\text{озб}}^{\text{п}}$  розраховується за формулою:

$$\Phi_{\text{озб}}^{\text{п}} = \frac{B_{\text{сер.р.}}}{P_{\text{ш}}} \quad (5.20)$$

де  $\Phi_{\text{озб}}^{\text{п}}$  - фондоозброєність праці в результаті реалізації проекту, грн.

$$\Phi_{\text{озб}}^{\text{п}} = \frac{252890}{2} = 126445 \text{ грн.}$$



#### 5.4 Висновок

В даному розділі дипломного проекту я розрахував капітальні вкладення, собівартість робіт а також показники екномічної ефективності які необхідні для створення підприємства по обслуговуванню електромобілів.





## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Охорона праці - це система законодавчих актів і відповідних їм соціально економічних і організаційних заходів, які забезпечують безпеку, здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Безпосередньо на підприємствах автомобільного транспорту контроль за станом охорони праці ведуть інженери (старші майстри) по охороні праці.

Усі працівники прийняті на роботу повинні проходити інструктаж з питань охорони праці згідно з типовим положенням про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці. Працівники, зайняті на роботах з підвищеною небезпекою, повинні проводити попереднє спеціальне навчання і один раз на рік проходити перевірку знань.

Конструкція устаткування і його окремих частин повинна виключати можливість їх падіння, опускання, перекидання та довільного зміщення при усіх передбачених умовах експлуатації і монтажу (демонтажу).

Діагностику, ТО та ремонт автомобілів проводять в умовах станцій технічного обслуговування або в авторемонтних майстернях АТП. Тому до відповідних зон та діляниць є свої вимоги. Так, температура повітря в зоні робочих місць повинна бути не нижче 16°C, відносна вологість 75-80%, швидкість повітря 0,3м/с, освітлення в зонах ремонту повинно бути не менше 150 лк. Для переносного освітлення при проведенні То та ремонту напруга повинна бути 36В, а для освітлення оглядових ям - 12В.

Випадки травматизму, професійних та професійно зумовлених захворювань, які мають місце на підприємстві часто виникають через порушення відповідних норм техніки безпеки, виробничої санітарії та пожежної безпеки при проектуванні підприємств, технологічних процесів, основного та допоміжного виробничого устаткування. Тому розробка комплексу питань з охорони праці в дипломних проектах студентів інженерно-технічних спеціальностей є обов'язковою умовою. Адже сучасний рівень інженерної підготовки вимагає від майбутніх фахівців не лише володіти певним обсягом теоретичних знань з охорони праці, а й вміти їх застосовувати при вирішенні практичних інженерних завдань щодо створення безпечних та здорових умов праці.



## 6.1 Аналіз умов праці

На СТО «Motor-Service» електротехнічна дільниця де проводяться роботи по ТО та ремонту систем електроустаткування автомобілів.

Оскільки в приміщенні широко використовується електроенергія, тому також присутня проблема електробезпеки. Це може проявлятися в таких формах як враження електрострумом чи виникненні пожежі при короткому замиканні провідників, що проходять по легкозаймистих предметах.

В процесі виконання даних робіт виникають наступні шкідливі виробничі фактори:

- підвищена загазованість приміщення відпрацьованими газами автомобілів;
- пари бензину і інших легкозаймистих речовин;
- метеоумови, які не відповідають допустимим;
- підвищена або знижена температура, вологість повітря в робочій зоні;
- підвищений рівень шуму;
- нераціональне освітлення та інші;
- отруєння шкідливими газами .

Присутні небезпечні фактори:

- використання несправного інструменту;
- наїзд автомобіля;
- небезпека ураження людини електричним струмом напругою 220/330В;
- падіння автомобіля з підйомника;
- гострі кромки ріжучого інструменту;
- опіки від розігрітих частин автомобіля.

Можуть бути присутні психофізіологічні фактори:

- незадовільний психологічний клімат в колективі;
- незадоволеність працею;
- необережність;



- підвищена емоційність, втома;
- недостатність досвіду.

## 6.2 Організаційно-технічні заходи

Дане приміщення використовується для технічного обслуговування та ремонту електроустаткування автомобілів. Воно має розміри 8 x 10 м, площа приміщення складає 80 м<sup>2</sup> (таблиця 6.1). Стіни приміщення пофарбовані в білий колір, що забезпечує більшу освітленість приміщення. Вхід людей здійснюється через ворота.

Ворота відкриваються назовні. Розміри меблів на робочих місцях, зокрема робочого столу, відповідають ДНАОП 0.00-1.3199.

Проводяться інструктажі і навчання з охорони праці, відмітка про інструктаж робиться в журналі реєстрації інструктажів з питань охорони.

Що до заходів безпеки, присутні вентиляція, заземлення, система опалення та освітлення.

Приміщення дільниці використовується тільки за своїм призначенням для перевірки працездатності автомобіля, його систем і агрегатів, а також для виконання регульованих робіт (ГОСТ 12.1.005-90).

Бокс, в якому знаходиться електротехнічна дільниця, відповідає вимогам будівельним, санітарним та протипожежним нормам і правилам (СНиП 2.01.02-85, СНиП 2.04.05-86 ГОСТ 12.1.005-88)[21,22].

Підлога в приміщенні рівна з твердим покриттям (плитка), непроникна для ґрунтових вод, без виступів і вибоїн (ГОСТ 12.1.005.89).

Повітря робочої зони, шум, вібрація, освітлення, метеоумови в діагностичній дільниці після виконання всіх запланованих заходів відповідають вимогам діючих нормативних актів (СНиП 2.04.85 ГОСТ 12.1.055.88). Карта умов праці (додаток В).

Для в'їзду і виїзду автомобілів дільниця воротами шириною 4 м і висотою 5 м.



Таблиця 6.1 – Характеристика дільниці

Назва приміщення	Висота м.	Довжина м.	Ширина м.	Місце розташування	Орієнтація вікон
Електротехнічна дільниця СТО «Motor-Service»	8	8	10	м. Вінниця	На захід

### 6.3 Санітарно-гігієнічні заходи

Санітарно-гігієнічні заходи передбачають дослідження впливу виробничих факторів на людину, визначення фактичних значень конкретних параметрів виробничих факторів на робочих місцях, а також відповідності умов на робочих місцях вимогам нормативних документів.

#### 6.3.1 Мікроклімат

Роботи в приміщенні СТО відносяться до категорії середньої важкості, що вимагають помірного фізичного напруження.

В приміщенні діагностичної дільниці метеорологічні умови залежать від технологічного процесу та від зовнішніх погодних умов, а також від категорій робіт.

Нормальні метеорологічні умови згідно СН в приміщенні категорії робіт середньої важкості (виділяється пил або шкідливі речовини) забезпечуються раціональною вентиляцією і опаленням на рівні допустимих значень температури повітря, відносної вологості та швидкості руху повітря. Метеорологічні умови відповідний ГОСТ 12.1.005-88 та ДСН 3.3.6.042.99

Мікроклімат в даному приміщенні згідно ГОСТ 12.1.005-88 в темну пору не відповідає нормам, тому проектом пропонується встановити, систему кондиціонування повітря.



### 6.3.2.Вентиляція

Для захисту від шкідливих речовин, які знаходяться в повітрі робочої зони діагностування застосовують такі заходи:

- приміщення дільниці обладнується загально-обмінною припливно-витяжною механічною вентиляцією;
- природна вентиляція
- своєчасний якісний ремонт вентиляційного обладнання;
- регулярне прибирання приміщення;
- застосування засобів індивідуального захисту працюючих (спецодяг, захисні окуляри, тощо);
- при виконанні вказаних заходів і при працюючій загальнообмінній та місцевій вентиляціях концентрація шкідливих речовин в повітрі дільниці знаходиться в нормі ГДК (ГОСТ 12.1.005-88).

В приміщенні виділяються такі шкідливі речовини як оксид вуглецю та пари бензину, вентиляція забезпечує повітряний обмін згідно ГОСТ 12.1.005-88.

Проектом пропонується провести розрахунок штучної вентиляції .

### 6.3.3 Опалення

Опалення передбачено для підтримки температури повітря в робочій зоні в межах санітарно-гігієнічних норм.

Система опалення (водяне) забезпечує рівномірне нагрівання повітря в приміщенні дільниці.

Опалення забезпечує підтримку температури повітря в зоні не нижче + 18 °С.

Температура припливного повітря, яке подається в холодний період року знаходиться на рівні + 18 °С і не вище 25 °С (СНиП 2.01.02-85.)



#### 6.3.4. Шум і вібрація

Шум на дільниці виникає при роботі автомобіля та роботі стенду для перевірки генераторів та стартерів.

Рівень шуму на дільниці згідно ГОСТ 12.1.003-83 та ДСН 3.3.6.037-99 не перевищує норми так, як вжито заходи захисту від шуму.

- Заходи зменшення шуму:
- зменшення шуму в самому джерелі;
- шумоізоляція;
- встановлення склопакетів;
- ізоляційні перегородки між відділеннями.

#### 6.3.5 Освітлення

Приміщення зони ТО і Р освітлюється за допомогою природного і штучного освітлення в залежності від розряду зорової роботи. Зона має сім вікон, орієнтованих на захід розмірами 1x3, та 1,2x2 м. В приміщенні розміщується один ряд загальних світильників та також є сім переносних ліхтарів. Освітленість становить 200 лк, що не відповідає нормам пунктам СНиП 11-4-79.

Проектом пропонується провести розрахунок освітлення дільниці.

#### 6.4 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

Дане приміщення згідно ПУЕ відноситься категорії приміщення з підвищеною небезпекою, що характеризуються наявністю наступних умов, що створюють підвищену небезпеку: можливості одночасного доторкання до металевих елементів технологічного устаткування чи металоконструкцій будівлі, що з'єднані із землею та металевих частин електроустаткування, які можуть опинитись під напругою[23].

Для забезпечення безпеки використовуються такі технічні засоби: огорожувальна сигналізація, блокування, знаки безпеки; засоби захисту від падіння в оглядові ями (огороження); прибирати робоче місце; засоби захисту рук (рукавиці);



Оскільки наявність небезпечних умов впливає на наслідки випадкового доторкання до струмопровідних частин електроустаткування, то для ручних переносних світильників, місцевого освітлення виробничого устаткування та електрифікованого ручного інструменту в даному цеху напруга живлення до 36 В, а у особливо небезпечних приміщеннях — до 12 В

Щоб запобігти ураженню електричним струмом, використовується такі засоби захисту:

- огороження струмопровідних частин;
- ізоляція струмопроводів;
- мала напруга;
- захисне заземлення пристроїв;
- занулення;
- залишаючи робоче місце навіть ненадовго, слід вимкнути електроінструмент;
- у разі виявлення будь-якої несправності електроінструменту, заземлювального пристрою або штепсельної розетки негайно припиняється робота.

Усунення небезпечних факторів:

- вентиляція приміщення від отруєння шкідливими газами;
- не користуватися несправним інструментом;
- обережно поводитись біля розігрітих частин автомобіля;

#### 6.5 Заходи пожежної безпеки

Відповідно до ОНТП 24-86 дана будівля належить до категорії В. При обслуговуванні та ремонтних роботах використовуються різні легкозаймисті рідини, прокладаються тимчасові електропровідники. Виникає додаткова пожежна небезпека, яка потребує відповідних заходів пожежного захисту.

До засобів гасіння пожежі, призначених для локалізації невеликих займань знаходиться вогнегасники, сухий пісок, азбестові ковдри тощо. В даному приміщенні, де ведеться діагностика є порошковий вогнегасник місткістю



10 л з розрахунку 1 шт. на кожні 30 м<sup>2</sup> площі приміщення з урахуванням гранично допустимої концентрації вогнегасної речовини.

Оскільки приміщення знаходиться на першому поверсі то в випадку пожежі, в якості евакуаційних виходів можуть використовуватися вікна. Стіни та стеля приміщення виконана з важко горючих матеріалів[24].

При виникненні пожежі необхідно: припинити всі роботи; приступити до гасіння пожежі наявними засобами пожежогасіння, які є на робочому місці (вогнегасник, пожежний кран); негайно повідомити майстра робочої дільниці або іншого керівника; відключити електроенергію та вентиляцію; вивести з приміщення всіх людей, не зайнятих ліквідацією пожежі.

В приміщенні є розроблена інструкція з протипожежної безпеки. При вході на СТО знаходяться протипожежний щит, протипожежна сигналізація.

Проектом пропонується провести розрахунок блискавковідводу.

#### 6.6 Організаційні заходи з охорони праці

На підприємстві регулярно проводяться інструктажі з охорони праці. Відмітка про проходження первинного та позапланового інструктажів робиться в журналі реєстрації інструктажів з питань охорони. Контроль за станом охорони праці ведеться з боку адміністрації підприємства та інженера з охорони праці.

До самостійної роботи по діагностуванню та ремонту електрообладнання автомобілів на дільниці допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли медогляд і не мають протипоказань, які мають кваліфікацію автослюсаря.

Технологічний процес діагностування та ремонту електрообладнання складається з огляду обладнання на автомобілі для виявлення технічного стану.

Небезпечними та шкідливими факторами для слюсарів по діагностуванню та ремонті електрообладнання автомобілів є:

- враження електричним струмом
- механічні травми



- термічні опіки.

Перед тим, як користуватися переносними світильниками необхідно перевірити наявність на лампі захисного скляного ковпака, захисної сітки і справність кабелю (напруга до 36 В).

При враженні електричним струмом необхідно: усунути дію електричного струму на організм потерпілого, негайно повідомити майстра робочої ділянки, надати потерпілому першу медичну допомогу [25].

Організаційні заходи:

- контроль за технічним станом обладнання, інструментів, будівель і споруд;
- контроль за дотриманням вимог нормативних документів з охорони праці;
- нагляд за обладнанням підвищеної небезпеки;
- організація навчання, перевірка знань з питань охорони праці і інструктажів робітників підприємства;
- контроль за виконанням технологічного процесу відповідно до вимог охорони праці;
- організація належних умов до проїздів і проходів відповідно до вимог охорони праці.

#### 6.7 Заходи по охороні навколишнього середовища

На підприємстві крім охорони праці слідкують за станом навколишнього середовища. Паливо, масло, експлуатаційні рідини та електроліт зливають у спеціально відведені ємності. Після їх заповнення, відходи відправляються на централізовану утилізацію.

Вода після миття автомобілів, перед тим, як потрапити в каналізацію, проходить спеціальну очистку у водоочисних спорудах.

Тверді відходи сортуються і збираються в металевих ящиках. Для збирання та зберігання виробничих відходів відводяться спеціальні ділянки з огороженням та зручним під'їздом та ін.



У зв'язку з тим, що на СТО недостатня кількість зелених насаджень, проектом пропонується озеленення площі.

### 6.8 Розрахунок штучної вентиляції по чадному газу (СО)

Розрахувати кількість повітря ( $\text{м}^3$ ) яке необхідно подати в приміщення поста діагностування, щоб розчинити кількість СО до ГДК ( $20 \text{ мг}/\text{м}^3$ ).

Вхідні дані:

- вид роботи – діагностичні
- допустима концентрація СО в робочій зоні становить  $20 \text{ мг}/\text{м}^3$
- об'єм приміщення –  $80 \text{ м}^3$

Кількість автомобільної техніки і її марки, які знаходяться в приміщенні одночасно – в приміщенні знаходиться один автомобіль вітчизняного або закордонного виробництва.

Розрахуємо витрачення палива одним автомобілем в приміщенні:

$$B = 0,6 + 0,8 \cdot v$$

(6.1)

де  $v$  – робочий об'єм двигуна, в середньому 3 л;

$B$  – витрата палива одним автомобілем;

$$B = 0,6 + 0,8 \cdot 3 = 5,4 \text{ кг/год}$$

Знайдемо кількість оксиду вуглецю у відпрацьованих газах при роботі двигуна протягом години.

$$G = \text{Ошибка!} \quad (6.2)$$

де  $P=1,5\%$  - вміст оксиду вуглецю у відпрацьованих газах;

15 кг – кількість відпрацьованих газів при згоранні 1 кг палива;



$G$  – кількість оксиду вуглецю у відпрацьованих газах;

$$G = 15 \cdot 5,4 \cdot \frac{1}{5\%;100} = 1,215 \text{ кг/год}$$

Визначаємо необхідний об'єм повітря при вентиляції приміщення для розчину відпрацьованих газів.

$$L = \text{Ошибка!} \quad (6.3)$$

де  $t$  – середня тривалість роботи автомобіля;

$n$  – кількість автомобілів;

$d$  – допустима концентрація оксиду вуглецю в робочій зоні;

$L$  – необхідний об'єм повітря для вентиляції;

$$L = \frac{1000 \cdot 1,215 \cdot 0,8 \cdot 1}{20} = 48,6 \text{ м}^3/\text{год}$$

Визначимо кратність обміну повітря

$$N = \text{Ошибка!} \quad (6.4)$$

де  $V$  – об'єм приміщення;

$N$  – кратність обміну повітря.

$$N = \frac{48,6}{80} = 0,6 \text{ рази за годину.}$$

Приймаємо кратність повітря обміну  $N=1$  раз/год.

З розрахунку видно, що загазованість приміщення електротехнічної дільниці незначна. Це свідчить про те, що немає потреби на встановлення потужної примусової вентиляції, тобто дозволить зменшити витрати на закупівлю та експлуатацію такої



вентиляції. Крім того незначний повітрообмін дозволить зменшити затрати на підтримання необхідного мікроклімату.

### 6.9 Розрахунок висоти блискавковідводу на СТО “Motor-Service”

**Расчёт молниезащиты (Версия 1.2)**

**Параметры защищаемого объекта**

Форма здания  
 Прямоугольная  Цилиндрическая

Кровля  
 Высота (Hк), м: 2.0  
 Смещение (с), м: 0.0  
 ... или Угол (α), г: 90  
 Материал: Металлическое покрытие

Длина, м: 30.0 Диаметр, м: 0.0

Ширина, м: 10.0

Высота до кровли, м: 8.0

Категория здания  
 Здания и сооружения или их части, помещения которых согласно ПУЗ относятся к зонам классов В-I и В-II

**Показатели молниезащиты**

Число ударов молнии в год на 1 кв. км, n: 2.0

Ожидаемое кол-во поражений, N: 0.0123

Тип зоны молниезащиты: A Категория зоны молниезащиты: I

**Способ молниезащиты**

Одиночный стержневой молниеотвод  
 Двойной стержневой молниеотвод  
 Одиночный тросовый молниеотвод  
 Двойной тросовый молниеотвод

Размещение молниеотводов  
 Рядом на земле  На кровле

Расстояние до объекта, Lc: 3.84 м

Структурный Расчёт >> Выход

Рисунок 6.1 - Вікно програми Akula по розрахунку блискавковідводу № 1



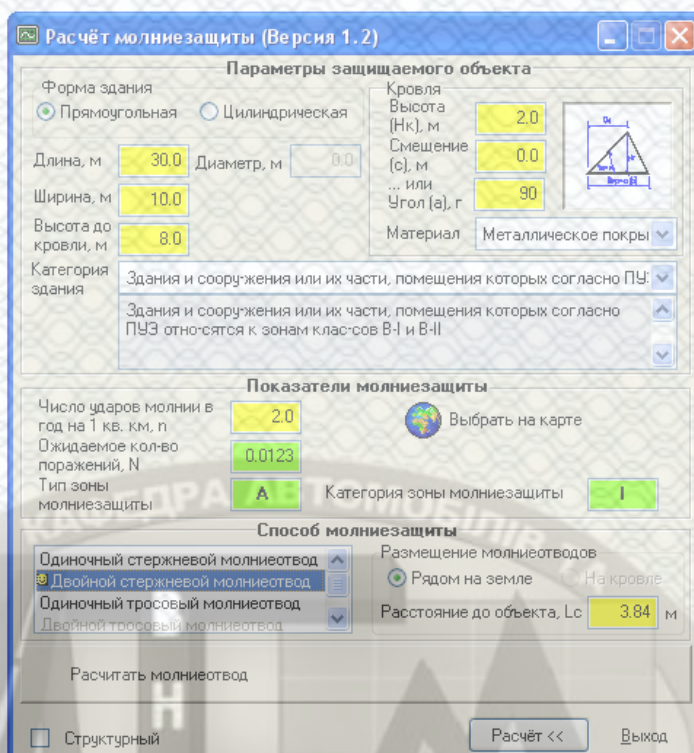


Рисунок 6.2 - Вікно програми Akula по розрахунку блискавковідводу № 2

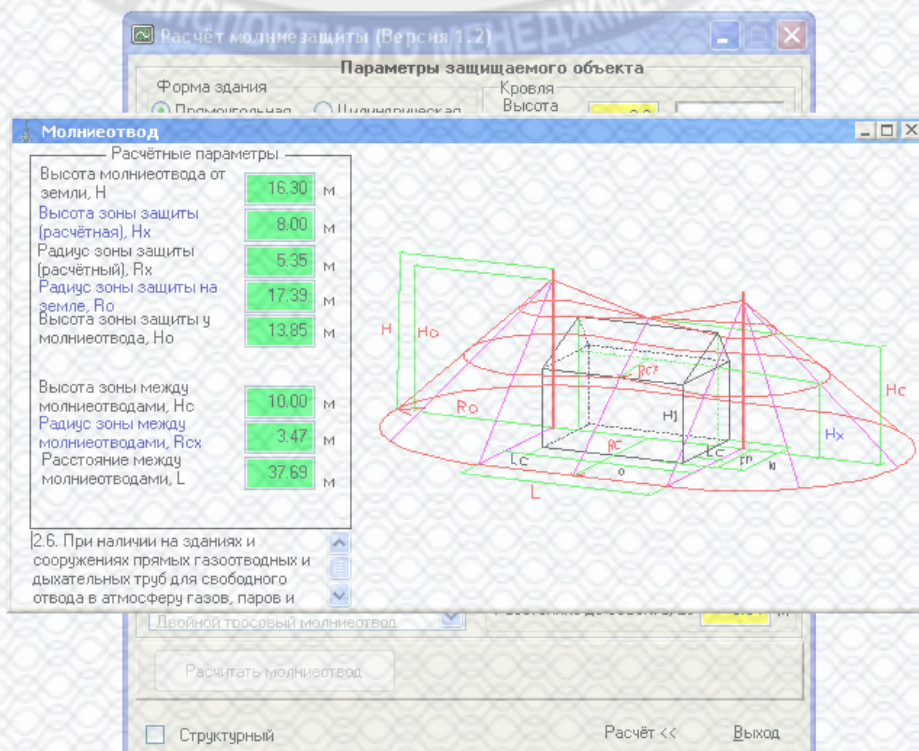


Рисунок 6.3 - Вікно програми Akula по розрахунку блискавковідводу № 3



## ВИСНОВОК

При вирішенні завдання створення системи науково-практичних інструментів і засобів, спрямованих на підвищення експлуатаційної ефективності ЕМБ отримані наступні наукові і практичні результати.

1. Розроблено, в рамках єдиного комплексу, рівняння руху, тягового, потужного і енергетичного балансів фаз циклічного руху ЕМБ в міському режимі, що забезпечує можливість для підвищення ефективності процесів проектування транспортних засобів на електричних технологіях виходячи з вимог зростання експлуатаційних характеристик .

2. Розроблено математичну модель бортового електросилового накопичувача енергії для ЕМБ. Модель адекватна для свинцевих, літій-іонних і нікель-метал-гідридних тягових акумуляторних батарей і може бути використана при визначенні масогабаритних показників як транспортного засобу в цілому, так і для вибору тягової акумуляторної батареї і силового електрообладнання. Відносна похибка апроксимації по моделі не перевищує 1,14%.

3. Вибрано необхідне технологічне обладнання та розроблено план робочого місця а також зроблено аналіз конструктивних, функціональних та експлуатаційних особливостей електромобіля Nissan Leaf.

4. Розраховано капітальні вкладення, матеріальні витрати та фонд оплати праці, а також розроблений розділ з охорони праці та розраховано блискавковідвід.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Електромобілі XIX віку [Електронний ресурс]:/ Master Service - Режим доступу:<https://steering.com.ua/blog/elektromobili-xix-veka-109/> (дата звернення 2.10.2020).
2. Електромобілі: історія завдовжки в століття [Електронний ресурс]:/Екологія життя/- Режим доступу:<https://eco-live.com.ua/content/blogs/elektromobili-istoriya-zavdovzhki-v-stolittya/> (дата звернення 2.10.2020).
3. Хегай Ю.А. Проблемы экологической обстановки на автомобильном транспорте в Российской Федерации // Теория и практика общественного развития. 2014. № 2. С. 386–388
4. Электромобили и автомобили с комбинированной энергоустановкой. Расчет скоростных характеристик: учеб. пособие / В.Е. Ютт, В.И. Строганов. – М.: МАДИ, 2016. – 108 с
5. Строганов В. И. Инновационные методы исследования качества и надежности электромобилей и автомобилей с гибридной силовой установкой : монография / В. И. Строганов, В. Н. Козловский. - М. : ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», - 2012.-228 с.
6. Опис Nissan Leaf (1 – покоління) [Електронний ресерс] : Режим доступу : <https://olmaks.ua/ru/nissan-leaf/> (10.10.2020)
- 7 Нова служба таксі ЕКО-ТАКСІ [Електронний ресурс]: Режим доступу : <https://www.vinnitsa.info/news/nova-sluzhba-taksi-eko-taksi-7737-u-vinnytsi.html>(дата звернення 10.10.2020)
8. Ефремов И. С. Системная оптимизация энергетических характеристик тягового привода электромобиля / И. С. Ефремов, Д. И. Гурьянов, С. Д. Усов // Тез. докл. всесоюз. научно-техн. конф. : Состояние и перспективы развития электрические технологии (Вторые Бенардосовские чтения). - Иваново : МЭИ, 1985.



9. Математичні моделі оптимального руху електромобілів з електроприводом постійного струму: монографія / В.А.Лобатюк, О.Б.Мокін, Б.І.Мокін/- Вінниця: ВНТУ, 2019.- 136.

10. Диланян Э. М. Определение оптимальных весовых соотношений в электро-мобиле / Э. М. Диланян, С. Г. Корюгян, А. А. Момджян, Ю. В. Агабабян // Электротехника. Сер. XII-Ереван - 1974. - Вып.1.

11. Дрожинкевич І.Б. Особливості проектування електромобіля/ І.Б. Дрожинкевич//Електротехніка. – 1981.-202с.

12. Дилалян Э. М. К выбору параметров оборудования аккумуляторных электромобилей / Э. М. Дилалян, В. С. Варпетян, А. А. Момджян, А. П. Тарасян // межвуз. сб. научн. тр. сер. XIII, Электротехника. - Ереван, 1979.

13. Електрохімічні генератори [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://msd.in.ua/elektroximichni-generatori-palivni-elementi-komirki/> (дата звернення 22.10.2020).

14. Обладнання для СТО і автосервісу [Електронний ресурс] : Режим доступу: <http://www.amtech.com.ua/ua/oborudovanie-sto/> (дата звернення 27.10.2020).

15. Кукурудзяк Ю.Ю. Дипломне проектування виробничих підрозділів підприємств автомобільного транспорту. Навчальний посібник МОН / Ю.Ю. Кукурудзяк, О.В. Рудь, Л.В. Кукурудзяк. - Вінниця: ПП «Едельвейс і К», 2010. - 336 с.

16. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів / О.А. Лудченко – Підручник. – Київ: Знання-Прес, 2003. – 511 с.

17. Nissan Leaf 2013 - Traction Motor System (TMS) [Електронний ресурс]: [/https://carmanuals2.com/nissan/leaf-2013-traction-motor-system-tms-47904/](https://carmanuals2.com/nissan/leaf-2013-traction-motor-system-tms-47904/) (дата звернення 17.10.2020)

18. Nissan Leaf 2013 - Система управління EV [Електронний ресурс]: Режим доступу : [/https://carmanuals2.com/nissan/leaf-2013-ev-control-system-section-evc-47872/](https://carmanuals2.com/nissan/leaf-2013-ev-control-system-section-evc-47872/) (дата звернення 10.11.2020).



19. Nissan Leaf 2013 - Система зарядки Vehicle (VC) [Електронний ресурс]: <https://carmanuals2.com/nissan/leaf-2013-vehicle-charging-system-vc-47905/> (дата звернення 15.10.2020)
20. Алексеєнко О.А Методичні рекомендації для виконання економічної частини до дипломного проекту /Алексеєнко О.А/- Вінниця -2019 -33с.
21. СН 1245-71. Санітарні норми проектування промислових підприємств – 1971 г.
22. СН 3223-85. Санітарні норми допустимих рівнів шуму.на робочому місці – 1985г.
23. Полянський С.А. Правила охорона праці на автомобільному транспорті/ Полянський С.А./ –Київ: Освіта 1997 – 370 с.
24. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці /Жидецький В.Ц./ – Львів: Афіша 2000 – 360 с.
- 25.Кобилянський О. В. Охорона праці при експлуатації електроустановок : [навч. посіб.] / О. В. Кобилянський. – Вінниця : ВДТУ, 2003.–125 с.5.





**ДОДАТКИ**



## Додаток Б

Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АТМ

д.т.н., проф. В.В. Біліченко

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ****на виконання магістерської кваліфікаційної роботи**на тему: Підвищення експлуатаційних характеристик автомобіля Nissan Leaf службитаксі «Еко – таксі» м. Вінниця08-29.МКР.024.00.000.ТЗНауковий керівник: д.т.н, професор кафедри АТМ  
наук. ступінь, вчене звання (посада)Біліченко В.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)Студент групи 1АТ-19м  
назва групиСалата В.Г.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Вінниця 2020 р.



## **1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)**

наказ № 214 по ВНТУ від «25» вересня 2020 р. про затвердження теми МКР.

## **2. Мета і призначення магістерської кваліфікаційної роботи**

Магістерська кваліфікаційна роботи призначена для вирішення питань підвищення експлуатаційних характеристик електромобіля Nissan Leaf.

**Мета роботи:** створення системи науково-практичних інструментів і засобів, спрямованих на підвищення експлуатаційних характеристик ЕМБ.

**Для виконання МКР необхідно розв'язати такі задачі:**

- Аналіз основних проблем і визначення тенденцій проектно-технологічного розвитку електромобілів з урахуванням питань підвищення експлуатаційних характеристик.
- Формування комплексу математичної моделі що забезпечує систематизацію, в рамках єдиного комплексу, рівнянь руху, тягового, пугужного і енергетичного балансів фаз циклічного руху електромобіля в міському режимі;
- Розробка системи аналітичних інструментів і засобів моніторингу, прогнозування і забезпечення надійності комплексу електрообладнання, в рамках концепції підвищення експлуатаційних характеристик електромобіля.
- Вирішення питань охорони праці

## **3. Вихідні дані для написання магістерської кваліфікаційної роботи**

Вимоги до конструкції та експлуатації електромобілів (діючі міжнародні, державні, галузеві стандарти та технічні умови заводів виробників автомобільної техніки); законодавство України в галузі безпеки руху, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; район експлуатації автомобілів – Україна; досліджувані моделі АТЗ – електромобілі Nissan Leaf; об'єкт дослідження - комплекс електрообладнання електромобілів.

## **4. Виконавець МКР – Салата Владислав Григорович, ст. гр. 1АТ-19м.**



## 5. Вимоги до виконання МКР

В процесі виконання магістерської кваліфікаційної роботи потрібно – виконати аналіз основних проблем розвитку електромобілів з урахуванням питань підвищення експлуатаційних характеристик; сформувати комплекс математичної моделі балансів електромобіля в міському режимі; розглянути основні конструктивні особливості електромобіля Nissan Leaf; вирішити питання охорони праці.

## 6. Етапи МКР і терміни їх виконання

Етапи МКР	Зміст етапу	Термін виконання	Очікувані результати
1	2	3	4
Вибір напрямку дослідження	<ul style="list-style-type: none"> <li>Добір, вивчення та узагальнення наукової та статистичної інформації</li> <li>Розгляд можливих напрямів досліджень та їх оцінювання</li> <li>Вибір напрямку дослідження</li> <li>Обґрунтування прийнятого напрямку дослідження</li> <li>Розроблення, погодження і затвердження ТЗ на МКР</li> </ul>	29.09-04.10.2020	Розгорнутий план МКР
Основна частина роботи	<ul style="list-style-type: none"> <li>Концепції проектно-технологічного розвитку електромобілів</li> </ul>	08.10-14.10.2020	Розділ 1
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Моделювання основних енергетичних процесів у тягового електроприводу електромобілів</li> </ul>	15.10-28.10.2020	Розділ 2
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Математичне моделювання накопичувачів енергії</li> </ul>	29.10-8.10.2020	Розділ 3
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Методи, технології та обладнання підтримки працездатності електромобілів</li> </ul>	09.11-21.11.2020	Розділ 4
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Економічна ефективність розробок</li> </ul>	09.11-21.11.2020	Розділ 5
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</li> </ul>	02.11-21.11.2020	Розділ 6
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Складання висновків за результатами досліджень</li> </ul>	16.11-21.11.2020	Висновки МКР
Узагальнення результатів досліджень, підготовка до захисту роботи	<ul style="list-style-type: none"> <li>Узагальнення результатів теоретичних та аналітичних досліджень та написання доповіді на захист МКР</li> <li>Оформлення ілюстративного матеріалу, реферату, підготовка презентації МКР в редакторі Microsoft Office PowerPoint.</li> <li>Одержання відзиву наукового керівника та рецензії</li> </ul>	23.11-08.12.2020	Ілюстративний матеріал, презентація



## **7. Очікувані результати**

На основі одержаних наукових результатів отримати практичні рекомендації щодо вдосконалення комплексної системи підвищення експлуатаційних характеристик електромобіля Nissan Leaf служби таксі «Еко-таксі»

## **8. Матеріали, які подають після завершення написання МКР та її етапів**

Переплетена пояснювальна записка магістерської кваліфікаційної роботи; графічний матеріал; відгук керівника; рецензія зовнішнього рецензента.

## **9. Порядок приймання МКР та її етапів**

Результати магістерської кваліфікаційної роботи розглядаються на процентовках керівником роботи та завідувачем кафедри відповідно до етапів роботи та термінів їх виконання; проводиться попередній захист роботи та офіційний захист магістерської кваліфікаційної роботи.

Дата початку роботи – 28 вересня 2020 р.

Граничний термін закінчення робіт – 26 листопада 2020 р.



## Додаток Б

## «ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА»

Зміст роботи: Технологічний процес зарядки автомобіля Nissan Leaf

Зона (ділянка, пост) Зона ТО і ПР

Виконавці (к-сть, спеціальність, розряд) 1, слюсар-автоелектрик, 4-го розряду

Таблиця Б.1 – Технологічна карта

Назва операції чи переходу	Технологічне обладнання та інструмент	Технічні умови та вказівки
1	2	3
1. Встановити автомобіль на пост		Загальмувати стоянковим гальмом
2. Перевести перемикач живлення в положення OFF		
3. Потягнути ручку відкриття кришки порта зарядного пристрою		Ручка розташована під панеллю приладів зліва від керма
4. Натиснути на кришку порта зарядки і відкрити кришку		Кришка відкривається догори
5. Підключити роз'єм до порту зарядки	Кабель	При правильному підключенню роздається звуковий сигнал
6. Дочекатись закінчення зарядки		Потрібно приблизно 3-4 години для зарядки літій-іонного акумулятора
7. Натиснути кнопку на роз'ємі зарядного пристрою		Необхідно для звільнення замка між зарядним роз'ємом та портом зарядки
8. Закрити кришку порта зарядного пристрою		
9. Зняти автомобіль з поста		



## «ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА»

Зміст роботи: Технологічний процес діагностики системи динамічної стабілізації електродвигуна

Зона (ділянка, пост) Зона ТО і ПР

Виконавці (к-сть, спеціальність, розряд) 1, слюсар-автоелектрик, 4-го розряду

Таблиця Б.2 – Технологічна карта

Назва операції чи переходу	Технологічне обладнання та інструмент	Технічні умови та вказівки
1	2	3
1.Встановити автомобіль на пост		Загальмувати стоянковим гальмом
2.Під'єднати діагностичний пристрій до роз'єму OBD II	Діагностичний сканер	Кришка тримається на пластмасових гачках і не потребує інструменту для відкриття
3.Під'єднати діагностичний пристрій до ПК через USB адаптер	Персональний комп'ютер	Після підключення комп'ютер повинен повідомити про знахідку нового обладнання
4. На діагностичному комп'ютері відкрити програму діагностики		На ліцензованих програмах необхідно мати доступ до Інтернету.
5.Увімкнути запалювання на автомобілі		Необхідно дочекатись коли у вікні програми з'явиться команда увімкнути
6.Виконати перевірку блока ЕБУ на наявність DTC кодів		Вибрати відповідний пункт у меню програми
7. Стерти зареєстровані коди DTC		Необхідно для усунення випадкових кодів
8. Ввімкнути двигун		
9.Вимкнути запалення		
10. Повтор виконати перевірку блока ЕБУ на наявність DTC кодів		У разі повторення помилки необхідно провести перевірку на справність вузол



## Продовження технологічної карти

1	2	3
11. Усунути виявлені несправності і повторити процес зчитування помилок		
12. Упевнитись у відсутності помилок		
13. Від'єднати діагностичний комп'ютер від входу OBD II		
14. Зняти автомобіль з поста		

