

# ВИПУСКНА РОБОТА БАКАЛАВРА

ТЕМА:

*«Аналіз сучасних теоретичних відомостей та порівняльне узагальнення основних експлуатаційних показників стартерних акумуляторних батарей»*

спеціальність: *274 «Автомобільний транспорт».*

*Виконав* \_\_\_\_\_ */І.С. Біденко/*

*Керівник роботи* \_\_\_\_\_ */А.В. Веснін/*

## ЗМІСТ РОБОТИ

ВСТУП ТА ФОРМУВАННЯ ЗАГАЛЬНОЇ МЕТИ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ.....	4
2. УЗАГАЛЬНЕННЯ ПРИЗНАЧЕННЯ, ВИМОГ, ПРИНЦИПУ РОБОТИ ТА ЗАГАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАРТЕРНИХ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ .....	8
2.1. Загальне призначення акумуляторних батарей .....	8
2.2. Основні вимоги до стартерних акумуляторних батарей .....	10
2.3. Загальний принцип роботи свинцевих акумуляторів.....	12
2.4. Аналіз фізичних характеристик акумуляторних батарей .....	14
2.4.1. Електрорушійна сила .....	14
2.4.2. Напруга .....	15
2.4.3. Внутрішній опір .....	17
2.4.4. Вольт-амперні характеристики. Потужність .....	17
2.4.5. Ємність акумуляторних батарей .....	19
2.4.6. Енергія .....	20
2.4.7. Саморозряд акумуляторних батарей .....	21
2.5. Висновки стосовно розглянутого матеріалу.....	22
3. УЗАГАЛЬНЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЙ І ХАРАКТЕРИСТИК ПІДДОСЛІДНОЇ ГРУПИ АКУМУЛЯТОРІВ .....	23
3.1. Відмінності конструкцій і їх вплив на загальні характеристики .....	23
3.2. Обзор групи об'єктів АКБ для проведення випробувань та тестувань .	27
3.2. Висновки щодо наведеної інформації.....	31
4. ФОРМУВАННЯ СПРОЩЕНОЇ МЕТОДИКИ ТА ЗДІЙСНЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ.....	33
4.1. Перевірка акумуляторних батарей, методика тестування .....	33
4.2. Спрощена методика проведення натурних випробувань обраних АКБ	34
4.3. Опис процесу випробувань та систематизація одержаних результатів	35
4.4. Висновки стосовно проведених натурних випробувань .....	41

5. СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ОСНОВНИХ ВИМОГ ВІДНОСНО ЩОДО СТВОРЕННЯ НОРМАТИВНИХ УМОВ ПРАЦІ У ДОСЛІДНИХ ЛАБОРАТОРІЯХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ .....	42
5.1. Загальні положення .....	42
5.2. Небезпечні й шкідливі фактори, що впливають на студентів й працівників у лабораторіях.....	43
5.2.1. Фізичні фактори .....	43
5.2.2. Хімічні фактори.....	45
5.2.3. Біологічні фактори .....	46
5.2.4. Психофізіологічні фактори .....	46
5.3. Заходи з охорони праці в дослідницькій лабораторії.....	47
5.3.1. Загальні вимоги безпеки. ....	47
5.3.2. Вимоги безпеки перед початком роботи.....	47
5.3.3. Вимоги безпеки під час роботи. ....	47
5.3.4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях .....	48
5.3.5. Вимоги безпеки по закінченні робіт.....	48
5.3.6. Інструкція з техніці безпеки та протипожежних заходів .....	48
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ ТА СФОРМОВАНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ .....	50
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА ТА ІНТЕРНЕТ ПОСИЛАННЯ.....	53

## ВСТУП ТА ФОРМУВАННЯ ЗАГАЛЬНОЇ МЕТИ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

Більшість сучасних автовласників сприймають акумуляторну батарею як "чорний ящик", що забезпечує необхідну електроенергію для запуску двигуна. Однак, рідко хто замислюється про те, як цей "чорний ящик" влаштований і функціонує. Тільки коли замість звичного запуску двигуна чуються дивні звуки, а індикатори на панелі приладів гаснуть, водій починає думати про можливу заміну батареї. Часто можна передбачити цей результат: навіть якщо напруга акумулятора і щільність електроліту в нормі, генератор справний, і немає механічних пошкоджень, через деякий час батарея все одно не забезпечує потрібних для стартера показників. І більшості виникає питання - чому?

Експлуатація автомобіля в умовах сучасного мегаполісу часто негативно впливає на стан акумулятора. Холодний ранковий запуск, рух у пробках з постійно увімкненими додатковими споживачами енергії (фари, склоочисники, підігріви), не дозволяють акумулятору заряджатися повністю. Увечері ця ситуація повторюється, і акумулятор отримує менше енергії, ніж віддає, що призводить до його систематичного недозаряду. Свинцевий акумулятор на морозі дуже повільно приймає заряд, що лише погіршує ситуацію. Автомобілі з зовнішнім розташуванням акумулятора взимку мають ще більше проблем, оскільки батарея не отримує тепла від двигуна і потребує періодичного зняття та підзарядки.

Таким чином, експлуатація стартерних акумуляторних батарей в умовах сучасних мегаполісів є особливо важкою для підтримання позитивного або хоча б нульового енергетичного балансу. Зважаючи на статистику відмов, можна зробити висновок, що стартерна акумуляторна батарея є найменш надійним та довговічним компонентом серед усіх електротехнічних пристроїв сучасного автомобіля.

Не є секретом, що термін служби стартерних акумуляторних батарей залежить від характеру поїздок, погодних умов і стану електрообладнання автомобіля, але в середньому він складає 4-6 років. Коли настає час заміни акумулятора, виникає питання про переваги різних моделей та вигоди від використання сучасних акумуляторів у автомобілях середнього цінового сегмента.

На сьогодні більшість масових автомобілів оснащуються свинцево-кислотними акумуляторними батареями з рідким електролітом. Автомобілі з системами "старт-стоп" використовують дорожчі батареї типу "EFB" або "AGM", а гібридні автомобілі для запуску двигуна також застосовують "AGM-батареї". У електромобілях, які все ще є екзотикою, використовуються літій-іонні джерела електроенергії.

Більшість виробників сучасних акумуляторів стверджують, що їх розробки забезпечують більш якісну експлуатацію та триваліший ресурс, тому немає потреби використовувати застарілі конструкції. Вибір акумулятора з модельного ряду можливий для будь-якого автомобіля.

З зазначеного впливає й актуальність роботи, яку спрощено можливо описати таким образом - проведення порівняльного теоретичного аналізу експлуатаційних характеристик класичних та перспективних конструкцій акумуляторів для визначення їх переваг та недоліків, а також доцільності їх застосування у масових автомобілях низького та середнього цінового сегменту. До того ж, можливість чіткого розуміння новітніх тенденцій та обсягів перспективних розробок, спрямованих на підвищення якості та ефективності експлуатації автомобільної техніки, є важливою компетенцією для майбутнього фахівця з автомобільного транспорту.

Для досягнення цієї мети необхідно розглянути та узагальнити наступні питання:

1. Проаналізувати призначення, принцип роботи, основні вимоги та загальні характеристики акумуляторних батарей, що використовуються в системах електростартерного пуску автотранспортних засобів.

2. Сформувати групу акумуляторних батарей класичних та перспективних конструкцій, доступних на ринку України, для проведення комплексу порівняльних теоретичних та лабораторних випробувань.

3. Сформувати спрощену методику проведення порівняльного аналізу для визначення основних характеристик та встановлення доцільності використання певного типу акумуляторів на масових автомобілях.

4. Провести комплекс лабораторних випробувань зразків акумуляторних батарей та впорядкувати отримані результати.

5. Сформувати загальні рекомендації щодо використання та вибору джерела електричного струму для масових автомобілів низького та середнього цінового діапазону.

Об'єктом теоретичного аналізу даної роботи є процес зміни розрядних характеристик та енергетичних залежностей стартерних акумуляторних батарей різних конструкцій під час моделювання експлуатаційних режимів роботи. Відповідно предметом для аналізу виступають сучасні свинцево-кислотні акумуляторні батареї з рідким електролітом різних конструкцій.

Для проведення лабораторних випробувань було сформовано вибірку стартерних акумуляторних батарей різних конструкцій, призначених для роботи в системі електростартерного пуску сучасних автомобілів, які є у вільному продажі на українському ринку запчастин. Вибірка включала шість зразків батарей від шести виробників: дві батареї класичної конструкції, одну необслуговувану класичну батарею, а також три батареї типів "EFB", "AGM", та "AGM TPPL", що є сучасними з підвищеним ресурсом та не потребують обслуговування.

Отримані результати роботи полягають у наступному

- доведено необхідність проведення періодичних випробувань для порівняння основних характеристик та загальної якості стартерних акумуляторних батарей, що використовуються в системі електростартерного пуску автотранспортної техніки.

- встановлено залежності зміни розрядних характеристик акумуляторних батарей різних конструкцій від сили розрядного струму.
- обґрунтовано доцільність використання певного типу конструкції акумуляторів для масових та недорогих автомобілів залежно від отриманих характеристик та якісних показників при моделюванні експлуатаційних режимів роботи акумуляторних батарей.
- проведено порівняльний аналіз досліджуваних зразків стартерних акумуляторних батарей, виявлено їхні переваги та недоліки залежно від типу конструкції.
- розроблено та сформовано комплекс загальних рекомендацій щодо використання та вибору типу конструкції акумуляторних батарей для масових автомобілів низького та середнього цінового сегменту.

## 2. УЗАГАЛЬНЕННЯ ПРИЗНАЧЕННЯ, ВИМОГ, ПРИНЦИПУ РОБОТИ ТА ЗАГАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАРТЕРНИХ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ

### 2.1. Загальне призначення акумуляторних батарей

Класична автомобільна акумуляторна батарея призначена в першу чергу для живлення стартера при запуску двигуна внутрішнього згорання, а також для живлення інших споживачів електроенергії у транспортному засобі при непрацюючому генераторі або недостатній його потужності. Автомобільна акумуляторна батарея – це багаторазово заряджуване хімічне джерело електричного струму, що складається з шести окремих кислотно-свинцевих акумуляторів, з'єднаних і скомпонованих у єдиний моноблок. Завдяки паралельній роботі з генератором, батарея запобігає можливим перевантаженням генератора та значним стрибкам напруги у всій електросистемі автомобіля. У разі відмови регулятора напруги або його неправильної роботи, стартерний акумулятор згладжує пульсації напруги генератора. Він також забезпечує живлення всіх споживачів у аварійному режимі при виході з ладу генератора та дозволяє продовжити рух автомобіля завдяки резервній ємності. Крім того, акумуляторна батарея є частиною не тільки системи електростартерного пуску, але й усіх інших систем електричного та електронного обладнання автомобіля [3, 17, 21] рис. 2.1.

Найбільшим споживачем електроенергії акумуляторної батареї є електричний стартер, тому показники акумуляторної батареї повинні відповідати потужності стартера, з яким вона працює.

Після віддачі електроенергії для запуску двигуна та живлення інших споживачів, акумуляторна батарея заряджається від генератора. Часті цикли розряду і заряду (циклування) є найбільш характерною особливістю роботи стартерних батарей на автомобілях.

Стартерні акумуляторні батареї, після запуску двигуна автомобіля, працюють у режимі підзарядки та розроблені таким чином, щоб



забезпечувати достатню потужність лише в короткочасному – стартерному режимі розряду. Однак нині існує значний сегмент автотранспортної техніки, обладнаної електрообладнанням з підвищеним енергоспоживанням. На таких автомобілях акумуляторні батареї піддаються тривалим розрядам великими струмами. Ці батареї належать до нового покоління автомобільних акумуляторів і здатні витримувати значні глибокі розряди.



Рис. 2.1. Загальний вигляд сучасного автомобільного акумулятора.

Термін служби та загальна надійність будь-якої стартерної акумуляторної батареї залежать від технічного рівня її конструкції та умов експлуатації на конкретному автомобілі.

Умови роботи акумуляторної батареї залежать від її типу, кліматичної зони експлуатації транспортного засобу, а також від місця встановлення батареї на автомобілі. Режими експлуатації акумуляторної батареї характеризуються температурою електроліту, рівнем вібрації та тряски, періодичністю, обсягом і якістю проведеного технічного обслуговування. Важливими факторами також є параметри стартерного розряду, сила струму та тривалість розряду й заряду під час циклування, інтервали між роботою та перервами в експлуатації, а також загальний рівень надійності та справності всього електрообладнання конкретного автомобіля.

На термін служби стартерних акумуляторних батарей значно впливають відповідність характеристик генераторної установки, акумуляторної батареї та споживачів електроенергії, інтенсивність і регулярність експлуатації конкретного автомобіля (середньодобовий пробіг), а також температурні умови експлуатації (кліматичний район, пора року та доби) і призначення транспортного засобу.

## 2.2. Основні вимоги до стартерних акумуляторних батарей

Оскільки основним режимом роботи автомобільних акумуляторів є живлення електростартера, їх виділяють в особливий клас, відомий як стартерні акумуляторні батареї. Завдяки високій електрорушійній силі та низькому внутрішньому опору, стартерні свинцеві акумуляторні батареї широко застосовуються на автотранспортних засобах.

Зважаючи на складні умови експлуатації автомобільних акумуляторних батарей, до них пред'являється ряд обов'язкових вимог, виконання яких забезпечує високу експлуатаційну надійність. До цих вимог належать:

- висока механічна міцність.
- працездатність у широкому діапазоні зовнішніх температур та розрядних струмів.
- низький внутрішній опір.
- низькі втрати енергії при тривалій бездіяльності (малий саморозряд).
- встановлена ємність при заданих габаритних розмірах і масі.
- достатній термін служби та незначні витрати праці при технічному обслуговуванні.

Стартерні батареї будь-якої конструкції повинні мати запас енергії, достатній для надійного запуску двигуна внутрішнього згоряння в умовах низьких температур. Вони також повинні забезпечувати нетривале живлення споживачів у випадку аварійних режимів роботи генераторної установки або її виходу з ладу.

Стартерні акумуляторні батареї повинні витримувати випробування на герметичність на виводах і стиках. Матеріали герметизації повинні бути стійкими до температур у межах від -40 до 160 °С, а пластикові зварені шви – від -50 до 60 °С. Однак, акумуляторні батареї з решітками електродів зі свинцево-сурм'янистих сплавів не допускають повної герметичності, оскільки при їх роботі (заряді та розряді) виділяються гази, тому необхідно забезпечити сполучення внутрішніх порожнин з навколишнім середовищем.

Вимоги до температурних обмежень такі: сучасні стартерні акумуляторні батареї будь-якої конструкції повинні зберігати працездатність при температурах від -50 до 60 °С, при цьому температура електроліту всередині акумулятора не повинна перевищувати 50 °С.

Сучасні акумуляторні батареї будь-якої конструкції повинні бути достатньо вібростійкими. Вони повинні витримувати короткочасне випробування з прискоренням 5g при частоті до 30 Гц та видавати встановлені характеристики. Вібраційне навантаження для площини встановлення батареї на автомобілі не повинно перевищувати 1,5g (14,7 м/с<sup>2</sup>) у діапазоні частот до 60 Гц.

Важливою вимогою до стартерних акумуляторних батарей є мінімальний внутрішній опір та мінімальне внутрішнє падіння напруги при великих розрядних струмах у стартерному режимі роботи. Батареї повинні витримувати короткочасні стартерні розряди великими струмами без руйнування пластин і зміни характеристик експлуатації.

Після проведення комплексу випробувань піддослідні зразки батарей повинні зберігати нормовану тривалість стартерного розряду та не мати пошкоджених деталей і витікань електроліту на поверхню.

Технічне обслуговування будь-якої за конструкцією батареї повинно бути мінімальним за обсягом, не вимагати високої кваліфікації персоналу та спеціальних інструментів. Строки напрацювань стартерних акумуляторних батарей мають збігатися з міжремонтними інтервалами транспортних засобів.

### 2.3. Загальний принцип роботи свинцевих акумуляторів

Як зазначалося раніше, свинцеві акумулятори є вторинними хімічними джерелами струму, які теоретично можуть використовуватися безкінечно. Активні матеріали, витрачені в процесі розряду, повинні повністю відновлюватися під час заряду. Однак у реальності будь-який акумулятор має обмежений термін служби, після якого його характеристики погіршуються і він вже не може задовольняти вимоги для стартерної роботи. Тому важливо проаналізувати загальні принципи роботи свинцевих акумуляторів та фактори, що впливають на їх термін служби.

Будь-яке хімічне джерело струму складається з певної сукупності реагентів (окислювача та відновлювача) та електроліту. Відновлювач (негативний електрод) у процесі струмовіддаючої реакції віддає електрони і окислюється, а окислювач (позитивний електрод) відновлюється. У свинцевому акумуляторі електролітом є водний розчин сірчаної кислоти ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), який має високу іонну і низьку електронну провідність.

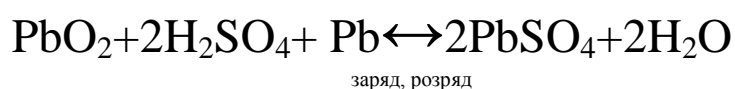
У струмовідтворюючих процесах свинцевого акумулятора беруть участь двоокис свинцю ( $\text{PbO}_2$ ) як окислювач позитивного електрода та губчатий свинець ( $\text{Pb}$ ) як відновлювач негативного електрода у розчині електроліту. Хімічно активні речовини позитивного та негативного електродів мають пористу структуру, яка проводить електрони. Діаметр пор у двоокису свинцю складає 1,2-1,5 мкм, а у губчатого свинцю – 5-10 мкм, при цьому об'ємна пористість активних речовин у зарядженому стані досягає 50%.

Частина сірчаної кислоти в електроліті дисоціює на позитивні іони водню ( $\text{H}^+$ ) та негативні іони сульфату ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). При розряді акумулятора губчатий свинець електродів віддає до електроліту позитивні іони свинцю ( $\text{Pb}^{2+}$ ). Надлишкові електрони негативного електрода переміщуються до позитивного електрода по зовнішньому ланцюгу, де відновлюють іони свинцю ( $\text{Pb}^{4+}$ ) до двовалентного свинцю ( $\text{Pb}^{2+}$ ). Позитивні іони свинцю ( $\text{Pb}^{2+}$ )

з'єднуються з негативними іонами сульфату ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), утворюючи на обох електродах сульфат свинцю ( $\text{PbSO}_4$ ).

Під час заряду акумулятора електрони рухаються до негативного електрода, нейтралізуючи іони свинцю ( $\text{Pb}^{2+}$ ), що призводить до утворення губчатого свинцю ( $\text{Pb}$ ). Водночас на позитивному електроді іони свинцю ( $\text{Pb}^{2+}$ ) віддають електрони та окислюються до іонів свинцю ( $\text{Pb}^{4+}$ ), які з'єднуються з іонами кисню, утворюючи двоокис свинцю ( $\text{PbO}_2$ ).

Загальна хімічна реакція роботи свинцевого акумулятора з виділенням та накопиченням енергії виглядає так:



Цікаво зазначити, що з наведеної формули видно: вміст сірчаної кислоти в рідкому електроліті та загальна щільність електроліту зменшуються під час розряду і збільшуються під час заряду. Тому, встановивши щільність електроліту, можна точно визначити ступінь розрядженості будь-якого свинцевого акумулятора за допомогою такої формули:

$$\Delta C_p = \frac{100(\rho_z - \rho_{25})}{\rho_z - \rho_p}$$

в приведений залежності  $\Delta C_p$  - ступінь розрядженості акумулятора, яка підраховується у відсотках%;  $\rho_z$  і  $\rho_p$  - щільність рідкого електроліту у повністю зарядженої та відповідно повністю розрядженої акумуляторній батареї при температурі  $25^\circ\text{C}$ ,  $\text{г/см}^2$ ;  $\rho_{25}$  - виміряна та приведена до температури  $25^\circ\text{C}$  щільність електроліту,  $\text{г/см}^3$ .

Витрата кислоти в електроліті на позитивних електродах зазвичай більша, ніж на негативних. Якщо врахувати кількість води, яка утворюється на позитивних електродах, то кількість кислоти, необхідної для розряду, буде майже в 1,6 рази більше, ніж для негативних електродів за тих же умов. Тому під час розряду акумулятора об'єм електроліту дещо збільшується, а під час

заряду відповідно зменшується (приблизно на  $1 \text{ см}^3$  на  $1 \text{ А} \cdot \text{год}$ ). Для розряду акумулятора на  $1 \text{ А} \cdot \text{год}$  номінальної електричної ємності зазвичай витрачається:  $3,86 \text{ г}$  свинцю,  $4,44 \text{ г}$  двоокису свинцю та  $3,67 \text{ г}$  сірчаної кислоти в рідкому електроліті. Відповідно, під час заряду витрачається  $0,672 \text{ г}$  води та майже  $11,6 \text{ г}$  сульфату свинцю.

## 2.4. Аналіз фізичних характеристик акумуляторних батарей

### 2.4.1. Електрорушійна сила

Електрорушійна сила (ЕРС) акумулятора визначається як різниця електродних потенціалів, виміряна при розімкненому зовнішньому ланцюзі. У цьому стані електродний потенціал складається з рівноважного електродного потенціалу та потенціалу поляризації. Рівноважний електродний потенціал характеризує стан електрода за відсутності перехідних процесів в електрохімічній системі. Поляризаційний потенціал, навпаки, визначається як різниця між потенціалом електрода під час заряду, розряду та у разі розімкненого кола.

Поляризація електродів зберігається в акумуляторі навіть за відсутності струму після відключення навантаження від зарядного пристрою. Це явище пов'язане з дифузійним процесом, який вирівнює концентрацію електроліту в порах електродів і внутрішніх порожнинах акумулятора. Оскільки швидкість дифузії низька, перехідні процеси можуть тривати від кількох годин до доби і більше, залежно від температури електроліту. Тому розрізняють рівноважну та нерівноважну електрорушійну силу акумулятора.

Рівноважна ЕРС свинцевого акумулятора залежить від хімічних і фізичних властивостей активних речовин та концентрації іонів у рідкому електроліті. Величина ЕРС безпосередньо залежить від щільності електроліту  $\rho$ , в меншій мірі, від температури. Зміна ЕРС при зміні температури електроліту становить менше  $3\text{-}4 \text{ В/град}$ . Залежність ЕРС від щільності електроліту в діапазоні  $1,05\text{-}1,30 \text{ г/см}^3$  можна виразити так:

$$E = 0,84 + \rho$$

де  $E$  - шукана електрорушійна сила акумулятора, В;  $\rho$  - приведена до температури  $5^{\circ}\text{C}$  щільність електроліту,  $\text{г/см}^3$ .

ЕРС фактично не залежить від кількості активних матеріалів в акумуляторі та від геометричних розмірів електродів. Натомість, ЕРС акумуляторної батареї значно збільшується пропорційно числу послідовно з'єднаних акумуляторів у батареї.

Варто зазначити, що при перебуванні акумулятора в стані спокою щільність в порах електродів і в моноблоці однакова. Це називається електрорушійною силою спокою. Однак, при поляризації пластин змінюється концентрація електроліту в порах електродів відносно концентрації електроліту в моноблоці. Тому ЕРС під час розряду менша, а під час заряду більша, ніж ЕРС спокою. Підсумовуючи, можна зазначити, що головною причиною зміни ЕРС під час розряду або заряду акумулятора є зміна щільності електроліту, який бере участь у електрохімічних процесах.

#### 2.4.2. Напруга

Напруга акумуляторної батареї відрізняється від її електрорушійної сили (ЕРС) на величину падіння напруги у внутрішньому електричному ланцюзі під час проходження зарядного або розрядного струму. При розряді напруга на виходах акумулятора менша за ЕРС, а при заряді — більша.

Залежність розрядної напруги можна виразити так:

$$U_p = E - I_p * r = E - E_n - I_p * r_o$$

у наведеній залежності -  $E_n$  - електрорушійна сила поляризації, В;  $I_p$  - сила розрядного струму, А;  $r$  - повний внутрішній опір акумулятора, Ом;  $r_o$  - омичний опір акумулятора, Ом.

Залежність зарядної напруги виглядає так:

$$U_z = E + I_p * r = E + E_n + I_z * r_o$$

у представленій залежності де  $I_3$  - сила зарядного струму, що знаходиться до акумулятора А.

При постійній силі розрядного струму в одиницю часу витрачається певна кількість активних матеріалів, що зменшує щільність рідкого електроліту за прямою залежністю. Відповідно, зменшення щільності електроліту пропорційно знижує ЕРС, а отже, й напругу акумулятора. До кінця розряду сірчаноокислий свинець закриває пори активної речовини електродів, перешкоджаючи надходженню електроліту з вільного об'єму акумулятора і збільшуючи електричний опір електродів.

Після відключення розрядного навантаження напруга акумулятора підвищується до рівня ЕРС, що відповідає щільності електроліту в порах електродів. Згодом, після деякого часу, ЕРС збільшується в міру вирівнювання концентрації електроліту в порах електродів та вільному об'ємі акумулятора завдяки дифузії. Це явище підвищення щільності електроліту в порах електродів під час нетривалого відпочинку після розряду використовується для запуску двигуна. Рекомендується робити повторні стартерні включення через 1-1,5 хвилини, оскільки саме за цей час відбувається підвищення щільності електроліту в порах активної маси. Вважається, що короткочасний і переривчастий розряд позитивно впливає на використання глибинних шарів активних речовин електродів.

При заряді напруга на виходах акумулятора збільшується завдяки внутрішньому падінню напруги та підвищенню ЕРС через підвищення щільності електроліту в порах електродів. Активні речовини електродів починають відновлюватися при напрузі близько 2,3 В. Зарядна енергія, що підводиться до акумулятора, йде на розкладання води на водень і кисень, які виділяються у вигляді газових пухирців. Цей процес називається газовиділенням і нагадує кипіння рідини. Не слід допускати бурхливого газовиділення, краще зменшити його шляхом зниження зарядного струму



наприкінці заряду. Ознаками завершення заряду є встановлена та незмінна напруга і рясне газовиділення.

Після завершення заряду і відключення акумулятора від зарядного пристрою напруга падає до рівня ЕРС, яка відповідає щільності електроліту в порах, а потім знижується до тих пір, поки щільність електроліту в порах пластин і вільному об'ємі акумулятора не зрівняється.

#### *2.4.3. Внутрішній опір*

Під повним внутрішнім опором акумулятора розуміється опір, який виникає під час проходження постійного розрядного або зарядного струму через акумулятор:

$$r = r_o + \frac{E_{\Pi}}{I_p} = r_o + r_{\Pi}$$

де  $r_n$  - опір поляризації, який зменшує своє значення зі збільшенням сили струму і збільшує зі зниженням температури.

Омічний опір акумулятора представляє собою суму опорів електродів, електроліту, сепараторів, міжелементних перемичок та інших струмоведучих деталей.

У реальному житті опір заряджених стартерних акумуляторних батарей знаходиться у межах від декількох тисячних до декількох сотих часток ома. При збільшенні ємності акумуляторної батареї внутрішній опір зменшується. Під час розряду батареї на активній поверхні пластин утворюється сульфат свинцю через хімічні реакції, який є поганим провідником. Це призводить до зниження щільності рідкого електроліту з 1,22 до 1,30 г/см<sup>3</sup> до 1,06 до 1,14 г/см<sup>3</sup>. Тому внутрішній опір розряджених стартерних акумуляторних батарей вищий, ніж у заряджених.

#### *2.4.4. Вольт-амперні характеристики. Потужність*

Вольт-амперною характеристикою акумуляторної батареї (ВАХ) називається залежність напруги на контактних виводах батареї від сили діючого розрядного струму в певний момент часу після початку розряду. ВАХ мають нелінійну залежність через зміни опору поляризації під час розряду, але в межах стартерних струмів залишаються близькими до прямої. Це спрощує розрахунок електростартерних систем.

Усі характеристики електродвигуна стартера відповідають ВАХ акумуляторної батареї і контролюються відповідністю початкової розрядної напруги і сили струму короткого замикання. Рівняння ВАХ у такому випадку виглядає так:

$$U_{\delta} = U_{\text{нр}} - R_{\delta} I_p$$

у приведеній формулі  $U_{\delta}$  - напруга на силових виводах батареї, В;  $U_{\text{нр}}$  - початкова розрядна напруга, В;  $R_{\delta}$  - розрахунковий внутрішній опір батареї, Ом;  $I_p$  - сила розрядного струму батареї, А.

У режимі короткого замкнення, напруга на силових виводах акумулятора має значення  $U_{\delta} = 0$ , а сила струму  $I_{\text{кз}} = \frac{U_{\text{нр}}}{R_{\delta}}$ .

Спираючись на наведене стає можливим визначити потужність, яку протокує батарея у зовнішньому ланцюзі з навантаженням,

$$R_{\delta} = U_{\delta} I_p = U_{\text{нр}} I_p - R_{\delta} I_p^2$$

Максимальна потужність відбувається при рівності опорів зовнішнього та внутрішнього електричних ланцюгів батареї:

$$R_{\delta\text{т}} = \frac{U_{\text{нр}} I_{\text{кз}}}{4} = \frac{U_{\text{нр}}}{4 R_{\delta}}$$

ВАХ і потужнісні характеристики батарей значно залежать від температури рідкого електроліту, що впливає на загальну потужність батареї.

#### 2.4.5. Ємність акумуляторних батарей

Під час процесів розряду або заряду будь-яка акумуляторна батарея передає або отримує електричну енергію у вигляді струму до зовнішнього електричного ланцюга.

Зазвичай кількість енергії, яку батарея може передати при умові зберігання меж розряду, називається розрядною ємністю. Розрядна ємність безпосередньо залежить від кількості активних матеріалів у батареї та їх якості. У реальних стартерних акумуляторних батареях кількість активних матеріалів зазвичай перевищує теоретично необхідну у 2–3 рази. Однак використання повного обсягу активних матеріалів неможливе через збідніння електроліту та витрату активних речовин у вільних порожнинах.

Під час тривалого розряду свинцевої батареї у межах 20–50 годин використання активних матеріалів становить 50–60%, а при короткочасних розрядах лише 5–10%. Тому сучасна технологія виготовлення акумуляторів спрямована на збільшення електропровідності електроліту, підвищення пористості активних речовин та зменшення товщини електродів для підвищення використання активних матеріалів.

Остаточно наявну ємність акумулятора слід знаходити з використанням залежності:

$$C_t = 0,05C_{20}\tau_p$$

в приведений залежності  $C_t$  - ємність, що віддана акумулятором в межах допустимого розряду, Ач;  $\tau_p$ - загальна тривалість розряду до отримання значень кінцевої розрядної напруги батареї.

Знайдену у результаті лабораторних випробувань ємність необхідно привести до ємності при температурі 25 °С:

$$C_{25} = \frac{C_t}{1 + 0,01(t_{cp} - 25)}$$

де  $C_{25}$  – ємність батареї, приведена до температури 25 °С, Ач;  $t_{cp}$  - середня температура при проведенні повного циклу розряду, °С; 0,01 – встановлений

температурний коефіцієнт зміни ємності в інтервалі піддослідних температур від 18 до 27°C.

Для оцінки здатності батареї забезпечити живлення споживачів в автомобілі на випадок відмови генератора використовують показник "резервної ємності". Цей показник визначається часом розряду у хвилинах при піддослідній повністю зарядженій батареї при певній температурі рідкого електроліту. Також оцінюють характеристики стартерного розряду за допомогою струму "холодного прокручування", який є максимальним розрядним струмом при низьких температурах -18°C та -29°C. Ці параметри важливі для правильного вибору батареї та електродвигуна стартера автомобіля.

#### 2.4.6. Енергія

Енергія, яку може віддати стартерна акумуляторна батарея, розраховується як добуток її ємності та підведеної розрядної напруги. При збільшенні розрядного струму та зменшенні температури електроліту ємність та напруга падають, що призводить до швидшого зниження енергії батареї.

Для оцінки здатності батареї передавати енергію в процесі розряду використовуються коефіцієнти віддачі по ємності  $\eta_c$  та по енергії  $\eta_w$ :

$$\eta_c = \frac{C_p}{C_3}; \quad \eta_w = \frac{W_p}{W_3};$$

При номінальних параметрах розряду коефіцієнт віддачі по ємності зазвичай лежить у межах 0,84–0,96, а по енергії – 0,75–0,85. Значення коефіцієнта віддачі по ємності пов'язане з втратами на розкладання води та саморозрядом.

Також оцінюють технічний рівень акумуляторів за допомогою питомої матеріалоемності. Її зазвичай визначають розрахунковим шляхом, використовуючи залежність:

$$q_{20} = \frac{m_a 10^3}{C_{20} U_H}$$

у цієї залежності  $q_{20}$  - питома матеріалоемність при застосуванні двадцяти годинного режимі розряду, кг/(кВт\*год);  $m_a$  - маса свинцю й активних матеріалів згідно інформації наданої виробником, кг;  $C_{20}$  - номінальна ємність, А\*год;  $U_H$  - номінальна напруга, В.

#### *2.4.7. Саморозряд акумуляторних батарей*

Саморозряд акумуляторних батарей відбувається навіть у нових, заряджених і справних, коли вони залишаються бездіяльними. Це явище виникає через різні причини, такі як нечистота активних матеріалів електродів та нерівномірна щільність електроліту у батареї.

Електроди свинцевих батарей, коли вони не підключені до зовнішнього електричного кола, взаємодіють з водою, розкладаючи її на водень і кисень. Саморозряд найактивніший на негативних електродах, а на позитивних - через різницю потенціалів між матеріалами електродів та рідким електролітом.

Саморозряд виникає також внаслідок корозії позитивних електродів через проникнення сурми, що міститься у матеріалі електродів, у сірчану кислоту. Сурма прискорює корозію і сприяє виділенню водню.

Для збереження батарей важливо уникати прискореного саморозряду, який може виникнути через контакт з водою, електролітом або іншими рідинами. Регулярне обслуговування та догляд допоможуть у цьому.

Параметри саморозряду сильно залежать від температури електроліту, і при низьких температурах, особливо нижче нуля, саморозряд практично не спостерігається.

Для зниження саморозряду можна підвищити напругу виділення газів на електродах та використовувати чисті матеріали та високоякісні речовини при виробництві батарей. Також застосовуються інгібітори саморозряду, що допомагають зберегти заряд батарей протягом тривалого періоду

бездіяльності. Однак з часом, при експлуатації, інтенсивність саморозряду може збільшуватись, особливо перед кінцем терміну служби.

## 2.5. Висновки стосовно розглянутого матеріалу

Після аналізу представленої інформації та узагальнення її з загальними знаннями щодо експлуатації стартерних акумуляторних батарей, можемо зробити такі висновки. Незважаючи на те, що стартерна акумуляторна батарея є одним з найменш надійних та тривалих компонентів серед усіх електротехнічних пристроїв сучасного довговічного та ефективного автомобіля, вона все ж широко використовується у автомобільній промисловості та займає важливе місце серед накопичувачів енергії. Тому її будуть використовувати ще протягом багатьох років для забезпечення надійного запуску автомобільних двигунів.

На цій основі вважаємо доцільним проведення порівняльних тестів для акумуляторних батарей різних типів та конструкцій, включаючи класичні та сучасні варіанти з позначеннями «EFB», «VRLA», «AGM» та «TPPL».

### 3. УЗАГАЛЬНЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЙ І ХАРАКТЕРИСТИК ПІДДОСЛІДНОЇ ГРУПИ АКУМУЛЯТОРІВ

#### 3.1. Відмінності конструкцій і їх вплив на загальні характеристики

В останній час на ринку автомобільних запчастин в Україні з'явилися різні типи джерел електричної енергії з різними конструктивними характеристиками. Окрім традиційних акумуляторних батарей, які потребують обслуговування, і безобслуговуваних (із доступними або недоступними пробками), зараз доступні АГМ-акумулятори (з абсорбуючим скловолокном), ЕФВ-акумулятори (більш доступна альтернатива звичайним батареям, відмінність полягає лише в конструкції сепаратора), а також рідкі акумулятори АГМ TPPL (модифікація АГМ-акумуляторів з решітками з чистого свинцю без кальцію). Очікуваний термін служби цих батарей становить відповідно чотири-п'ять, п'ять-шість і від восьми до дванадцяти років. Додатково, завдяки новітнім технологіям, акумуляторні батареї можуть працювати в режимі "старт-стоп", що не рекомендується для звичайних електричних джерел. Також, їх саморозряд повинен бути значно нижче.

Для початку слід розібратися з аббревіатурами, що приховують властивості та відмінності конструкції батарей:

1. АГМ (або абсорбуюче скловолокно) - це конструкція та матеріал сепаратору у герметизованих свинцевих акумуляторах, яка дозволяє рекомбінувати гази, утворювані під час зарядки, та утримувати активну масу від випадання при інтенсивному використанні.

2. VRLA (або клапанно-регульовані свинцево-кислотні) - це конструкція з сепараторами АГМ, яка має за мету знизити випаровування води та уникнути надмірного газовиділення під час експлуатації.

Ці батареї є потенційними заміниками традиційних свинцевих стартерних акумуляторів, як показано на рисунку 3.1.



Рис. 3.1. Вигляд сучасної автомобільної стартерної акумуляторної батареї в якій використовуються технології AGM типу VRLA.

Батареї з аббревіатурою «TPPL» (тонкі пластини з чистого свинцю) - це ще одна варіація AGM-акумуляторів, де решітки електродів виготовляються з чистого свинцю без додаткових домішок кальцію.

Батареї з аббревіатурою «EFB» (покращена залишкова батарея) - фактично покращена версія звичайних батарей з рідким електролітом.

Таблиця 3.1 узагальнює основні характеристики свинцево-кислотних батарей різних типів, розглянутих у дослідженні.

У сучасних мегаполісах з короткими поїздками та постійним від'ємним балансом заряду, потрібне джерело живлення, яке не боїться глибоких розрядів і може швидко заряджатися. Раніше такі властивості мали лише AGM-акумулятори, проте їхнє поширення було обмежене через високу ціну.

Поява стартерних батарей на технології EFB вирішила проблему доступності. Ці батареї коштують трохи більше стандартних, але мають характеристики, близькі до AGM-батарей. Батареї на технології EFB відрізняються тим, що мають штамповані пластини, які захищаються спеціальним сепаратором, що дозволяє підтримувати активну масу електродів без випадання. Це робить їх стійкими до глибоких розрядів і



навантажень, забезпечує швидше заряджання і роботу в різних умовах (див. табл. 3.1).

Таблиця 3.1.

Електрохімічні системи сучасних стартерних АКБ найбільш поширених типів.

Характеристика	Свинцево-кислотні акумуляторні батареї			
	з рідким електролітом «звичайні»	з рідким електролітом тип «EFB»	тип «VRLA (AGM)»	«TPPL (AGM)»
Номинальна напруга одного акумулятора у батареї, В	2,0	2,0	2,0	2,0
Питома енергоємність, Вт год/кг	30-40	35-40	40-45	45-50
Діапазон робочих температур, °С	-40...+60	-40...+60	-40...+60	-40...+90
Внутрішній опір, мОм	10,0-15,0	8,5-10,0	4,2-6,0	2,0-3,0
Кількість циклів (50%)	150	200	450	650
Швидкість прийому заряду	низька	низька	середня	висока
Безпека експлуатації	виділяють газ, містять рідкий електроліт	виділяють газ, містять рідкий електроліт	висока	висока
Допустимий саморозряд за місяць, %	5	4	2	1
Періодичність контролю за станом батареї	кілько разів у рік	під час проведення ТО	під час проведення ТО	під час проведення ТО
Середній термін напрацювання, років	4-5	5-6	6-7	8-12
Застосування на транспорті	автомобілі економ та середнього класу	автомобілі середнього і преміум класів	автомобілі преміум класу, гібриди з системою «старт-стоп»	позашляховики, спецтехніка, шоу автомобілі

У реальних умовах експлуатації це відзначається подовженням терміну служби і можливістю швидкого відновлення до нормальних показників після інтенсивного використання, коли генератор відмовляє або система запалювання двигуна та бортові системи працюють виключно від батареї.

Крім цього, вони добре витримують пікові навантаження і майже не втрачають електроліт. Термін служби таких батарей удвічі довший, ніж у звичайних.

Стартерні акумуляторні батареї, виготовлені за технологією EFB, встановлюються на автомобілі з системою «старт-стоп». Крім того, ці акумулятори ідеально підходять для авто з потужними споживачами електроенергії, такими як передпускові підігрівники, лебідки, інвертори для зарядки гаджетів, додаткові світлові прилади і потужні акустичні системи.

Рекомендується встановлювати їх на ті автомобілі, які часто користуються у міському середовищі, де акумулятор часто піддається циклічним навантаженням, заряду та розряду, які безперервно чергуються.

Основні переваги акумуляторів з сучасними технологіями порівняно зі звичайними стартерними батареями:

- витримка циклів та подвійний ресурс (більше 240 циклів заряд/розряд, що вдвічі більше, ніж у звичайних).
- вищі пускові струми порівняно з тими, що містять кальцій в решітках електродів звичайні акумулятори.
- добра стійкість до глибокого розряду та корозії електродів при високих температурах.
- мінімальний час заряду акумулятора за рахунок покращених показників прийому заряду.
- робота у широкому діапазоні температур та збільшений гарантійний період до 4 років.

Показники акумуляторних батарей з сучасними технологіями вищі, ніж у звичайних, тому виникає питання про можливість та доцільність встановлення покращених джерел живлення на автомобілі без системи «старт-стоп» та відсутності потужних споживачів електроенергії. Тому ми вирішили перевірити, як довго ці нові батареї різних типів та цінних категорій зможуть підтримувати однакові струми навантаження. У нашому дослідженні ми будемо визначати реальну ємність, яка сильно залежить від

обсягу наданого батареями струму, щоб визначити, чи може дорога та технічно вдосконалена батарея якісно замінити класичне джерело електроенергії в автомобілі і значно збільшити термін експлуатації.

3.2. Обзор групи об'єктів АКБ для проведення випробувань та тестувань

У зв'язку з цим, для проведення комплексу досліджень було відібрано шість зразків батарей від шести виробників з аналогічними розмірами 278x175x191 мм та заявленими ампер-годинами. З них дві батареї мають класичну конструкцію, одна батарея також класична, але безперервне обслуговування не потрібне, а три інших мають маркування «EFB», «AGM» та «AGM TPPL», що означає вони є сучасними з підвищеним ресурсом і не вимагають будь-якого обслуговування.

Давайте поглянемо на цю вибірку більш детально:

1. Перший об'єкт дослідження - стартерна акумуляторна батарея 6СТ-70 «Медведь», зображена на рисунку 3.2. Ця батарея представляє собою джерело електроенергії класичної конструкції з цільною кришкою, що вимагає обслуговування. Вона має заявлену енергоємність 70 А\*год і заявлений струм 720 А. Відведення газів та контроль рівня електроліту здійснюється через заливні отвори з гвинтовими кришками. Стан акумуляторної батареї контролюється за допомогою контрольного ока. Для експлуатації вона вимагає проведення повного обслуговування.



Рис. 3.2. Типовий вигляд стартерної акумуляторної батареї 6СТ-70 «Медведь».

2. Батарея 6СТ-70L «Тумен» на рисунку 3.3 також є типовим джерелом електроенергії для електростартового запуску автомобілів. Конструктивно це є моноблок з цільною кришкою та заливними отворами. Газовиділення та контроль рівня електроліту здійснюються через заливні отвори з гвинтовими кришками. Батарея має оголошену енергетичну потужність у 70 А\*год та оголошений струм 590 А. Відсутнє контрольне вікно для оцінки стану батареї. При експлуатації ця батарея вимагає проведення повного комплексу обслуговування.

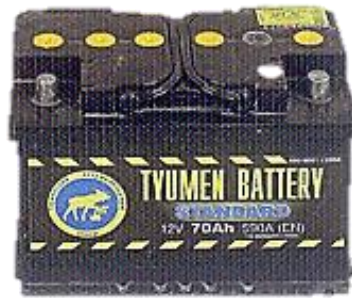


Рис. 3.3. Типовий вигляд автомобільної стартерної АКБ 6СТ-70L «Тумен».

3. Об'єкт дослідження - стартерна акумуляторна батарея 6СТ-64 «Medalist SMF 57412» на рисунку 3.4 - представляє собою покращену конструкцію з використанням сепараторів-конвертів та не потребує обслуговування. Ця батарея має оголошену енергетичну потужність у 74 А\*год та оголошений струм 640 А. Газовиділення здійснюється через спеціальний лабіринтовий канал у кришці акумулятора. Контроль рівня електроліту та загального стану батареї відбувається через встановлене контрольне вікно. При експлуатації ця батарея не вимагає повного переліку обслуговування. Обслуговування обмежується очищенням контактів та зовнішнім очищенням.

4. На рисунку 3.5 показана батарея 6СТ-76 з назвою «MOLL EFB 82070». Ця батарея представляє собою джерело електроенергії, яке відрізняється від попередніх конструкцією сепаратора та використанням вище якісних матеріалів при виготовленні. Вона має непрозорий полімерний

моноблок з цільною кришкою та позиціонується як батарея, яка не потребує обслуговування. Акумулятор має оголошену енергетичну потужність у 70 А\*год та оголошений пусковий струм у 760 А. Газовиділення здійснюється через спеціальний лабіринтовий канал у кришці акумулятора. Контрольного вікна для оцінки технічного стану батареї немає. При експлуатації ця батарея не вимагає повного переліку обслуговування.



Рис. 3.4. Типовий вигляд автомобільної стартерної АКБ 6СТ-76 «Medalist SMF 57412».



Рис. 3.5. Типовий вигляд автомобільної стартерної АКБ 6СТ-76 «MOLL EFB 82070».

5. Представлений на рисунку 3.6 підослідний зразок стартерної акумуляторної батареї 6СТ-76 «Monbat AGM 570901076» належить до типу батарей з абсорбуючим скловолоконом (AGM - absorbent glass mat). Особливості цих батарей включають використання абсорбуючого скловолокна у якості матеріалу сепаратора. Крім того, у цій батареї використовуються герметизовані свинцеві акумулятори, які дозволяють

рекомбінувати утворювані гази під час заряду та утримувати активну масу без випадання при інтенсивній експлуатації.



Рис. 3.6. Типовий вигляд автомобільної стартерної АКБ 6СТ-76 «Monbat AGM 570901076».

Цей акумулятор має непрозорий полімерний моноблок з цільною кришкою і відсутнім доступом до внутрішніх порожнин, що заявлено як перевага відсутності обслуговування. Заявлена енергоемність цієї батареї становить 70 А\*год, а заявлений пусковий струм - 760 А. Для контролю рівня електроліту не передбачено контрольного ока. В процесі експлуатації ця батарея не потребує повного переліку обслуговування.

6. Найбільш передовою з точки зору технології є останній піддослідний зразок акумуляторної батареї - 6СТ-76 «Odyssey 34/78PC1500», показаний на рисунку 3.7. В ній використовується технологія AGM TPPL, що є модифікацією AGM-акумуляторів з використанням сепараторів конвертів із скловолокна та електродів із чистого свинцю без кальцію.



Рис. 3.7. Типовий вигляд автомобільної стартерної АКБ «Odyssey 34/78PC1500».

Акумулятор має непрозорий полімерний моноблок з цільною кришкою і відсутнім доступом до внутрішніх порожнин, що призначено для спрощення обслуговування. Проте, на акумуляторі немає вказівок щодо оголошеної енергоємності, але заявлений пусковий струм, який є найвищим серед усіх тестових батарей, складає 760 А. Технічні характеристики піддослідних зразків акумуляторних батарей зведені до таблиці таблиці 3.2.

Таблиця 3.2.

Основні технічні та експлуатаційні характеристики обраних зразків акумуляторних батарей

Показники	Назва та аббревіатура піддослідного зразка					
	Медведь 6СТ-70	Туумен 6СТ-70L	Medalist SMF57412	Moll EFB 82070	Monbat AGM 57090107 6	Odyssey 34/78PC150 0
Особливості технології	Необхідно обслуговувати	Необхідно обслуговувати	Повністю не потребує обслуговування	Повністю не потребує обслуговування EFB	Повністю не потребує обслуговування AGM	Повністю не потребує обслуговування AGM TPPL
Заявлений струм	720 (EN)	520 (EN)	640 (EN)	760 (EN)	760 (EN)	850 (CCA)
Заявлена ємність (зарядж)	70 А*год.	70 А*год.	74 А*год.	70 А*год.	70 А*год.	не вказано
Заявлена резервна ємність	не вказано	не вказано	не вказано	120 хвилин	не вказано	135 хвилин
Габарити	275X175X190 мм*	278X175X190 мм*	278X175X190 мм*	278X175X190 мм*	278X175X190 мм*	275,6X179,8X200,2 мм*

\* - розміри вказані з урахуванням висоти силових виводів.

### 3.2. Висновки щодо наведеної інформації

В даній главі проведено порівняльний аналіз піддослідних зразків стартерних акумуляторних батарей з визначенням переваг та недоліків батарей певного типу конструкції. І на цьому підґрунті скомпонувати групу акумуляторних батарей класичної та перспективних конструкцій, що представлені у вільному продажі на ринку України, для проведення комплексу порівняльних лабораторних досліджень. У цій главі було

здійснено детальний аналіз стартерних акумуляторних батарей, де виявлені переваги та недоліки конструкцій різного типу. На основі цього було сформовано групу батарей класичної і перспективної конструкції, які доступні для придбання на українському ринку, з метою проведення комплексного порівняльного аналізу в лабораторних умовах.



## 4. ФОРМУВАННЯ СПРОЩЕНОЇ МЕТОДИКИ ТА ЗДІЙСНЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ

Як було вказано раніше та підтверджено аналізом у третій главі, для проведення комплексу досліджень ми відібрали шість стартерних акумуляторних батарей з різними типами конструкції. Ці батареї призначені для використання в системі електростартерного пуску сучасних автомобілів і доступні для придбання на українському ринку запчастин. Загалом, серед відібраних піддослідних зразків є дві батареї класичної конструкції, одна з яких не потребує обслуговування, а решта три позначені як «EFB», «AGM» і «AGM TPPL», що є сучасними з підвищеним ресурсом і не вимагають спеціального обслуговування.

### 4.1. Перевірка акумуляторних батарей, методика тестування

Загальновідомий підхід до тестування включає комплексну оцінку ключових параметрів, яка, в більшості випадків, потребує спеціалізованого та високоточного обладнання. Основною характеристикою акумуляторних батарей є збережена в них енергія. На етикетках та в документації зазвичай вказуються пусковий струм батареї у режимі розряду. Проте, важливо зазначити, що пусковий струм не визначає енергію: цей струм може різко зменшитися вже на початку розряду або після тривалого використання. Саме тому важливо розраховувати енергію розряду, враховуючи і величину розрядного струму, і час, протягом якого батарея здатна подавати цей струм без значного падіння напруги. Іншим важливим показником є резервна ємність батареї, яка є інформативнішою за звичайні ампер-години.

Як вже згадувалося, резервна ємність визначає, як довго автомобіль зможе працювати з усіма електричними споживачами, якщо генератор вийшов з ладу. Цей показник вимірюється у хвилинах при розрядному струмі 25 А. Очевидно, що чим більший результат, тим краще.

Також важливою є наведена енергія пуску заявленим струмом при температурі -18 градусів Цельсія, яка відображає енергію батареї у режимі

пуску. Цей показник також має високе значення для оцінки якості. Для цього тесту батарею спочатку розряджають при заявленому струмі холодного пуску протягом 30 секунд і фіксують напругу на її виводах. Після паузи батарею розряджають струмом, що становить 60% від заявленого, до тих пір, поки напруга на силових виводах не знизиться до 6,0 В. Час розряду також фіксують, а наведену енергію пуску розраховують за формулою:

$$E = 0,3 * I_{\text{хп}}(U_{30} - 6,0)t_6$$

$$E = 192 * I_{\text{хп}}(U_{30} - 6,0)t_6$$

Інший важливий показник - це наведена енергія пуску при температурі -29 градусів Цельсія, яка дозволяє порівняти струмові характеристики всіх акумуляторних батарей в умовах сильного морозу. Перед випробуванням батарею розряджають однаковим струмом, незалежно від паспортних даних. Цей показник також має важливе значення для оцінки продуктивності.

#### 4.2. Спрощена методика проведення натурних випробувань обраних АКБ

Для оцінки реальних можливостей батарей запропоновано інший підхід, що дозволить відповісти на питання про доцільність використання сучасних типів конструкцій акумуляторів у масових автомобілях з низьким і середнім бюджетом. Ми пропонуємо подивитися на це з іншого кута зору.

Багато людей помилково вважають, що ресурс батарей прямо залежить від величини їх саморозряду - усередині одного сімейства ці величини приблизно однакові. У звичайних акумуляторах саморозряд становить близько 5% на місяць, а в «AGM-акумуляторах» - лише 2%. Проте в кожній батареї струми витоку набагато менші, ніж реальне споживання енергії машини, яка стоїть на стоянці. Часом це споживання може перевищувати 67 А. Тому ми вважаємо за краще перевірити, наскільки довго різні за типом конструкції стартерні акумулятори зможуть жити споживачів зі своєю запасеною електричною енергією.

При цьому не обов'язково робити розстановку по місцях - просто потрібно провести якісні порівняльні тести батарей різних технологічних і цінових категорій.

Під час комплексного випробування розряду акумуляторів фіксувались у трьох змодельованих режимах, перерахованих нижче:

*Паркування* - навантаження 150 Ом, струм споживання близько 80 мА - це приблизно те, як швидко розряджається батарея сучасного автомобіля в режимі парковки з увімкненою сигналізацією. Акумулятори необхідно повністю зарядити відповідно до заявлених показників. Потім кожену батарею навантажували еталонним баластовим резистором і щодня фіксували результати зниження рівня напруги. Критична відмітка падіння напруги встановлена на рівні розряду 10,5 В.

*Резерв* - це випробування необхідно проводити при будь-яких дослідженнях стартерних акумуляторів, коли треба встановити параметри резервної ємності. Це дозволяє якісно зімітувати режим роботи батареї на автомобілі з несправним генератором в холодну вологу погоду, коли працюють фари, двірники, обігрівачі і т.д. Струм споживання при цьому приймається рівним 25 А. Повністю заряджені батареї навантажують опором 0,5 Ом, і фіксують напругу на виводних клемах кожні п'ять хвилин.

*Повне навантаження* - це важке і коротке випробування для групи батарей у спрощеному тестуванні. Після повного заряду кожної батареї імітується максимальне навантаження, коли користувач в реальному автотранспортному засобі підключає максимальну кількість споживачів. Наприклад, обігрів стекол, дзеркал, сидінь, музика, світло і т.д. Навантаження становить 0,2 Ом, бо струм складає 60 А, і напругу на виводних клемах кожні п'ять хвилин під час тестування контролюють.

4.3. Опис процесу випробувань та систематизація одержаних результатів

Перед початком будь-яких випробувань завжди проводиться аналіз можливостей всіх учасників тестування. Зрозуміло, що бюджетні батареї з вентиляційними пробками та рідким електролітом, ймовірно, не зможуть конкурувати з технічно досконалим «Odyssey», який має електроди з чистого свинцю. Однак, детальний аналіз показує, що всі батареї, незалежно від технології, повинні витримувати вимоги тестування, що стосуються стартерних акумуляторних батарей будь-якого типу конструкції. Всі вони також мають постачати необхідні струми, тому це дослідження дозволяє виявити переваги нових технологій в реальних умовах експлуатації.

Проте виявилось деяке подивіться. Батарея з написом «Медведь», яка була заряджена на 100% перед тестуванням, раптово виявилася неспроможною при перевірці стартерних характеристик. Під час розряду холодного прокручування її напруга знизилася до 5,7 В всього за одну секунду. Спроби зарядити її не увінчалися успіхом, і методи відновлення її працездатності також не дали результатів. Тому цей акумулятор був вилучений з тестування, і питання його заміни не розглядається в рамках цього дослідження.

Щодо інших батарей, які залишилися у тесті, вони проявили себе більш стабільно, але тут також виникли деякі несподіванки. Наприклад, батарея «Odyssey» при навантаженні 80 мА (див. рис. 4.1), маючи вищу вихідну напругу у розімкнутому стані, ніж інші, почала розряджатися швидше і виявилася у загальній групі на десяту добу.

Через трохи більше ніж три тижні він вже відстаючий, а на тридцять шостий день випробувань гігант електричної думки зірвався як підкошений - аж до 5,6 В. (див. рис. 4.2). На наступний день почав ступати задом «Moll». До цього моменту було явно, що лідером буде «Medalist»: він зберігав найвищу напругу на силових виводах. Проте сталося несподіване - з 11,46 В він швидко зірвався до 5,65 В і також припинив змагатися за перше місце. На сорок другий день висох «Monbat», а ввечері того ж дня до критичного

значення 10,5 В дійшла й класична батарея, яка повністю розрядилася. Ситуація перевернулася: класична технологія виявилася кращою, а сучасна - гіршою.

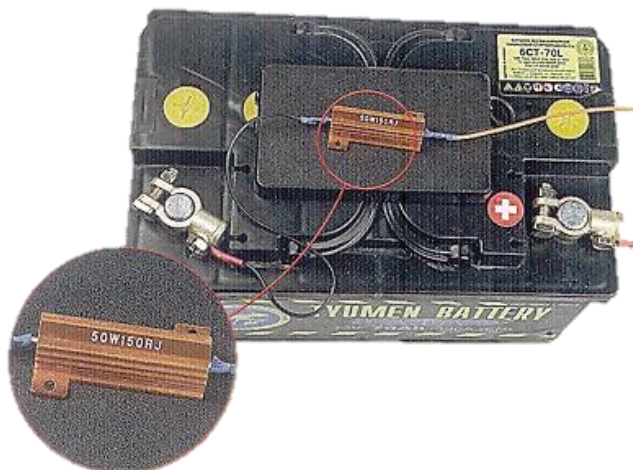


Рис. 4.1. Вигляд процесу випробування обраного зразка АКБ розрядним струмом у 80 мА. Опір навантажувального резистору 150 Ом.

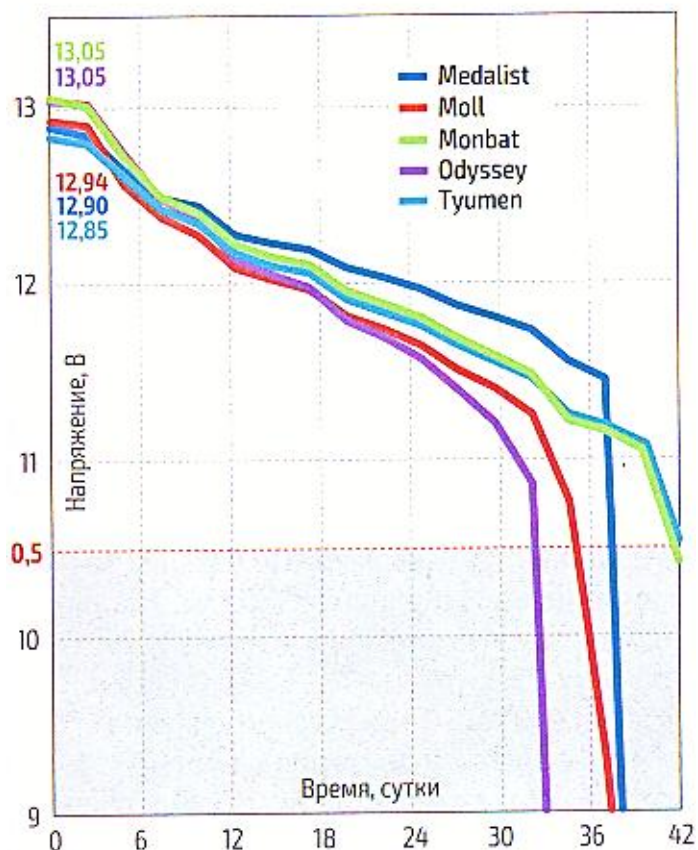


Рис. 4.2. Візуалізація розрядної характеристика обраних зразків АКБ при дії розрядного струму у 80 мА.

Наступний навантаження становило 25 А (див. рис. 4.3). На дев'яносто шостій хвилині підступив «Monbat AGM», за хвилину закінчилися електричні кулони у «Moll EFB». А перемогу знову отримала батарея з класичною технологією, яка протрималася аж сто двадцять п'ять хвилин. «Odyssey» цього разу виглядала краще, але все ж програла переможниці на дев'ять хвилин.

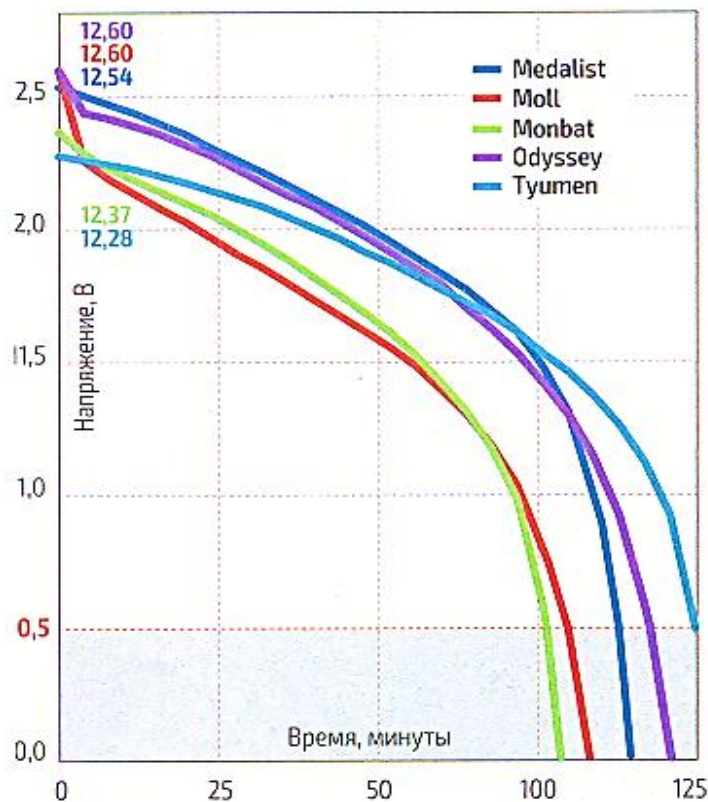


Рис. 4.3. Візуалізація розрядної характеристика обраних зразків АКБ при дії розрядного струму у 25 А.

При навантаженні 60 А (див. рис. 4.3) - а це вже дуже серйозні струми! - першим вибув із гри знову «Monbat». На тридцять третій хвилині цифри на контрольному вольтметрі швидко зникли. Упродовж останньої хвилини заряд батареї повністю зник. Зазначена батарея під час усіх тестувань не продемонструвала жодних переваг технології «AGM». На тридцять четвертій хвилині свій заряд також втратив акумулятор з передовою технологією «EFB» - «Moll». Третім вийшов «Medalist», а срібло все ж отримала «Odyssey», яка програла лише на кілька хвилин усі ті ж «Tyumen». Аналізуючи залежність ємності батарей у ампер-годинах від величини

розрядного струму (див. рис. 4.5), можна зрозуміти, що це зовсім не постійна величина. Інформація на етикетках та в супровідній документації надає постійну величину, але у реальному житті і практиці вона може дещо відрізнятись

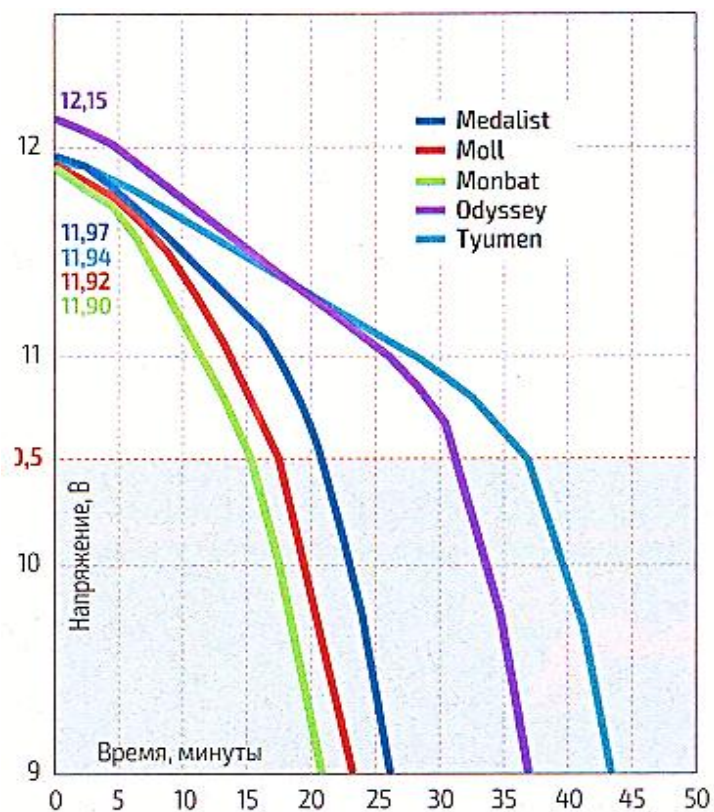


Рис. 4.4. Візуалізація розрядної характеристика обраних зразків АКБ при дії розрядного струму у 60 А.

Після проведення комплексу досліджень прийшла черга до батареї, яка була знята з випробувань через відмову. Виміряна щільність електроліту підтвердила причину виходу з ладу. З'ясувалося, що в чотирьох банках з шести щільність електроліту фактично відповідала щільності води - від 1,000 до 1,005 г/см<sup>3</sup>. Після цього було виконано розкриття батареї шляхом відкривання кришки (див. рис. 4.6). Таблиця 4.1

Після ретельного огляду (див. рис.4.7) виявлено коротке замикання у одному з акумуляторів, що при спробі видати значний стартерний струм спричинило ланцюгову реакцію в трьох інших банках. Такий інцидент, як правило, може бути обмінений по гарантії, тому цю подію можна розглядати

як досадну невдачу. Важливо зазначити, що подібний інцидент не відображає загальної якості всієї продукції цього виробника.

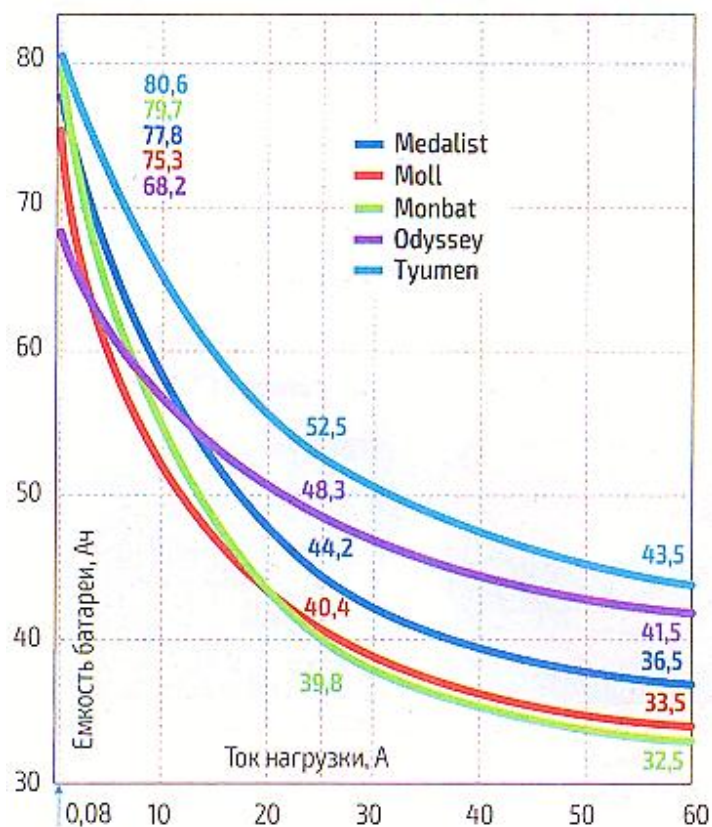


Рис. 4.5. Візуалізація залежності ємності піддослідних АКБ у ампер-годинах від величини розрядного струму.

Таблиця 4.1.

Цифрові значення ємності обраних зразків АКБ від струмів їх навантаження.

Струм розрядного навантаження	Назва та аббревіатура піддослідного зразка					
	Медведь 6СТ-70 (70А*год)	Tyumen 6СТ-70L (70А*год)	Medalist SMF57412 (74А*год)	Moll EFB 82070 (70А*год)	Monbat AGM 570901076 (70А*год, 120 хв)	Odyssey 34/78PC1500 (135 хв)
0,08 А	Батарея знята з випробувань	80,6 А*год/ 42,1 діб	77,8 А*год/ 40,5 діб	75,3 А*год/ 39,2 діб	79,7 А*год/ 41,5 діб	68,2 А*год/ 35,5 діб
25 А		52,1 А*год/ 125 хв	44,2 А*год/ 106 хв	40,4 А*год/ 97 хв	39,8 А*год/ 95,6 хв	48,3 А*год/ 116 хв
60 А		43,5 А*год/ 43,5 хв	36,5 А*год/ 36,5 хв	33,5 А*год/ 33,5 хв	32,5 А*год/ 32,5 хв	41,5 А*год/ 41,5 хв



#### 4.4. Висновки стосовно проведених натурних випробувань

Результати проведених натурних випробувань та аналіз отриманих даних свідчать про те, що не варто втягуватися у передові технології та високі показники джерел електроенергії, якщо це не є обов'язковим для конструкції автомобіля та його умов експлуатації. У звичайних умовах експлуатації десятиліттями впроваджені рішення показують високу ефективність і переваги у термінах ресурсу. Наприклад, для автомобілів із системою "старт-стоп" рекомендується використовувати "AGM-батареї", але для звичайних автомобілів витрати на високі технології не мають жодного сенсу.

## 5. СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ОСНОВНИХ ВИМОГ ВІДНОСНО ЩОДО СТВОРЕННЯ НОРМАТИВНИХ УМОВ ПРАЦІ У ДОСЛІДНИХ ЛАБОРАТОРІЯХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

### 5.1. Загальні положення

Лабораторія - це приміщення в освітній установі, обладнане відповідно до мети і завдань даного навчального предмета й специфіки навчальної діяльності викладачів та студентів. При встаткуванні й експлуатації навчальних кабінетів повинні дотримуватися вимоги охорони праці.

Охорона праці - система забезпечення безпеки життя й здоров'я працівників (студентів) у процесі трудової діяльності (освітнього процесу), що включає правові, соціально-економічні, організаційно-технічні, санітарно-гігієнічні, лікувально-профілактичні, реабілітаційні й інші заходи. У навчальних кабінетах при проведенні занять виникають довгостроково або короткочасно небезпечні й шкідливі виробничі фактори.

Небезпечний виробничий фактор (НВФ) - виробничий фактор, вплив якого на працюючого (студента) у певних умовах приведе до травми або іншому раптовому різкому погіршенню здоров'я. До НВФ відносяться, наприклад, рухомі частини навчального встаткування; гострі крайки, заусенці й шорсткість на поверхні інструментів, устаткування; падіння предмета на людину або його самого, проходження через людину електричного струму й ін.

Шкідливий виробничий фактор (ШВФ) - це виробничий фактор, вплив якого на працюючого (студента) у певних умовах приведе до захворювання або зниження працездатності. До ШВФ відносяться, наприклад, підвищена запиленість і загазованість робочої зони; підвищена або знижена температура, вологість повітря; недостатня освітленість робочої зони й ін.

При проведенні навчальних занять впливання на студентів розглянутих факторів повинно бути усунуто або знижено до безпечних величин, регламентованих нормативними документами.

У кожному навчальному кабінеті повинен бути перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що виникають або присутні при проведенні зазначеного освітнього процесу, та чітко вказане їх місце виникнення й заходи щодо їхнього усунення (нормалізації). Відповідно до Основ, Наказами Міносвіти щорічно в навчальних кабінетах повинна проводитися атестація робочих місць із метрологічним забезпеченням контролю параметрів НВФ, ШВФ.

Відповідальність за створення необхідних умов навчання, праці, відпочинку студентів, в освітніх установах несуть посадові особи й викладачі відповідно до діючого законодавства. Освітня установа, а також окремі працівники зобов'язані відшкодувати постраждалому студенту, що вчиться збиток, заподіяний здоров'ю, у вигляді матеріальної, моральної компенсації.

5.2. Небезпечні й шкідливі фактори, що впливають на студентів й працівників у лабораторіях

#### *5.2.1. Фізичні фактори*

Механізми, що рухаються, рухливі частини встаткування, верстатів, штабелі складованих матеріалів, виробів що можуть обрушатися. Дія фактора: можливе травмування студентів та працівників.

Підвищена запиленість повітря робочої зони. Дія фактора: потрапляючи в легені, на слизуваті оболонки, шкірні покриви, пил рослинного й тваринного походження, синтетичні мийні засоби й т.п. можуть викликати алергійні захворювання органів зору й дихання, шкірних покривів і інші захворювання.

Підвищена температура поверхонь устаткування, виробів. Дія фактора: контакт із гарячої (понад 450<sup>0</sup>С) поверхнею може викликати опіки незахищених ділянок тіла.

Знижена температура поверхонь матеріалів, виробів. Дія фактора: тривалий контакт із охолодженими й замороженими продуктами,

устаткуванням і т.п. може бути причиною судинних захворювань, особливо пальців рук.

Підвищена температура повітря робочої зони. Дія фактора: сприяє порушенню обмінних процесів в організмі.

Знижена температура робочої зони. Дія фактора: сприяє виникненню різних гострих і хронічних простудних захворювань.

Підвищений рівень шуму на робочому місці. Дія фактора: сприяє зниженню гостроти слуху, порушенню функціонального стану серцево-судинної й нервової систем.

Підвищений рівень вібрації. Дія фактора: при тривалому впливі вібрації на організм виникають зміни, що приводять у ряді випадків до вібраційної хвороби.

Підвищена вологість повітря. Дія фактора: утрудняється теплообмін організму людини з навколишнім середовищем.

Знижена вологість повітря. Дія фактора: викликає неприємне відчуття сухості слизових оболонок дихальних шляхів, утрудняється дихання.

Підвищена рухливість повітря. Дія фактора: викликає втрату організмом людини тепла й може бути причиною простудних захворювань.

Знижена рухливість повітря. Дія фактора: підвищений вміст у повітрі пилу, токсичних виділень і запахів лаків, фарб і т.п. викликає підвищену стомлюваність студентів, запаморочення, алергійні й інші захворювання.

Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якої може пройти через тіло людини. Дія фактора: може викликати місцеву поразку організму людини електричним струмом (опіки, механічні ушкодження й т.п.) або електричний удар.

Підвищений рівень статичної електрики. Дія фактора: розряди накопиченої статичної електрики можуть привести до травмування студента внаслідок мимовільного руху поблизу необгороджених частин устаткування, що рухається, захворюванню нервової системи, бути причиною запалення горючих речовин, пожеж і вибухів.

Підвищений рівень електромагнітних випромінювань. Дія фактора: енергія ВЧ, УВЧ, СВЧ діапазонів може викликати порушення в серцево-судинних, ендокринної системах, зміни нервової системи й інші захворювання.

Відсутність або недолік природного світла. Дія фактора: може привести до світлового голодування в організмі людини.

Недостатня освітленість робочої зони. Дія фактора: виникає зорове стомлення, біль в очах, загальна млявість, які приводять до зниження уваги й можливості травмування студента та працівника.

Знижена контрастність. Дія фактора: може привести до перенапруги зорових аналізаторів.

Прямі й відбиті відблиски. Дія фактора: Відблиски що перебувають у полі зору, відкриті лампи (прямі відблиски) приводять до швидкого стомлення зору. Відбиті відблиски, створюють робочі поверхні, які володіють великим коефіцієнтом дзеркального відбиття в напрямку до ока студента чи працівника, викликає засліпленість і веде до збільшення стомлення зору, появи головного болю, відчуттів різі в очах і т.д.

Підвищений рівень інфрачервоної радіації. Дія фактора: може привести до захворювань органів зору й змінам стану центральної нервової системи.

Гострі крайки, завусенци й шорсткість на поверхнях інструмента, устаткування, інвентарю, посуду. Дія фактора: можливі поранення, дрібні ушкодження рук і інших незахищених частин тіла.

### *5.2.2. Хімічні фактори*

Шкідливі речовини в повітрі робочої зони. Дія фактора: можливе роздратування верхніх дихальних шляхів, запалення слизуватих оболонок очей, отруєння організму й інші захворювання.

Мастила. Дія фактора: при частому влученні масел на відкриті ділянки тіла, при тривалій роботі в одязі, просоченої маслом, можуть виникнути

гострі й хронічні захворювання шкіри. Вдихання масляних пар викликає отруєння.

Кислоти. Дія фактора: при влученні кислоти на шкіру утворюються дерматити й опіки. Пари сірчаної кислоти роз'їдають зуби й порушують фізіологічні функції стравоходу.

Їдкі луги. Дія фактора: луг діє припікальним образом (на шкірі утвориться струп). При тривалій роботі й недотриманні правил охорони праці можуть утворюватися дерматити, розм'якшення й відторгнення рогового шару, тріщини й сухість шкіри.

Дезінфікуючі, миючі й інші засоби. Дія фактора: можливі алергійні й інші захворювання.

#### *5.2.3. Біологічні фактори*

Біологічно небезпечні й шкідливі виробничі фактори включають наступні біологічні об'єкти: патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, риккетсії, спірохети, гриби, простіші) і продукти їхньої життєдіяльності, мікроорганізми (рослини й тварини). Дія фактора: можливі алергійні й інфекційні захворювання.

#### *5.2.4. Психофізіологічні фактори*

Фізичні перевантаження (робота стоячи тривалий період, у незручній позі, підіймання і переміщення ваг). Дія фактора: можливі захворювання опорно-рухового апарата, опущення внутрішніх органів, судинні й інші захворювання.

Нервово-психічні перевантаження (перенапруга аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження). Дія фактора: неправильні дії, що приводять до травмування.

Перенапруга аналізаторів. Дія фактора: виникає стомлення, що приводить до зниження уваги.

Монотонність праці. Дія фактора: приводить до підвищення стомлюваності, зниженню уваги й, як наслідок, до можливості травмування студента.

Емоційні перевантаження. Дія фактора: можливі захворювання серцево-судинної системи.

### 5.3. Заходи з охорони праці в дослідницькій лабораторії

Всі лабораторії кафедри автомобільного транспорту оснащені діючими приладами і моделями, для приведення в дію яких використовується напруга до 380 В. Рівень напруги в лабораторіях є небезпечним для життя.

#### 5.3.1. Загальні вимоги безпеки.

Загальні вимоги безпеки повинні відповідати вимогам ДСТУ 2.-4. 113 - 82 ССБТ «Роботи навчальні лабораторні». При проведенні дослідних лабораторних робіт викладач, що веде роботи, є відповідальною особою за роботу приладів в лабораторії, стану трудової дисципліни, а також за дотримання студентами техніки безпеки. Студенти, що виконують роботу, повинні працювати на строго визначеному місці. За невиконання вимог справжньої інструкції студент несе відповідальність в дисциплінарному порядку, в разі ушкодження приладів та устаткування по його провіні - несе матеріальну відповідальність.

#### 5.3.2. Вимоги безпеки перед початком роботи.

Перед початком роботи студенти повинні бути проінструктовані з техніки безпеки та ознайомлені зі схемою електропостачання робочих місць. Інструктаж проводиться викладачем, що веде роботи, з наступним оформленням контрольних листів про проведення інструктажу.

#### 5.3.3. Вимоги безпеки під час роботи.

Перед початком роботи на гальмівному стенді необхідно зовнішнім оглядом перевірити стан ізоляції провідників, електрообладнання, вимірювальних приладів, цілісність заземлюючого провідника. В разі

виявлення пошкодження - звернутися до викладача. Вимірювальні прилади слід розташовувати так, щоб було зручно та безпечно працювати. Не допускати перетину електричних провідників в натягнутому стані.

#### *5.3.4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях*

При виявленні диму чи запаху горілого необхідно відімкнути електричне живлення та сповістити викладача. При виникненні пожежі необхідно відімкнути електроживлення та викликати пожежну охорону (телефон 101). До прибуття пожежної охорони гасити полум'я підручними засобами.

#### *5.3.5. Вимоги безпеки по закінченні робіт*

Після закінчення робіт з дозволу викладача при відімкнутому електроживленні вимкнути діючу модель.

#### *5.3.6. Інструкція з техніки безпеки та протипожежних заходів*

При виникненні пожежі в лабораторії необхідно:

- а). запобігати виникненню горючого середовища;
- б). запобігати виникненню в горючому середовищі джерел запалення.

#### **Заходи:**

- а). максимальне використання негорючих та слабкогорючих речовин і матеріалів замість пожежно небезпечних;
- б). обмеження кількості горючих речовин та їх належне розташування;
- в), запобігання розповсюдження за межі вогнища;
- г). використання засобів гасіння пожежі;
- д). евакуація людей;
- є). використання засобів колективного та індивідуального захисту;
- ж). використання засобів протипожежної сигналізації.

#### ***Вимоги безпеки перед початком роботи***



Необхідно перевірити справність контрольно-вимірювальних приладів.  
Необхідно перевірити заземлюючі пристрої.

***Вимоги безпеки при закінченні роботи***

При виході з лабораторії вимкнути основну лінію електричного живлення та освітлення, робочі місця прибрати.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ ТА СФОРМОВАНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

У представленій випускній бакалаврській роботі проведено теоретичний аналіз та низка натурних експериментів, які включали в себе узагальнення основних характеристик стартерних акумуляторних батарей традиційних та інноваційних конструкцій для оцінки їхньої придатності для масового використання у доступних та бюджетних автомобілях.

Для виконання завдань поставлених при виконанні роботи було обрано акумуляторні батареї різних типів, що призначені для електростартерного запуску сучасних авто та доступні на українському ринку. Взято шість зразків від шести виробників: дві традиційні, одну традиційну без обслуговування, та три інноваційні з позначенням "EFB", "AGM", і "AGM TPPL", які відрізняються своєю довговічністю та необхідністю мінімального обслуговування.

Основні завдання, що були виконані у процесі виконання роботи, можна сформулювати наступним чином:

- проведено детальний аналіз призначення, принципу дії, вимог та характеристик акумуляторних батарей для електростартерного пуску автомобілів.
- обрано та обгрунтовано групу акумуляторних батарей для порівняльних досліджень, доступних на ринку України.
- сформовано спрощену методику для визначення характеристик та порівняльного аналізу, яка допомагає встановлювати придатність різних типів акумуляторних батарей для масового використання в автомобілях.
- здійснено низку натурних лабораторних тестів на піддослідних зразках акумуляторних батарей та оцінено отримані результати.
- сформульовано загальні рекомендації щодо вибору та використання джерела електроенергії для недорогих автомобілів.

Загальні результати дослідження можна представити наступним чином:

- проведені випробування підтвердили потребу у періодичних випробуваннях для порівняння ключових характеристик та загальної якості стартерних акумуляторних батарей, які використовуються у системі електростартерного пуску автомобілів.

- запропонована методика випробувань, яка включає визначення основних параметрів та порівняльний аналіз, дозволяє обґрунтувати вибір конкретного типу акумуляторних батарей для певних застосувань.

- встановлені залежності між розрядними характеристиками піддослідних акумуляторних батарей різних конструкцій та силі розрядного струму.

- здійснено аналіз переваг та недоліків піддослідних зразків стартерних акумуляторних батарей різних конструкцій.

- розтлумачено доцільність використання певного типу акумуляторів для масових та економічних автомобілів шляхом моделювання експлуатаційних режимів.

- представлені комплексні рекомендації щодо вибору та використання конструкції акумуляторної батареї для широкого ряду автомобілів за різними цінovими категоріями.

Загальний висновок полягає в тому, що необов'язково перебігати до передових розробок та використовувати дуже продуктивні джерела електричної енергії, якщо конструкція автомобіля та умови експлуатації не вимагають цього. У звичайному використанні та звичайних умовах роботи, стандартні батареї забезпечують ефективну роботу без необхідності вкладатися у супертехнології. Наприклад, для автомобілів із системою "старт-стоп" рекомендується вибирати "AGM-батарею", оскільки вона демонструє кращі характеристики порівняно з "EFB" батареями. Така різниця у властивостях показує, що інвестувати у "EFB" для звичайних авто не має сенсу.

При виборі акумуляторної батареї для автомобіля слід керуватися наступними порадами:

- габарити. Важливо, щоб обрана батарея точно вміщувалася у відведеному для неї місці під капотом, у багажному відсіку або під підлогою, залежно від конкретної марки автомобіля. При покупці потрібно дотримуватися цієї точності до сантиметра.

- полярність. Рекомендується переглянути стару батарею, щоб з'ясувати, де знаходиться "плюс" і "мінус". Форма і розташування силових виводів на акумуляторах можуть відрізнятися для різних марок авто. На більшості сучасних машин неможливо встановити батарею з невірною полярністю через недостатню довжину штатних проводів.

- бренд. Рекомендується уникати акумуляторів від невідомих виробників навіть за низькою ціною, оскільки такі товари часто не відповідають якісним стандартам. Краще користуватися рейтингами експертиз, що регулярно проводять фахівці.

- ціна. Вона залежить від бренду і зазвичай відображає електричні параметри, такі як струм і ємність. Поради щодо "непотрібних" струмів або ампер-годин слід сприймати з обережністю. Перед установкою на авто батарею необхідно обов'язково зарядити.

У будь-якому разі необхідно обов'язково зауважити, що результати проведення як теоретичних, так і натурних випробувань справедливі лише до конкретної групи піддослідних стартерних акумуляторних батарей і не можуть вважатися характеристикою всієї продукції зазначених виробників. Крім того, усі отримані в процесі виконання роботи результати, будуть використовуватися при вивченні таких дисциплін як "Електричне та електронне обладнання автомобілів", "Технічна експлуатація автомобілів", "Технічне обслуговування та ремонт автомобілів" та інших, що вивчаються студентами спеціальності 274 "Автомобільний транспорт".

## ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА ТА ІНТЕРНЕТ ПОСИЛАННЯ

1. Pacejka H.V. The magic formula tyre modell. / H.V. Pacejka, E. Bakker // Prog. 1st Collog. Models for Vehicle Dynamics Analysis. Delft, 1991. - Amsterdam : Swits and Zeitlinger. - 1993. - P. 1-18.
2. Акатов Е. И., Белов П. М., Дьяченко Н. Х. Работа автомобильного двигателя на неустановившемся режиме. - К. : Машинобудування, 1998. - 216 с.
3. Бібліотека Криворізького національного університету (м. Кривий Ріг, вул. Пушкіна, 37). – Режим доступу: <http://lib.knu.edu.ua/>,
4. Бойченко С.В., Иванов С.В., Бурлака В.Г. Моторные топлива и масла для современной техники. /Монография/. – К.; НАУ, 2005. – 216 с.
5. Грамолін А.В., Кузнецов А.С. Пальне, масла, змазки, рідини, матеріали для експлуатації та ремонту автомобілів. - К.: Машинобудування, 1995. - 63 с.
6. Гришкевич А.И. Автомобили. Теория, [учеб. для вузов] / А.И. Гришкевич. - Мінськ. : Наука., 1986.-208 с.
7. Гурвич И.Б. Долговечность автомобильных двигателей. К., «Машинобудування». 1987. 112 с.
8. Гутаревич Ю. Ф. Екологія автомобільного транспорту: навч.посібник / Гутаревич Ю. Ф., Зеркалов Д. В., Говорун А. Г.- К.: Основа, 2002. -312 с.
9. Державна науково-технічна бібліотека України - <https://dntb.gov.ua>
10. ДСТУ 12.1.003-03\*. ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки. - Київ.: Видавництво стандартів, 2008.
11. ДСТУ 12.1.004-01. ССБТ. Пожежна безпека. Загальні вимоги. - Київ.: Видавництво стандартів, 2002.
12. ДСТУ 12.4.113-02. ССБТ. Роботи навчальні лабораторні. Загальні вимоги безпеки. - Київ.: Видавництво стандартів, 2002.

12. ДСТУ 12.4.113-02. ССБТ. Роботи навчальні лабораторні. Загальні вимоги безпеки. - Київ.: Видавництво стандартів, 2002.
13. ДСТУ 2389-94. Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1999.
14. ДСТУ 2860–94 Надійність техніки. Терміни та визначення.
15. Електронна бібліотека ELIBUKR - <http://www.elibukr.org>
16. Засоби транспортні дорожні. Експлуатаційні вимоги безпеки до технічного стану та методи контролю : ДСТУ 3649-97 / К.: Держстандарт України, - 1998.- 20 с.- (Національні стандарти України).
17. Канарчук В. Е., Арсенюк Ю. В. Визначення технічного стану двигуна без розбирання.— Механізація мл. госп-ва, 1998, № 11, с. 18—19.
18. Канарчук Е. А., Канарчук В. Е. Влияние режимов работы на износ автомобильного двигателя. К-, Киев. торг.-экон. ин-т, 1990. 228 с.
19. Кисликов В. Лищик В. Будова й експлуатація автомобілів. «Либідь», 2000 -150 с.
20. Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник – К.: Либідь, 2000. – 400 с.
21. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Організація і управління». Київ,-Знання-Пресс, 2004. - 508 с.
22. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія: Підручник. – К.: Вища шк., 2007. – 527 с.
23. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник. – К.: Знання-Прес, 2003. - 511 с.
24. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління. – К.: Знання-Прес, 2004. – 478 с.
25. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник. - К.: Знання-Прес, 2003. - 511 с.