

**Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
«Донбаський державний педагогічний університет»**

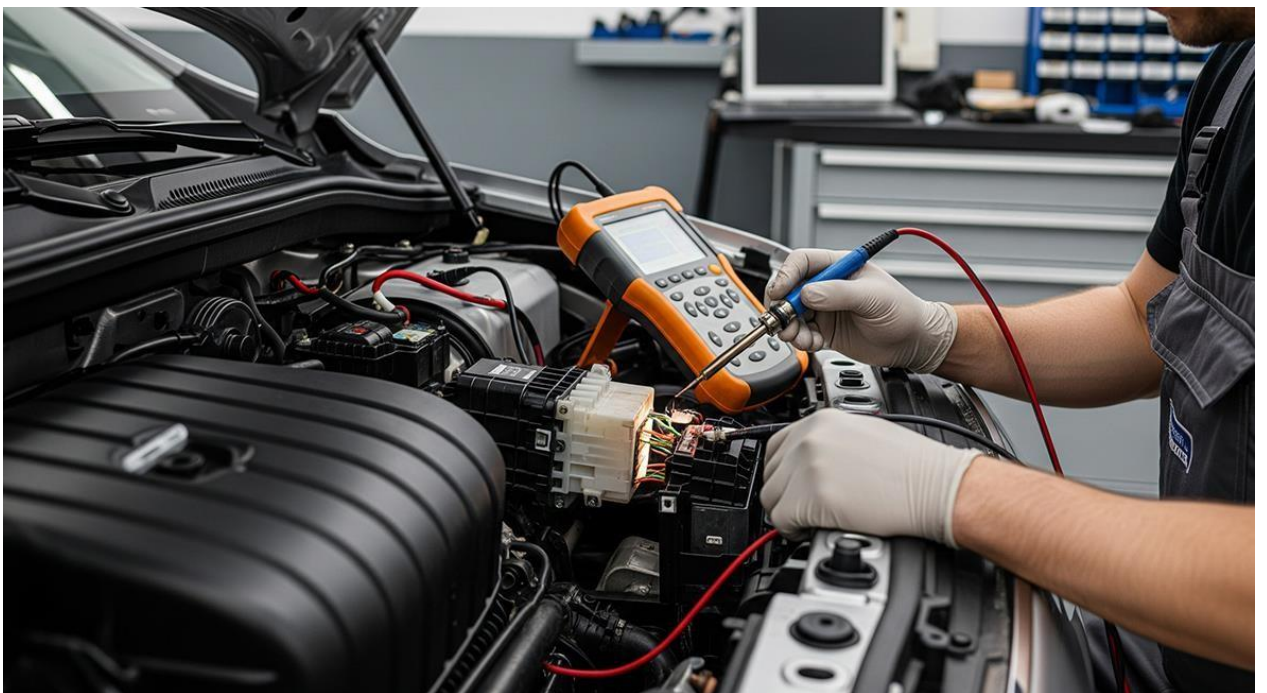
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

**до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни
«ЕЛЕКТРИЧНЕ ТА ЕЛЕКТРОННЕ ОБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛЯ»**

для студентів спеціальності

015 Професійна освіта (за спеціалізаціями)

**Спеціалізація 015.38 Професійна освіта (Транспорт)
Електронне видання**



Слов'янськ – Дніпро 2025р.

УДК 378.016:629.3.066(072)

M54

Затверджено та рекомендовано до впровадження вченою радою Державного вищого навчального закладу «Донбаський державний педагогічний університет» «28» серпня 2025 р., протокол № 1.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Стешенко Володимир Васильович – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри теорії і практики технологічної та професійної освіти ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет»;

Величко Владислав Євгенович – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри методики навчання математики, фізики та інформатики Державного вищого навчального закладу «Донбаський державний педагогічний університет».

M54

Методичні рекомендації до лабораторних робіт з дисципліни «Електричне та електронне обладнання автомобіля» для студентів спеціальності 015.38 «Професійна освіта (Транспорт)» [Електронний ресурс] / уклад. : В.І. Бондаренко, М.Г. Погорелов, М.В. Пшеничний. Дніпро : ДВНЗ «ДДПУ», 2025. 49 с.

У методичних рекомендаціях до лабораторних робіт розглянуто методику виконання лабораторних робіт з курсу «Електричне та електронне обладнання автомобіля» для студентів спеціальності 015.38 Професійна освіта (Транспорт). Зміст рекомендацій спрямований на формування системного розуміння принципів роботи електричних та електронних систем автомобіля, особливостей їхньої будови, функціонування та діагностики. Лабораторні роботи структуровано відповідно до робочої програми дисципліни та орієнтовано на поєднання теоретичних знань із практичними навичками. Посібник призначений для надання методичної підтримки студентам під час самостійної підготовки до заняття, забезпечення глибокого засвоєння теоретичного матеріалу, розвитку аналітичного мислення та вміння застосовувати набуті знання під час виконання лабораторних робіт.

Методичні рекомендації до лабораторних робіт з дисципліни «Електричне та електронне обладнання автомобіля» можуть бути використані як під час аудиторних занять, так і в процесі самостійної роботи студентів, а також рекомендацій викладачам для організації та проведення лабораторного практикуму з дисципліни.

УДК 378.016:629.3.066(072)

ЗМІСТ

ВСТУП	4
Лабораторна робота №1. Дослідження технічного стану та характеристик розряду стартерної акумуляторної батареї.....	7
Лабораторна робота №2. Експериментальне дослідження робочих характеристик автомобільного генератора змінного струму.....	24
Лабораторна робота №3. Дослідження принципу дії стартера та методів діагностування його роботи на автомобілі.....	35
ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ	46
ЛІТЕРАТУРА	48

ВСТУП

Розвиток електрообладнання автомобілів тісно пов'язаний із загальною еволюцією автомобілебудування та досягненнями електротехніки й електроніки. На початковому етапі становлення автомобіля наприкінці XIX – на початку XX століття електрообладнання було мінімальним і обмежувалося простими системами освітлення та запалювання. Перші автомобілі використовували магнето для запалювання паливної суміші та ацетиленові або газові лампи для освітлення.

У 1910–1920-х роках відбувся значний прогрес у розвитку електрообладнання: з'явилися стартерні електродвигуни, акумуляторні батареї та генератори постійного струму. Це значно полегшило запуск двигуна і підвищило надійність експлуатації автомобіля. У подальші десятиліття електричні системи поступово ускладнювалися, зростала кількість споживачів електроенергії, удосконалювалися системи освітлення, сигналізації та контрольно-вимірювальні прилади.

Починаючи з другої половини XX століття, розвиток напівпровідникової техніки зумовив перехід від електромеханічних пристроїв до електронних систем. У 1970–1980-х роках у серійних автомобілях почали широко застосовуватися електронні системи запалювання, регулятори напруги, а згодом — електронні блоки керування двигуном. Це забезпечило підвищення економічності, екологічності та надійності транспортних засобів.

Сучасний етап розвитку електрообладнання автомобілів характеризується широким впровадженням цифрових технологій, мікропроцесорних систем і бортових комп'ютерних мереж. Значну роль відіграють системи активної та пасивної безпеки, інформаційно-керувальні комплекси, а також системи допомоги водієві. Зростає частка електричних і електронних компонентів у загальній структурі автомобіля, що перетворює його на складну електромеханічну та інформаційну систему.

Перспективи розвитку електрообладнання автомобілів пов'язані з переходом до електричних і гібридних силових установок, використанням високовольтних систем, подальшою автоматизацією та цифровізацією керування. Очікується розширення застосування інтелектуальних систем, штучного інтелекту, бездротових технологій та інтеграції автомобіля в єдине інформаційне середовище. Це сприятиме підвищенню енергоефективності, безпеки руху, екологічності та комфорту експлуатації транспортних засобів.

Метою навчальної дисципліни є: формування теоретичних знань про будову, принципи роботи та експлуатацію систем та окремих пристроїв електричного та електронного обладнання сучасних автомобілів.

Вивчення курсу спрямоване на формування наступних *професійних компетентностей* [4] :

ІК. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в професійній освіті, що передбачає застосування певних теорій і методів педагогічної науки та інших наук відповідно до спеціалізації і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

ЗК 02. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

ЗК 05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК 06. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК 07. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

СК 01. Здатність застосовувати освітні теорії та методології у педагогічній діяльності.

СК 07. Здатність аналізувати ефективність проєктних рішень, пов'язаних з підбором, експлуатацією, удосконаленням, модернізацією технологічного обладнання та устаткування галузі/сфери відповідно до спеціалізації.

СК 11. Здатність використовувати у професійній діяльності основні положення, методи, принципи фундаментальних та прикладних наук.

СК 12. Здатність виконувати розрахунки технологічних процесів в галузі.

СК 14. Здатність збирати, аналізувати та інтерпретувати інформацію (дані) відповідно до спеціалізації.

ПК 2. Здатність до аналізу результатів розрахунків, вимірювань та спостережень в предметній галузі.

ПК 3. Здатність розрізняти об'єкти автомобільного транспорту та їх складові, визначати вимоги до їхньої конструкції, параметрів та характеристик.

ПК 4. Здатність пояснювати з використанням наочності та сучасних інформаційних технологій будову та функціонування об'єктів автомобільного транспорту, їх систем та окремих елементів, технологічні процеси з їх технічного обслуговування, діагностування та ремонту.

ПК 7. Здатність самостійно виконувати трудові процеси на виробництві згідно фаху.

Програмні результати навчання:

ПРН 09. *Відшуковувати, обробляти, аналізувати та оцінювати інформацію, що стосується професійної діяльності, користуватися спеціалізованим програмним забезпеченням та сучасними засобами зберігання та обробки інформації.*

ПРН 10. *Знати основи психології, педагогіки, а також фундаментальних і прикладних наук (відповідно до спеціалізації) на рівні, необхідному для досягнення інших результатів навчання, передбачених стандартом та освітньою програмою.*

ПРН 19. *Уміти обирати і застосовувати необхідне устаткування, інструменти та методи для вирішення типових складних завдань у галузі (відповідно до спеціалізації).*

ПРН 26. *Ідентифікувати* об'єкти автомобільного транспорту, їх системи, елементи, характеристики та параметри.

ПРН 27. *Уміти* пояснювати будову та функціонування об'єктів автомобільного транспорту, технологічні процеси з їх технічного обслуговування, діагностування та ремонту відповідно до законів природничих наук.

Метою лабораторних робіт є ознайомлення студентів з будовою, принципом дії, режимами роботи та методами діагностування основних систем електрообладнання автомобіля, зокрема джерел електроенергії, систем пуску автомобіля. Значна увага приділяється формуванню навичок безпечної експлуатації електрообладнання та дотриманню вимог охорони праці.

Методичні вказівки містять мету кожної лабораторної роботи, короткі теоретичні відомості, перелік необхідного обладнання та приладів, послідовність виконання завдань, контрольні питання для самоперевірки, а також вимоги до оформлення звіту. Виконання лабораторних робіт передбачає активну самостійну роботу студентів, аналіз отриманих результатів і формулювання обґрунтованих висновків.

Лабораторна робота №1

ТЕМА: Дослідження технічного стану та характеристик розряду стартерної акумуляторної батареї.

Мета роботи: Ознайомитися з призначенням, будовою та принципом дії стартерної свинцево-кислотної акумуляторної батареї; вивчити основні параметри АКБ, методи визначення ступеня зарядженості, режими зарядки та характерні несправності.

Обладнання та матеріали:

- стартерна акумуляторна батарея (обслуговувана або малообслуговувана);
- ареометр для вимірювання густини електроліту;
- вольтметр постійного струму;
- амперметр;
- навантажувальна вилка;
- зарядний пристрій;
- термометр;
- захисні окуляри та рукавички.

1. Порядок виконання роботи.

1. Ознайомитися зі будовою та принципом дії стартерної акумуляторної
2. Провести діагностування технічного стану акумуляторної батареї на основі результатів вимірювання густини електроліту.
3. Дослідити розрядні характеристики акумуляторної батареї та її окремих акумуляторів.
4. Визначити розрядну ємність батареї за експериментальними даними вимірювань.
5. Оформити звіт з лабораторної роботи та підготувати відповіді на контрольні запитання.

1.1. Призначення і будова стартерної акумуляторної батареї.

Вимоги до АКБ.

Акумуляторна батарея (АКБ) пристрій, який накопичує, зберігає та віддає електричну енергію, перетворюючи хімічну енергію на електричну і навпаки, що робить її багаторазовим джерелом живлення для різноманітних цілей, від автомобілів до систем резервного живлення та сонячних систем, забезпечуючи енергонезалежність. Існують різні типи, такі як свинцево-кислотні (AGM , GEL) та сучасні літій-залізо-фосфатні (LiFePO4), які відрізняються технологією, ефективністю та сферами застосування.

Стартерна АКБ забезпечує електричним струмом стартер автомобіля під час пуску двигуна внутрішнього згорання, а також для живлення споживачів електроенергії в тих режимах роботи авто, коли генератор не працює або не забезпечує необхідну потужність (пуск двигуна, робота на холостому ході).

Типова АКБ, показана на рис. 1, складається з шести свинцево-кислотних двовольтових акумуляторів, з'єднаних послідовно, що забезпечує

номінальну напругу 12 В. Корпус акумуляторної батареї виготовляють із кислотостійкої пластмаси або ебоніту та за допомогою перегородок поділяють на шість окремих відділень, на дні кожного відділення розміщені опорні ребра (призми), які запобігають замиканню пластин [2].

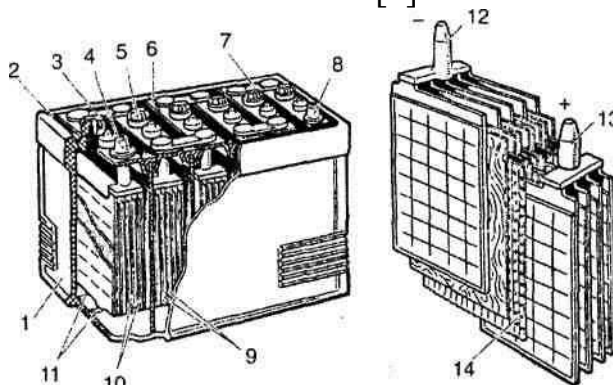


Рис. 1. Будова свинцево-кислотної стартерної акумуляторної батареї зі спільною кришкою [1]:

а - загальний вигляд; б - блок пластин:

1 -бак; 2 -мастика; 3 - заливний отвір; 4, 8, 12, 13 - полюсні шпини; 5 - корок заливного отвору; 6 - кришка; 7 - перемичка; 9, 10 – відповідно мінусові й плюсові пластини; 11 -ребра; 14 — сепаратори.

Кожний акумулятор складається з напівблоків плюсових і мінусових пластин, ізольованих сепараторами з пористих матеріалів (міпора, міпласт). Пластини виконують у вигляді свинцевих решіток з додаванням сурми (7–8 %) або кальцію для підвищення механічної міцності. В решітки впресовується активна маса:

- для плюсових пластин — суміш оксидів свинцю;
- для мінусових — губчастий свинець.

Одноименні пластини об'єднують в напівблоки для збільшення ємності та зменшення внутрішнього опору батареї. Сепаратори встановлюють ребристою поверхнею до плюсових пластин для поліпшення доступу електроліту. В решітку пластин упресовують активну масу, приготовлену на водяному розчині сірчаної кислоти з оксидів свинцю свинцевого сурику (Pb_3O_4) та свинцевого глету (PbO) для плюсових пластин і свинцевого порошку для мінусових [2].

З метою збільшити ємність акумулятора й зменшити його внутрішній опір, однойменні пластини з'єднують у напівблоки, що закінчуються вивідними полюсними шпинями 4,8,12,13. Акумулятори з'єднують між собою свинцевими перемичками. Крайні полюсні виводи призначені для підключення АКБ до бортової електромережі автомобіля. Кришка батареї має заливні отвори з вентиляційними корками для виходу газів [2].

Одноименні пластини акумулятору об'єднують у напівблоки, що дає змогу збільшити електричну ємність батареї та зменшити її внутрішній опір. Кожний напівблок складається з позитивних та негативних пластин, між якими встановлюються сепаратори. Сепаратори розміщують ребристою поверхнею до плюсових пластин, що забезпечує кращу циркуляцію

електроліту, зменшує ймовірність короткого замикання та сприяє рівномірному протіканню електрохімічних процесів у робочому об'ємі акумулятора.

У решітки пластин упресовують активну масу, яка готується на водяному розчині сірчаної кислоти. Для плюсових пластин активна маса складається з оксидів свинцю — свинцевого сурика (Pb_3O_4) та свинцевого глету (PbO), тоді як для мінусових пластин використовують дрібнодисперсний свинцевий порошок. Саме склад і якість активної маси значною мірою визначають електричні характеристики акумулятора, зокрема його ємність, пускові струми та довговічність.

З метою підвищення ємності акумуляторної батареї та зменшення її внутрішнього опору одноінні пластини з'єднують у напівблоки, які завершуються вивідними полюсними шпіннями. Окремі акумулятори всередині батареї з'єднують між собою свинцевими перемичками, що забезпечує послідовне електричне з'єднання та отримання необхідної номінальної напруги батареї. Крайні полюсні виводи призначені для підключення акумуляторної батареї до бортової електричної мережі автомобіля.

Кришка акумуляторної батареї оснащена заливними відварами, які закриваються вентиляційними кірками. Вони призначені для контролю рівня електроліту, його доливання, а також для відведення газів, що утворюються під час заряджання та розряджання акумулятора. Наявність вентиляції запобігає надлишковому тиску всередині батареї та підвищує безпеку її експлуатації [2].

1.2. Діагностування технічного стану акумуляторної батареї на основі результатів вимірювання густини електроліту.

Електроліт свинцево-кислотних акумуляторних батарей являє собою розчин хімічно чистої сірчаної кислоти в дистильованій воді. Під час приготування електроліту сірчану кислоту необхідно додавати у воду, а не навпаки, щоб запобігти інтенсивному нагріванню, розбризкуванню розчину та можливим хімічним опікам.

Під час заряджання акумулятора електрична енергія перетворюється на хімічну[2]:

- на плюсових пластинах утворюється діоксид свинцю (PbO_2);
- на мінусових — губчастий свинець (Pb);
- густина електроліту збільшується.

Загальна реакція струмоутворення є оборотною, що забезпечує багаторазові цикли заряджання та розряджання. Проте з часом на електродах накопичується сульфат свинцю, що знижує ємність і термін служби АКБ.

Густина електроліту залежить від температури та кліматичних умов експлуатації. Для запобігання замерзанню електроліту взимку її значення регламентується залежно від середньої температури навколишнього середовища [2].

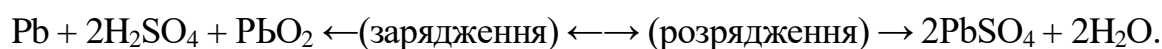
Приготування електроліту відповідної густини

Густина електроліту (г/см ³), зведена до температури 15 °С	Сірчаної кислоти (1.83 г/см ³), л (на 1 л води)
1.23	0.280
1.25	0.310
1.27	0.345
1.29	0.385

Загальне рівняння хімічних перетворень вакуумуляторі при його зарядженні буде таким: $2\text{PbSO}_4 + [3\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4]$ (зарядження) $\rightarrow \text{PbO}_2 + \text{Pb} + [3\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}]$ (табл. 1.2.1) [2]. Як видно з рівняння, в процесі заряджання акумулятора відновлюються реагенти і збільшується концентрація сірчаної кислоти, а це означає, що збільшується густина електроліту.

Розрядження - зворотний хімічний процес, під час якого знижується густина електроліту, а активна маса на одних і других пластинах перетворюється на сірчаноокислий свинець (PbSO_4) [2].

Розряджально - заряджальний цикл хімічних перетворень в акумуляторі можна описати рівнянням загальної реакції струмоутворення [2]:



Таке рівняння свідчить про зворотний характер хімічних процесів, що відбуваються в акумуляторі. Під час розрядження акумуляторної батареї частина активних хімічних речовин перетворюється на сульфат свинцю та воду. У процесі заряджання перебіг хімічної реакції змінюється на протилежний, унаслідок чого відбувається відновлення активних реагентів. Проте повного відновлення початкового стану електродів не досягається. З кожним циклом заряд-розряд на електродах акумуляторної батареї накопичується сірчаноокислий свинець (сульфат), що з часом знижує її ємність і призводить до поступового руйнування батареї. Додатковим чинником погіршення стану акумулятора є його саморозрядження [2].

Густина електроліту при експлуатації в різних кліматичних районах

Кліматичні райони (середньомісячна температура повітря в січні місяці)	Пора року	Густина електроліту (25С г\см ³)	
		Залитого в батарею	Після повного заряду
Дуже холодний (-50С... -30С)	Зима	1,28	1,3
	літо	1,24	1,26
Холодний (-30С... -15С)	Цілий рік	1,26	1,28
Перемінний (-15С... -8С)	Цілий рік	1,26	1,28
Жаркий сухий (-15С... +4С)	Цілий рік	1,22	1,24
Теплий вологий (0С... +4С)	Цілий рік	1,21	1,23

1.3. Дослідити розрядні характеристики акумуляторної батареї та її окремих акумуляторів.

Номінальна ємність акумуляторної батареї — це кількість електрики, яку повністю заряджена АКБ може віддати при 20-годинному розряді до напруги 1,7 В на один акумулятор за температури електроліту 30 °С. Ємність вимірюється в ампер-годинах (А·год).

Ємність батареї залежить від:

- кількості та розмірів пластин;
- сили розрядного струму;
- температури електроліту.

Зі зниженням температури ємність зменшується приблизно на 1 % на кожен градус.

Маркування АКБ, наприклад, 6СТ-55П, означає:

- **6** — кількість акумуляторів у батареї;
- **СТ** — стартерна, стандартного типу;
- **55** — номінальна ємність, А·год;
- **П, Е, М, Р** — матеріал корпусу та сепараторів.

За конструктивними особливостями стартерні акумуляторні батареї поділяють на кілька основних типів:

Обслуговувані акумуляторні батареї — мають заливні отвори з пробками, що забезпечує доступ до банок для контролю рівня та густини електроліту, а також для доливання дистильованої води. Такі батареї потребують регулярного технічного обслуговування, проте відзначаються простотою конструкції та ремонтпридатністю.

Малообслуговувані акумуляторні батареї — характеризуються зменшеними витратами електроліту завдяки застосуванню вдосконалених

сплавів пластин і зниженому газоутворенню. Контроль рівня електроліту виконується рідше, а потреба в доливанні води суттєво зменшена.

Необслуговувані акумуляторні батареї — мають герметизовану конструкцію без заливних отворів і не передбачають втручання користувача в процес експлуатації. Контроль стану таких батарей здійснюється за індикаторами заряду або за результатами електричних вимірювань. Вони відрізняються зручністю використання та зниженою ймовірністю витоків електроліту.

Монолітні акумуляторні батареї — виготовляються в герметичному корпусі з об'єднаними елементами, що підвищує їх механічну міцність і стійкість до вібрацій. Такі АКБ характеризуються підвищеною надійністю та найчастіше застосовуються в сучасних автомобілях з підвищеними вимогами до електрообладнання.

ЕРС акумулятора залежить переважно від густини електроліту і незначною мірою — від температури. Внутрішній опір складається з опору електроліту, активної маси, сепараторів та поляризаційного опору.

Заряджання акумуляторів здійснюють двома основними способами:

1. **Постійним струмом** — зарядний струм становить (0,05–0,1)
2. **Постійною напругою** — заряджання проводять за напруги близько 14,5 В з обмеженням струму.

Заряджання АКБ на автомобілі здійснюється від генератора через регулятор напруги, що забезпечує оптимальний режим роботи батареї та подовжує термін її служби.

1. Підготовка до дослідження

1. Провести зовнішній огляд АКБ: перевірити цілісність корпусу, відсутність тріщин і підтікань електроліту.
2. Очистити та за потреби зачистити клеми акумуляторної батареї.
3. Виміряти температуру електроліту (нормальна температура проведення дослідження — **20–25 °C**).
4. Визначити густину електроліту в кожному акумуляторі за допомогою ареометра та занести результати до таблиці.
5. Виміряти напругу батареї без навантаження (вольтметром).

2. Схема підключення для розряду (рис. 1.1.)

- амперметр — **послідовно** з навантаженням;
- вольтметр — **паралельно** до клем АКБ;
- навантаження — лампи або навантажувальна вилка;
- дотримуватись полярності підключення.



Рис. 1.1. Лабораторна установка дослідження характеристики розряду стартерної акумуляторної батареї.

3. Дослідження розрядної характеристики батареї

1. Підключити навантаження, встановивши розрядний струм (зазвичай **0,05–0,1 Сн**, де Сн — номінальна ємність АКБ).
2. Зафіксувати початкові значення:
 - напругу батареї;
 - силу розрядного струму;
 - час початку розряду.
3. У процесі розряду через кожні **5–10 хвилин** вимірювати та записувати:
 - напругу батареї;
 - силу струму;
 - температуру електроліту (за потреби).
4. Продовжувати розряд до досягнення граничної напруги:
 - 10,5 В для 12-вольтової батареї;
 - 1,75 В для одного акумулятора.
5. Зафіксувати час закінчення розряду.

4. Дослідження розряду окремих акумуляторів

1. Виміряти напругу кожного окремого акумулятора в складі батареї під час розряду.
2. Визначити акумулятори з найбільшим падінням напруги.
3. **Порівняти результати між окремими елементами:**
 - **різниця напруг не повинна перевищувати 0,1–0,2 В.**
4. Зробити висновок щодо рівномірності розряду акумуляторів.

1.4. Визначити розрядну ємність батареї за експериментальними даними вимірювань.

Для помірної кліматичної зони густина електроліту, що заливається до акумулятора, дорівнює $1,25 \text{ г/см}^3$, для зарядженого акумулятора - $\rho_{\text{max}} = 1,27 \text{ г/см}^3$, для розрядженого $\rho_{\text{min}} = 1,11 \text{ г/см}^3$ [1]. Згідно з емпіричною формулою, ЕРС акумулятора визначається за густиною електроліту:

$$E = \rho + 0,84; \quad (1)$$

де: E - ЕРС, В; ρ - густина, г/см^3 .

Для оцінки стану зарядженої акумуляторної батареї слід:
- зібрати схему дослідницької установки, для чого з'єднати акумуляторну батарею зі стендом за допомогою спеціальних клем та перевірити надійність контактів.

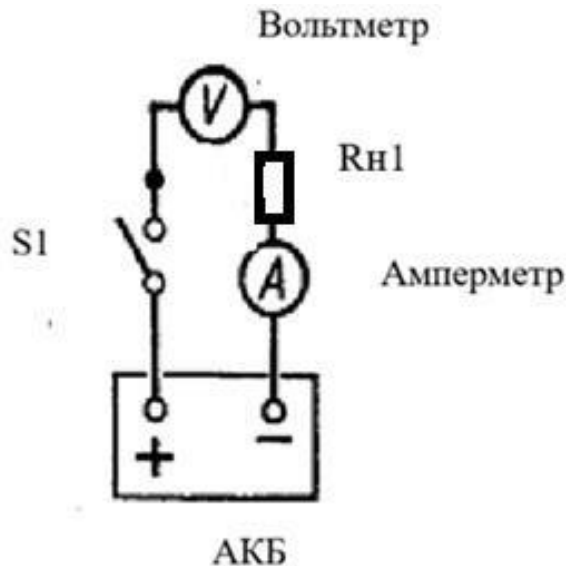


Рис. 1.2. Схема дослідницької установки.

- **АКБ** – акумуляторна батарея;
- **V** – вольтметр для вимірювання напруги АКБ;
- **A** – амперметр для вимірювання сили струму АКБ;
- **S1** – перемикач у положенні «Акумулятор»;
- **Rn1** - навантажувальний резистор, призначений для створення контрольованого електричного навантаження під час вимірювання параметрів акумуляторної батареї.

- виміряти густина електроліту (рис. 3) у всіх акумуляторах за допомогою денсиметра та виміряти ЕРС акумуляторної батареї E ; занести

результати вимірювань до таблиці 2.1. Розрахувати величини ЕРС кожного з акумуляторів за формулою (1) та знайти їх суму E [1].

Таблиця 2.1

Х-ка/№	1	2	3	4	5	6	
E							$E =$
ρ							$ES =$

Відвернути пробку заливного відвернення та опустити скляну трубку до упору в запобіжний щиток (рис. 3).

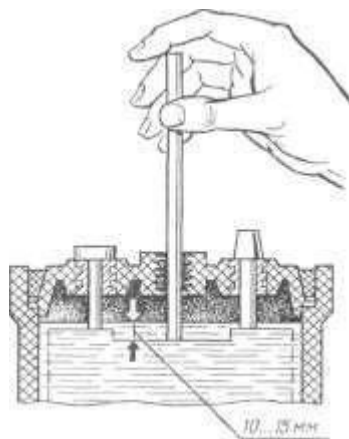


Рис. 3. Схема перевірки рівня електроліту [3].

Густина електроліту в акумуляторній батареї визначають за допомогою акумуляторного денсиметра (рис. 4) [3]. Для проведення вимірювання денсиметр занурюють у заливний отвір відповідної банки акумулятора та набирають електроліт у вимірювальну трубку. Після цього верхній кінець трубки закривають пальцем, виймають її із заливного отвору та визначають рівень електроліту.

Нормальним вважається рівень електроліту, що знаходиться на 10–15 мм вище запобіжного щитка. Після визначення рівня електроліту вимірювальну трубку знову вставляють у заливний отвір відповідної банки та обережно зливають електроліт назад у акумулятор.

У разі, якщо рівень електроліту в банці нижчий за запобіжний щиток, необхідно долити дистильовану воду до встановленої норми. Доливання сірчаної кислоти під час експлуатації акумуляторної батареї не допускається, оскільки це може призвести до порушення електрохімічних процесів і скорочення строку служби акумулятора [3].

Під час виконання вимірювань необхідно суворо дотримуватися вимог техніки безпеки. Роботи слід проводити в захисних рукавицях та окулярах, у добре провітрюваному приміщенні або під витяжкою. Забороняється нахилитися безпосередньо над акумуляторною батареєю, допускати потрапляння електроліту на шкіру чи одяг, а також використовувати відкритий вогонь поблизу акумулятора через можливе виділення вибухонебезпечних газів. У разі потрапляння електроліту на шкіру або в очі необхідно негайно промити уражену ділянку великою кількістю води.

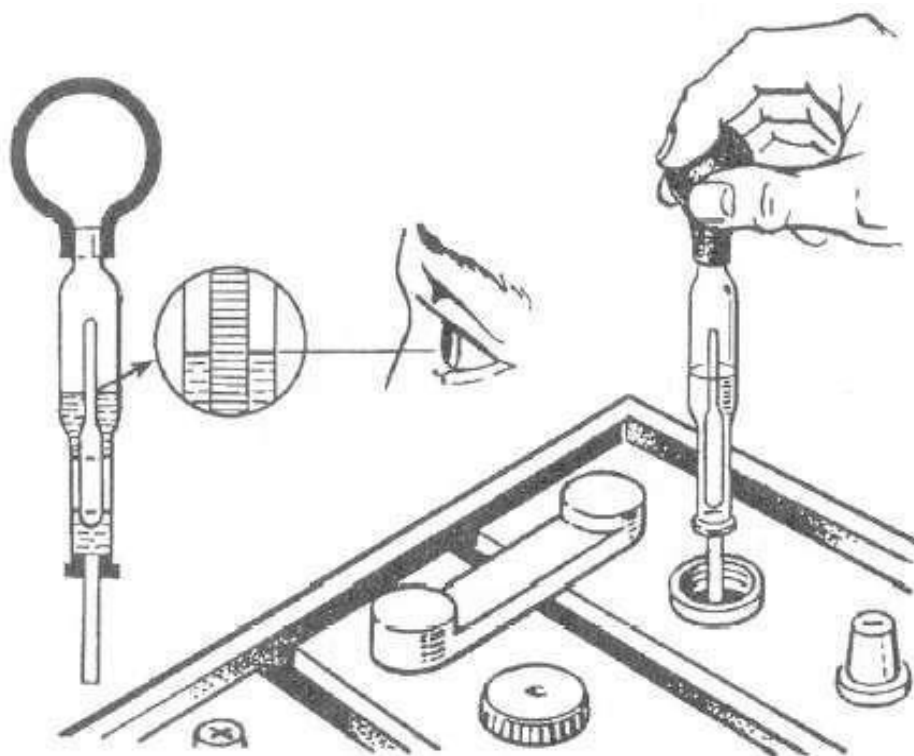


Рис.4.Схема вимірювання густини електроліту [3].

Оцінку технічного стану акумуляторної батареї виконують шляхом порівняння результатів вимірювання густини електроліту з нормативними значеннями (максимальним і мінімальним) та співставлення вимірної електрорушійної сили (ЕРС) з розрахунковим значенням E . Якщо акумулятор знаходиться у стані спокою, його ЕРС практично не залежить від ступеня розряду пластин, проте змінюється у відповідності зі щільністю електроліту. Визначення ЕРС акумулятора здійснюють за величиною густини електроліту за допомогою відповідної формули (формула 1), що дозволяє оцінити його зарядний стан та ступінь деградації активної маси[1]:

Якщо відома густина електроліту повністю зарядженої батареї, то за даними вимірювань за формулою 2 визначають ступінь розрядженості акумуляторів [3].

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

2

де ΔC_p - ступінь розрядженості акумулятора, %;

ρ_z і ρ_p - щільність електроліту відповідно цілком зарядженого і цілком розрядженого акумулятора при температурі 25 °С, г/см³;

ρ_{25} - обмірювана щільність електроліту, приведена до 25 °С, г/см³.

При цьому слід запам'ятати, що номінальна густина електроліту нормується при 15 °С. При відхиленні температури електроліту від номіналу на кожні 15 °С приймають поправку до заміряної густини відповідно $\pm 0,01$ г/см³. Значні розбіжності теоретичних та експериментальних даних свідчать про незадовільний стан акумуляторів та батареї в цілому [1].

Таблиця 2.2

Густина електроліту батареї при 15 °С, г/см³

Батарея			
Повністю заряджена	Розряджена на 25%	Розряджена на 50%	Повністю розряджена
1,31	1,27	1,23	1,19
1,29	1,25	1,21	1,17
1,27	1,23	1,19	1,14
1,25	1,21	1,17	1,11
1,24	1,20	1,16	1,10

Таблиця 2.3

Велич.	$\Delta C_p =$		$I p =$			$T_{\text{вимір}} =$	
	1	2	3	4	5	6	7
№ вимір							
U _{н,р}							
ρ_z							
ρ_p							

- повторювати вимірювання з періодичністю $T_{\text{вимір}} = 10$ хвилин (або іншою - за вказівкою викладача), підтримуючи постійною величину

розрядного струму за допомогою $R_{н1}$. Здійснювати експеримент протягом години або до досягнення густини електроліту значення \min (таб. 2.2).

- побудувати вольт-амперну характеристику розряду (рис.5).
- визначити остаточний ступінь розрядженості батареї (після зняття характеристики розряду) за формулою 1.

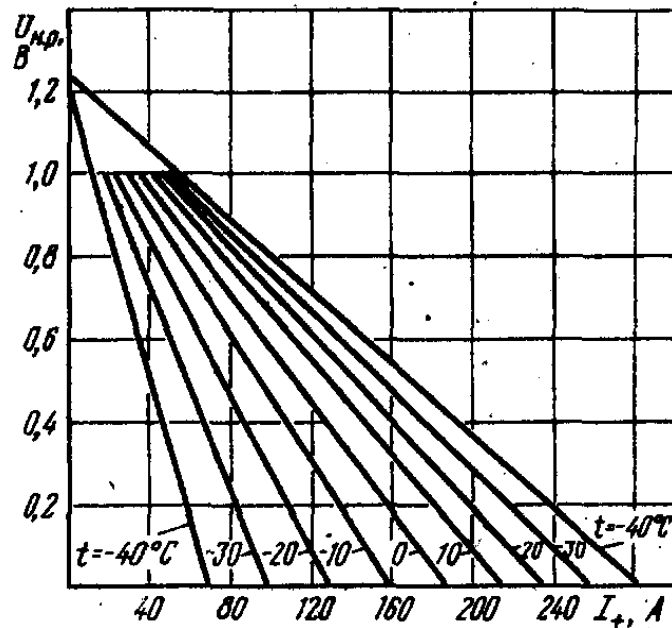


Рис. 5. Вольт-амперні характеристики ($U_{н,р}$ початкова розрядна напруга від, В від $I_{р}$ – сили струму розряду батареї, А)

1.5. Як правильно заряджати акумуляторну батарею

1. Підготовка до заряджання. Перед початком заряджання необхідно: очистити корпус АКБ від бруду та вологи; перевірити цілісність корпусу та клем; перевірити рівень електроліту (для обслуговуваних АКБ); за потреби долити лише дистильовану воду; забезпечити добре провітрюване приміщення.

2. Підключення до зарядного пристрою. Під'єднати позитивний затискач (+) зарядного пристрою до позитивного виводу АКБ; Під'єднати негативний затискач (-) до негативного виводу; Підключення і відключення виконувати при вимкненому зарядному пристрої.

3. Режим заряджання. Зарядний струм встановлюють у межах 0,1 від номінальної ємності АКБ (наприклад, для АКБ 60 А·год – 6 А); Напруга заряджання для 12-вольтової АКБ становить 14,4–14,8 В; Температура електроліту не повинна перевищувати $+45\text{ }^\circ\text{C}$.

4. Процес заряджання. Під час заряджання: контролюють струм і напругу; періодично перевіряють густину електроліту; допускається слабе газоутворення наприкінці заряджання; забороняється нахилити або струшувати АКБ.

5. Ознаки завершення заряджання. Заряджання вважається завершеним, якщо: напруга та густина електроліту стабілізувалися; густина електроліту відповідає нормативним значенням; відбувається рівномірне слабке «кипіння» електроліту.

6. Заходи безпеки: не допускати відкритого полум'я та іскор поблизу АКБ; працювати в захисних рукавицях та окулярах; уникати короткого замикання клем; у разі потрапляння електроліту на шкіру негайно промити водою.

7. Типові помилки під час заряджання: перевищення зарядного струму; заряджання замерзлої АКБ; доливання кислоти замість води; використання несправного зарядного пристрою.

Правила безпеки при виконанні роботи

- Перевірку технічного стану АКБ треба проводити в спеціальних печатках.
- Приміщення повинно мати примусовий витяг повітря.
- При перевірці рівня електроліту і його густини не допускати попадання електроліту на кожні покрови і слезову оболонку очей.
- У випадку попадання електроліту на кожні покрови і слезову оболонку очей негайно промити великою кількістю води і звернутися за допомогою лікаря.
- При перевірці акумуляторів під навантаженням не допускати випадкових замикань «накоротко».
- Не користуватися відкритим вогнищем.

Чинники розрядження акумулятора:

1. **Коротке замикання в електричній системі.** При короткому замиканні великий струм миттєво «витікає» з акумулятора, перетворюючись на тепло. Це не лише швидко розряджає батарею, але й може пошкодити проводку, запобіжники та сам акумулятор, що загрожує серйозними електричними аваріями.

2. **Залишені увімкненими світлові прилади.** Фари, підсвічування салону, габаритні вогні або сигналізація споживають значну кількість енергії. Якщо їх не вимикати під час паркування, акумулятор швидко розряджається, особливо при низькому заряді або старому акумуляторі.

3. **Додаткові обігрівальні прилади.** Використання вентиляторів обігріву або додаткових обігрівальних систем при недостатньому рівні заряду акумулятора може призвести до його повного розрядження. Також швидке розрядження спостерігається, якщо встановлена батарея має меншу ємність, ніж необхідно для підтримки роботи всіх систем.

4. **Несправний генератор.** Генератор забезпечує підзарядку акумулятора під час руху автомобіля. У разі його несправності акумулятор стає єдиним джерелом енергії для всіх електричних систем, включаючи блоки управління та освітлення, що призводить до його швидкого розрядження та неможливості запуску двигуна.

5. **Несправний регулятор напруги генератора.** Регулятор контролює оптимальний рівень заряду акумулятора. При його несправності батарея може або недозаряджатися, або отримувати надлишковий заряд. Обидва випадки скорочують ресурс акумулятора і підвищують ризик його повного розрядження.

6. **Несправність блоків управління автомобіля.** Якщо електронні модулі та блоки управління не відключаються після вимкнення двигуна, вони продовжують споживати струм з акумулятора. Це призводить до його швидкого розрядження навіть під час стоянки та може ускладнити запуск двигуна.

7. **Встановлення додаткового електричного обладнання.** Додаткові прилади, такі як обігрів сидінь, підсилювачі звуку, додаткове освітлення, зазвичай підключаються до акумулятора через прикурювач, тощо. Інтенсивне використання таких пристроїв значно збільшує навантаження на батарею і прискорює її розрядження.

8. **Невідповідний або зношений акумулятор.** Встановлення батареї з меншою ємністю або іншого типу, ніж рекомендовано виробником, знижує її ефективність та ресурс. Акумулятор швидко розряджається, не витримуючи навантаження електросистем автомобіля, що призводить до частих проблем із запуском двигуна.

9. **Короткі поїздки.** При коротких поїздках генератор не встигає повністю відновити витрачений заряд акумулятора. Використання додаткових приладів, таких як обігрів сидінь, радіо або система навігації, під час коротких поїздок особливо взимку прискорює процес розрядження батареї.

10. **Електроприлади розважального та побутового призначення.** Використання радіо, DVD-плеєрів, телевізорів, холодильників та навігаційних систем значно підвищує споживання енергії. Якщо акумулятор недостатньо заряджений або старий, це може призвести до його повного розрядження, залишивши автомобіль без можливості запуску двигуна.

Вимоги до звіту з лабораторної роботи

1. Титульний аркуш:
 - Назва навчального закладу, факультет/кафедра.
 - Назва дисципліни, тема лабораторної роботи.
 - ПІБ студента та група, дата виконання роботи.
 - ПІБ викладача.
2. Мета роботи
3. Теоретична частина
 - Короткий опис будови стартерної свинцево-кислотної АКБ (елементи, електроліт, корпус).
 - Принцип дії батареї: заряд, розряд, хімічні процеси.
 - Основні параметри: номінальна напруга, ємність, струм пуску, внутрішній опір.
 - Методи перевірки стану АКБ: вимірювання напруги, щільності електроліту, струму під навантаженням.

- Типові несправності: розряд, сульфатація пластин, осад електроліту, пошкодження клем і корпусу.
- 4. Обладнання та прилади
- 5. Схема експериментальної установки
- Малюнок або схема підключення АКБ до приладів та навантаження.
- Позначення всіх клем, контактів, вимірювальних приладів.
- 6. Порядок виконання роботи
- 7. Результати вимірювань
- Заповнити таблиці вимірювань.
- Побудувати графіки
- 8. Аналіз результатів
- Порівняння виміряних значень з номінальними параметрами АКБ.
- Визначення ступеня зарядженості та ефективної ємності.
- Виявлення та пояснення можливих несправностей.
- 9. Висновки
- Короткий виклад основних результатів роботи.
- Стан батареї: працездатна / потребує обслуговування / несправна.
- Висновки про отримані знання та навички діагностики АКБ.
- 10. Опрацювати контрольні питання.

Контрольні питання.

1. Які основні складові елементи входять до конструкції стартерної АКБ?
2. Яке основне призначення стартерної акумуляторної батареї в автомобілі?
3. Які вимоги висуваються до електроліту стартерної акумуляторної батареї?
4. Чому під час приготування електроліту кислоту вливають у воду, а не навпаки?
5. Що відбувається з активною масою пластин АКБ у процесі заряджання?
6. Як змінюється густина електроліту при зарядженні та розрядженні акумулятора?
7. Що таке номінальна ємність стартерної АКБ і в яких одиницях вона вимірюється?
8. Яку інформацію містить маркування стартерної акумуляторної батареї?
9. Які основні параметри та експлуатаційні характеристики стартерних АКБ?
10. Які найбільш поширені несправності стартерних акумуляторних батарей та їх причини?

Література

1. Диха О.В., Бабак О.П., Маковкін О.М. Електронне та електричне обладнання автомобілів: метод. вказівки до вик. лаб. робіт з дисципліни «Електронне та електричне обладнання автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт», – Хмельницький : ХНУ, 2020. – 35 с.
2. Пиндус Ю.І., Заверуха Р.Р. Електричне та електронне обладнання автомобілів: навч. посіб. (частина І). Тернопіль: ТНТУ, 2016. 145 с.
3. Мартиненко С.А. Методичні вказівки до виконання практичної роботи № 1 на тему: «Перевірка технічного стану акумуляторних батарей» з дисципліни «Електрообладнання автомобілів». Лозова: ЛФ ХДАДК, 2017. 16с.

Основні технічні дані стартерних акумуляторних батарей

Позначення АБ	Двадцятигодинний режим розрядження при +30 °		Стартерний режим розрядження						Маса батареї з електролітом, кг
	Розрядний струм, А	Ємність, А·год	Напруга розряду при +30 °С				При +18 °С		
			Після розрядження, В	Струм, А	Ємність, А·год	Напруга, В	Ємність, А·год	Напруга, В	
6-СТ-45	2,25	45	1,75	126	11,5	9	4,7	6	21
6-СТ-60	3,0	60	1,75	160	14,6	9	6	6	25
6-СТ-75ЕМС	3,75	75	1,75	205	18,7	9	7,6	6	30
6-СТ-90	4,5	90	1,75	245	19	9	11,7	6	34
6-СТ-132	6,4	130	1,75	360	30	9	13	6	61

Лабораторна робота №2.

ТЕМА: Дослідження характеристик генератора змінного струму.

Мета роботи: Ознайомитися з будовою та принципом дії автомобільного генератора змінного струму; експериментально дослідити його основні електричні характеристики (напруги, струму, потужності) залежно від частоти обертання та навантаження.

Обладнання та матеріали

- автомобільний генератор змінного струму з випрямним блоком і регулятором напруги;
- приводний електродвигун або навчальний стенд;
- акумуляторна батарея (12 В);
- вольтметр постійного струму;
- амперметр постійного струму;
- тахометр;
- реостат або навантажувальний резистор;
- вимикачі, з'єднувальні проводи;
- методичні вказівки та бланк звіту.

Порядок виконання роботи

1. **Вивчити конструкцію та принцип роботи генератора змінного струму.** Ознайомитися з основними елементами генератора: ротором, статором, обмоткою збудження, випрямним блоком (діодним мостом), регулятором напруги. З'ясувати принцип утворення змінної ЕРС та її випрямлення.
2. **Зібрати експериментальну схему.** Зібрати схему підключення генератора до акумуляторної батареї, навантаження та вимірювальних приладів відповідно до схеми лабораторної установки. Перевірити надійність контактів.
3. **Дослідити залежність напруги генератора від частоти обертання ротора.** Змінюючи частоту обертання генератора, виміряти напругу на його виході за сталого навантаження. Результати занести до таблиці.
4. **Дослідити зовнішню характеристику генератора.** За сталої частоти обертання змінювати навантаження та вимірювати струм і напругу генератора. Побудувати графік залежності напруги від струму навантаження.
5. **Визначити вихідну потужність генератора.** За результатами вимірів розрахувати потужність генератора при різних режимах роботи.
6. **Проаналізувати результати досліджень.** Зробити висновки щодо стабільності напруги, ефективності роботи регулятора напруги та працездатності генератора.
7. **Оформити звіт та опрацювати контрольні питання.** Оформити звіт відповідно до вимог і підготувати відповіді на контрольні запитання.

Теоретичні відомості

1. Вивчити конструкцію та принцип роботи генератора змінного струму.

Автомобільний генератор змінного струму (рис. 2.1) призначений для виробництва електричної енергії під час роботи двигуна, забезпечення живлення електричних споживачів автомобіля та заряджання акумуляторної батареї.

Вентильні генератори змінного струму з випрямлячем та інтегрованим регулятором напруги являють собою трифазну синхронну електричну машину змінного струму з електромагнітним збудженням. Вони оснащені вбудованим випрямлячем на кремнієвих діодах та електронним регулятором напруги, що дозволяє перетворювати змінний струм у постійний і підтримувати стабільну напругу на виході незалежно від режиму роботи двигуна.

Це складний електромеханічний пристрій, який включає електричні, магнітні та механічні елементи, взаємодія яких забезпечує надійне і стабільне електропостачання автомобіля в усіх експлуатаційних режимах [1].



Рис. 2.1. Автомобільний генератор змінного струму.

1. Корпус генератора. Корпус генератора складається з двох кришок (передньої та задньої), виготовлених з алюмінієвого сплаву. Корпус забезпечує:

- механічну міцність конструкції;
- точне взаємне розташування ротора і статора;
- ефективне охолодження генератора за рахунок вентиляційних отворів.

2. Ротор. Ротор є обертовою частиною генератора і створює магнітне коло. Він складається з:

- осердя з полюсними наконечниками (кігтеподібного типу);
- обмотки збудження;
- валу ротора;
- контактних кілець.

Під час подачі струму на обмотку збудження ротор перетворюється на електромагніт, який приводиться в обертання клиновим пасом від шківів колінчастого валу двигуна [1].

3. Обмотка збудження. Обмотка збудження розміщена на роторі та під'єднується до джерела постійного струму через щітковий вузол. Вона створює магнітне поле, інтенсивність якого залежить від сили струму збудження.

4. Контактні кільця та щітковий вузол. Контактні кільця встановлені на валу ротора і забезпечують підведення струму до обмотки збудження. Щітки виготовляють з графіту або вугільно-графітних матеріалів і притискають до контактних кілець пружинами.

5. Статор. Статор є нерухомою частиною генератора. Він складається з:

- магнітопроводу з електротехнічної сталі;
- трифазної обмотки статора.

Під час обертання ротора в обмотках статора індукуються змінна електрорушійна сила.

6. Випрямний блок (діодний міст). Випрямний блок призначений для перетворення змінного трифазного струму, що виробляється генератором, у постійний струм. Він складається з силових напівпровідникових діодів, встановлених на тепло-відвідних пластинах для забезпечення ефективного охолодження під час роботи. Перетворення змінного струму в постійний здійснюється за допомогою випрямляча, який включає шість діодів, що формують трифазну мостову схему (рис. 2.2 а, б). Перша група діодів — VD1, VD3 і VD5, катоди яких з'єднані між собою, формує позитивний полюс випрямленої напруги. Друга група — VD2, VD4 і VD6, аноди яких з'єднані між собою, забезпечує утворення негативного полюса. Завдяки такій схемі випрямляч забезпечує стабільний постійний струм на виході генератора, необхідний для живлення бортової електричної мережі автомобіля та заряджання акумуляторної батареї [1].

У кожний момент часу в роботі випрямного блоку задіяні лише два діоди — по одному з кожної групи. У першій групі струм проходить через той діод, анод якого перебуває під найбільшим електричним потенціалом відносно інших. В другій групі струм протікає через діод, катод якого має найнижчий потенціал серед усіх діодів групи.

Завдяки такій трифазній мостовій схемі випрямляч перетворює змінний струм генератора на стабільний постійний струм з мінімальними пульсаціями, що необхідно для надійного живлення бортової електричної мережі автомобіля. Це забезпечує безперервну роботу всіх електричних споживачів — від освітлення та приладів до систем керування двигуном та безпеки. Крім

того, стабільний вихідний струм випрямляча гарантує ефективно та безпечно заряджання акумуляторної батареї, підтримуючи її оптимальний рівень заряду та продовжуючи термін служби батареї [1].

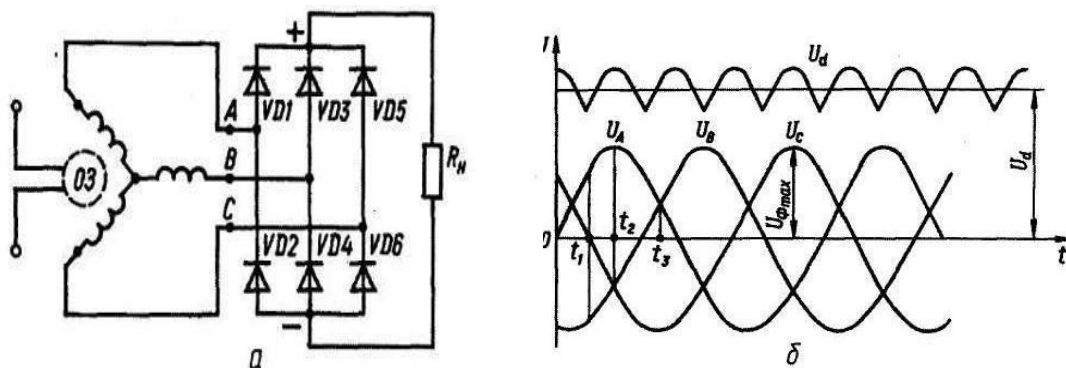


Рис. 2.2. Трифазний випрямляч генератора: а – схема генераторної установки; б – графік зміни напруги щодо часу

7. Регулятор напруги. Регулятор напруги автомобільного генератора автоматично підтримує вихідну напругу в заданих межах, зазвичай 13,6–14,5 В, шляхом зміни струму збудження ротора залежно від режиму роботи генератора та навантаження. У сучасних автомобілях використовують різні типи регуляторів напруги: контактно-вібраційні (одно- або двоступеневі), контактно-транзисторні, безконтактні транзисторні та інтегральні [1].

Контактно-вібраційні регулятори, які мають термін служби близько 120–150 тис. км пробігу, поступаються за надійністю сучасним безконтактним та інтегральним регуляторам, у яких ресурс досягає 200–300 тис. км. Безконтактні транзисторні та інтегральні регулятори не містять рухомих частин, контактних поверхонь і пружин, що забезпечує мінімальне обслуговування під час експлуатації та компактні габарити пристрою [1].

На рис. 2.3 наведено принципову схему простого транзисторного регулятора фірми «Bosch». Під час запуску двигуна на емітер силового транзистора VT2 подається позитивна напруга, а на базу — негативна напруга генератора. Завдяки наявності різниці потенціалів між емітером і базою транзистор VT2 відкривається, і робочий струм протікає від затискача «+» через емітерно-колекторний перехід транзистора до обмотки збудження і далі на масу. Величина струму визначається опором відкритого транзистора VT2 та опором обмотки збудження.

При максимальному струмі збудження вихідна напруга генератора швидко зростає, що одночасно підвищує напругу в спільній точці подільника напруги, складеного з резисторів R1 та R2. Подільник виконує роль датчика напруги, порівнюючи її з еталонною напругою, визначеною пробивною напругою стабілітрона VD1. Коли напруга в точці подільника досягає пробивної напруги стабілітрона, VD1 стає провідним, і транзистор VT1

відкривається. Через відкритий VT1 протікає робочий струм від затискача «+» через емітерно-колекторний перехід VT1 і резистор R3 на масу.

Одночасно база силового транзистора VT2 через відкритий VT1 підключається до позитивного виводу генератора, що призводить до зникнення різниці потенціалів між емітером і базою VT2. Внаслідок цього транзистор VT2 закривається, перериваючи струм у обмотці збудження. При цьому в обмотці збудження індукуються ЕРС самоіндукції, полярність якої збігається з вихідною напругою. ЕРС самоіндукції може створювати шкідливі пікові напруги, які здатні пошкодити транзистор VT2, тому застосовується захисний діод VD2.

Діод VD2 під час закриття VT2 стає провідним і практично коротко замикає обмотку збудження, виконуючи функцію обмеження струму і захисту транзистора від перенапруг. У період протікання робочого струму збудження VD2 закритий і не впливає на роботу кола. Така схема забезпечує стабільну роботу генератора, надійне підтримання вихідної напруги та захист силового транзистора від пошкоджень [1].

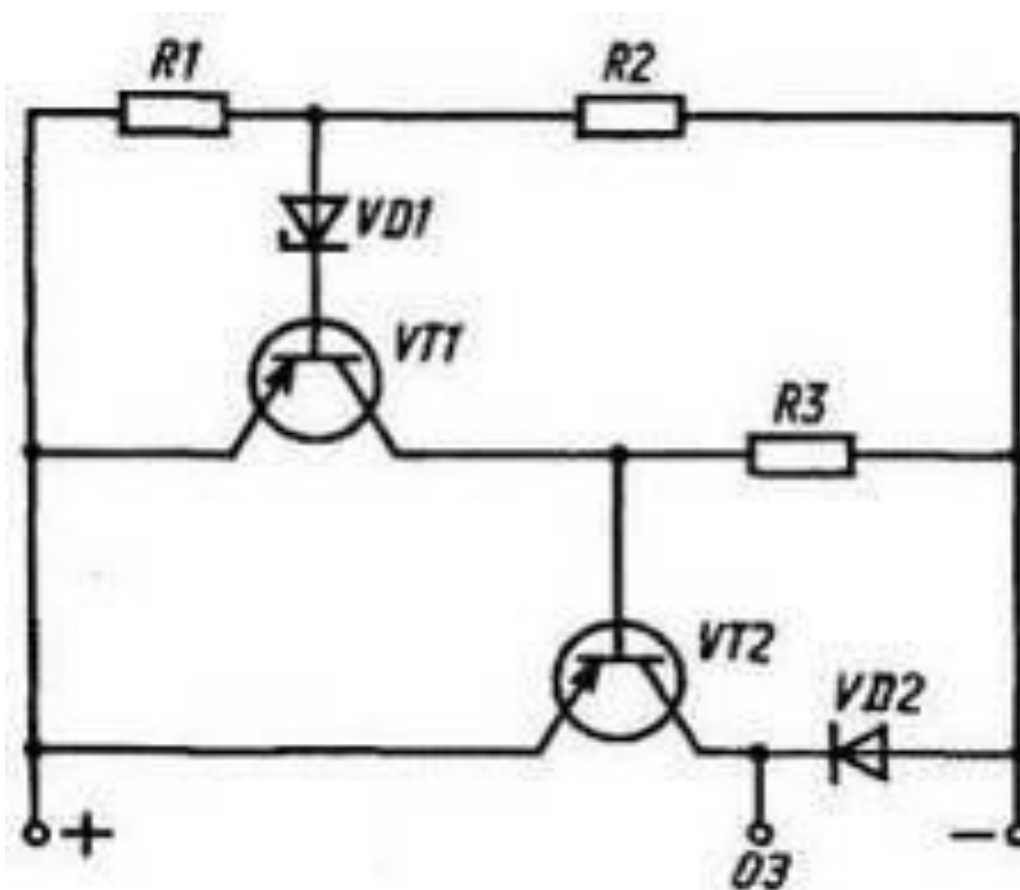


Рис. 2.3. Принципова схема простого транзисторного регулятора бренду «Бош».

8. Система охолодження. Охолодження автомобільного генератора здійснюється за допомогою вбудованого вентилятора, який встановлений на роторі або валу генератора. Під час обертання ротора вентилятор створює неперервний потік повітря, що проходить через корпус генератора та

охолоджує його внутрішні елементи. Потік повітря забезпечує ефективне відведення тепла від обмоток статора та ротора, а також від напівпровідникових елементів випрямного блоку, зменшуючи ризик їх перегріву. Така система охолодження дозволяє підтримувати оптимальний температурний режим роботи генератора навіть при високих навантаженнях і тривалій експлуатації.

9. Привід генератора. Привід генератора здійснюється від колінчастого валу двигуна за допомогою клинового або поліклинового ременя.

2. Зібрати експериментальну установку (рис. 2.4.).

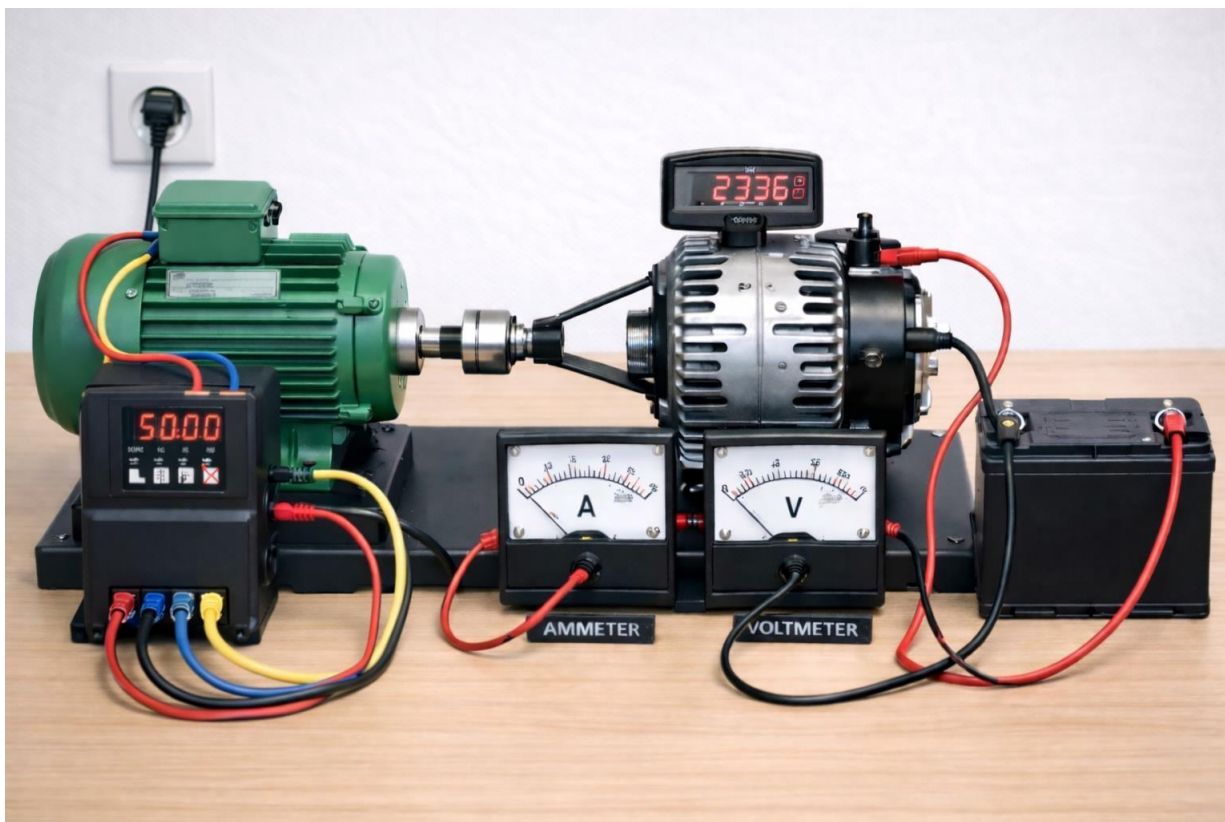


Рис. 2.4. Експериментальна установка роботи генератора змінного струму.

ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Компоненти системи:

1. Електродвигун змінного струму (приводний) – джерело механічної енергії.
2. Автомобільний генератор (альтернатор) – перетворює механічну енергію в електричну.
3. Акумуляторна батарея (12V) – накопичує та стабілізує напругу.
4. Автомобільні лампи (навантаження) – споживачі електроенергії.
5. Вольтметр – вимірює напругу.
6. Амперметр – вимірює струм.
7. Тахометр – вимірює швидкість обертання генератора.

8. **Частотний перетворювач** - регулює швидкість обертання асинхронного двигуна змінного струму.
9. **З'єднувальні дроти та перемикачі.**

Електробезпека:

1. Електродвигун живиться від мережі 220V – **небезпечна напруга!**
2. Всі з'єднання виконувати при **вимкненому** живленні.
3. Використовувати дроти з ізоляцією, відповідні за перетином.
4. Заземлити корпус електродвигуна та генератора.
5. Не торкатися обертових частин та оголених контактів.

Механічна безпека:

1. Перевірити надійність кріплення електродвигуна та генератора.
2. Огородити карданну передачу захисним кожухом.
3. Не працювати у вільному одязі (може намотатися на вал).

3. Дослідити залежність напруги генератора від частоти обертання ротора.

1. Результати дослідження занести до таблиці 2.1.

4. Дослідити зовнішню характеристику генератора серії С8.

1. Побудувати графік 1 - залежність напруги від швидкості обертання.
2. Побудувати графік 2 - залежність напруги від навантаження.
3. Побудувати графік 3 - залежність потужності від навантаження.

5. Визначити вихідну потужність генератора.

Аналіз літературних джерел показав, що витрати енергії двигуна на привід генераторної установки в електричній мережі автомобіля можуть становити до 6% від загальної потужності двигуна. Це означає, що частина механічної енергії двигуна витрачається на обертання ротора генератора для вироблення електричної енергії, необхідної для живлення бортових споживачів та заряджання акумуляторної батареї. Відповідно, такі енергетичні витрати прямо впливають на підвищене споживання палива під час експлуатації автомобіля. Особливо це відчутно у зимовий період, коли одночасно зростає навантаження на електричну систему через обов'язкове включення габаритних та зовнішніх освітлювальних приладів, обігрівачів, дефростерів та інших систем комфорту. Таким чином, робота генератора не тільки забезпечує стабільне електропостачання автомобіля, а й є фактором, що безпосередньо впливає на економічність використання палива та ефективність роботи двигуна.

Таблиця 2.1.

Результати дослідження

№ досл.	Швидкість обертання якоря генератора (об/хв)	навантаження	Напруга (V)	Струм (A)	Потужність (Вт)
1	15000	Без навантаження			
2	15000	3 навантаженням 1 лампа (55Вт)			
3	15000	3 навантаженням 2 лампа (110Вт)			
4	15000	3 навантаженням 4 лампа (220Вт)			
5	20000	Без навантаження			
6	20000	3 навантаженням 1 лампа (55Вт)			
7	20000	3 навантаженням 2 лампа (110Вт)			
8	20000	3 навантаженням 4 лампа (220Вт)			
9	25000	Без навантаження			
10	25000	3 навантаженням 1 лампа (55Вт)			
11	25000	3 навантаженням 2 лампа (110Вт)			
12	25000	3 навантаженням 4 лампа (220Вт)			

Якість роботи генераторної установки безпосередньо впливає на стан та надійність усієї системи електропостачання автомобіля. Справність генератора оцінюють за його вихідними характеристиками під час різних видів діагностування, включаючи стендові та експлуатаційні випробування. Несправності генераторної установки можна умовно поділити на три основні групи: **механічні, електричні та електронні.**

1. Несправності механічної частини виникають внаслідок зносу, пошкодження або руйнування її елементів. До них відносяться:

- Привід генератора (пасова передача, елементи ротора та інші механічні вузли);
- Щітковий вузол (щітки, контактні кільця);
- Корпусні деталі (кришки, статор, кронштейни та ін.);
- Підшипниковий вузол (знос або заклинювання підшипників).

2. Несправності електричної частини характеризуються втратою номінальних електричних параметрів обмоток статора або ротора. Сюди входять:

- Обриви або розриви обмоток;
- Міжвиткові короткі замикання;
- Замикання обмоток на корпусні елементи;
- Недостатній контакт через окислення або ослаблення з'єднань.

3. Несправності електронної частини пов'язані з втратою номінальних характеристик елементів випрямного блоку та регуляторів напруги, зокрема:

- Діоди, стабілітрони, конденсатори;
- Елементи інтегральних або безконтактних регуляторів напруги.

Під час експлуатації генераторні установки підлягають обслуговуванню відповідно до переліку робіт, передбачених технічними обслуговуваннями ТО-1 та ТО-2, що включає перевірку натягу приводного ремня, стану щіткового вузла, підшипників та електричних контактів.

У разі виявлення несправностей під час перевірки генератора на автомобілі або на лабораторно-діагностичному стенді приймається рішення про необхідність проведення **поточного ремонту** (часткова заміна або регулювання окремих вузлів) або **капітального ремонту** (повна розбирання, відновлення або заміна всіх зношених елементів).

Додатково слід враховувати, що своєчасне обслуговування і діагностика генераторної установки не лише забезпечує стабільне електропостачання автомобіля, але й продовжує термін служби всього агрегату, знижує ризик аварійних відмов під час руху та зменшує витрати на ремонт.

б. Проаналізувати результати досліджень.

На цьому етапі роботи необхідно детально проаналізувати результати вимірювань і досліджень генераторної установки та її регулятора напруги. Слід оцінити такі параметри:

- **Стабільність вихідної напруги генератора** при різних режимах роботи двигуна та змінах навантаження. Важливо визначити, наскільки напруга відповідає номінальним значенням (зазвичай 13,6–14,5 В) і чи відбуваються значні коливання, що можуть негативно впливати на роботу електроспоживачів автомобіля.

- **Ефективність роботи регулятора напруги**, яка оцінюється за здатністю підтримувати постійне значення вихідної напруги незалежно від зміни обертів генератора та величини навантаження. Аналізу підлягає робота контактних і безконтактних регуляторів, наявність затримок у спрацьовуванні та швидкість реакції на зміну навантаження.

- **Працездатність генератора**, яка визначається відповідністю вихідних електричних характеристик номінальним параметрам, відсутністю перегріву, підвищених пульсацій на виході та справністю обмоток, діодного моста та механічних вузлів.

На основі проведеного аналізу формуються **висновки**, які повинні включати:

1. Оцінку стабільності напруги генератора при різних режимах роботи.
2. Оцінку ефективності та надійності роботи регулятора напруги.

3. Виявлення можливих відхилень або несправностей, які впливають на роботу генератора або бортової електромережі.

4. Рекомендації щодо необхідності обслуговування або ремонту генераторної установки.

Такий підхід дозволяє не лише оцінити технічний стан генератора та регулятора напруги, а й зробити практичні висновки щодо їх ефективності, безпеки експлуатації та економічності роботи автомобіля.

7. Оформити звіт та опрацювати контрольні питання.

Вимоги до звіту з лабораторної роботи

1. Титульний аркуш

- Назва навчального закладу.
- Факультет/кафедра.
- Назва дисципліни.
- Тема лабораторної роботи.
- ПІБ студента та група.
- ПІБ викладача.
- Дата виконання роботи.

2. Мета роботи

- Сформулювати мету роботи.

3. Теоретична частина

- Короткий опис будови генератора змінного струму.
- Принцип дії генератора.
- Основні електричні характеристики: напруга, струм, потужність, частота обертання.
- Норми та допустимі значення параметрів для автомобільного генератора.

4. Обладнання та прилади

- Перелік використаних пристроїв.
- Коротка характеристика вимірювальних приладів.

5. Схема експериментальної установки

- Малюнок або схема підключення генератора до вимірювальних приладів та навантаження.
- Позначення всіх клем, контактів, приладів.

6. Порядок виконання роботи

- Короткий опис кожного етапу лабораторної роботи.
- Порядок вимірювання напруги, струму, потужності.
- Вказати, як змінювати навантаження та обертання ротора.
- Звернути увагу на безпечну роботу з електрообладнанням.

7. Результати вимірювань

- Заповнити таблиці результатів дослідження.
- Побудувати графіки залежності характеристик генератора.

8. Аналіз результатів

- Порівняння експериментальних даних з теоретичними значеннями.
- Виявлення закономірностей залежності напруги, струму та потужності від обертання та навантаження.

- Обговорення можливих причин відхилень від нормальних параметрів.

9. Висновки

- Короткий виклад основних результатів роботи.
- Визначення, чи відповідає робота генератора технічним нормам.
- Висновки про правильність проведення експерименту та отримані навички.

10. Контрольні питання

- Відповіді на контрольні питання лабораторної роботи.

Контрольні питання

1. Яке призначення автомобільного генератора змінного струму?
2. Які основні частини входять до складу генератора?
3. Поясніть принцип роботи генератора змінного струму.
4. Що таке напруга холостого ходу генератора і як її вимірюють?
5. Як впливає частота обертання ротора на вихідну напругу генератора?
6. Що таке номінальний струм генератора і як його визначають експериментально?
7. Яким чином навантаження генератора впливає на його вихідну напругу та потужність?
8. Які методи застосовуються для вимірювання електричних характеристик генератора на автомобілі?
9. Які ознаки несправності генератора під час його роботи можна виявити візуально чи за допомогою приладів?
10. Як впливає стан акумуляторної батареї на роботу генератора та системи зарядки?

Література

1. Гунчик Р. В. Електрообладнання автомобіля: навч. посіб. Любешів: ВСП «Любешівський ТФК ЛНТУ», 2023. 99с.
2. Пиндус Ю.І., Заверуха Р.Р. Електричне та електронне обладнання автомобілів: навч. посіб. (частина І). Тернопіль: ТНТУ, 2016. 145 с.

Лабораторна робота №3

ТЕМА: Вивчення роботи стартера та діагностування його роботи на автомобілі.

Мета роботи: ознайомитися з призначенням, будовою та принципом дії автомобільного стартера; вивчити режими його роботи, методи діагностування та характерні несправності.

Завдання лабораторної роботи.

1. Ознайомитися з призначенням, будовою та принципом дії автомобільного стартера.
2. Дослідити електричні та механічні режими роботи стартера під час пуску двигуна.
3. Виконати основні операції діагностування стартера на лабораторній установці.
4. Визначити характерні несправності стартера за результатами вимірювань та зовнішніх ознак.
5. Оформити звіт.
6. Відповісти на контрольні запитання.

Обладнання та прилади.

- Стартер автомобільний (встановлений на двигуні).
- Акумуляторна батарея (12 В).
- Вольтметр постійного струму (0–20 В).
- Амперметр або струмові кліщі (до 600–1000 А).
- Тахометр (за наявності) або діагностичний сканер.
- Контрольна лампа на 12 В.
- Комплект слюсарного інструменту.
- Схема електрообладнання системи пуску двигуна.
- Засоби індивідуального захисту.

3.1. Ознайомитися з призначенням, будовою та принципом дії автомобільного стартера.

Автомобільний стартер (рис. 3.1) призначений для пуску двигуна внутрішнього згоряння. Він забезпечує обертання колінчастого валу двигуна до моменту, коли двигун почне працювати самостійно. Стартер тимчасово виконує функцію рушійного двигуна, після чого відключається.

Основні конструктивні елементи стартера:

1. Електродвигун постійного струму – забезпечує обертання ротора.
2. Тягове реле (соленоїд) – вмикає привід стартера та відключає його після запуску двигуна.
3. Привід із обгінною муфтою – передає обертальний момент на маховик двигуна та запобігає зворотному обертанню ротора.
4. Щітковий вузол та колектор – забезпечують електричний контакт між статором та ротором.
5. Корпус та кріплення – утримують елементи стартера у правильному положенні та забезпечують монтаж на двигуні.

Принцип дії:

1. Після натискання на ключ запалювання або кнопку пуску, тягове реле підключає акумулятор до обмоток стартера і вмикає привід до маховика двигуна.

2. Електродвигун стартера обертає ротор, який через обгінну муфту передає обертальний момент на маховик двигуна.

3. Коли двигун починає працювати самостійно, реле вимикає стартер, а обгінна муфта розмикає механічний зв'язок, запобігаючи зворотному обертанню ротора.

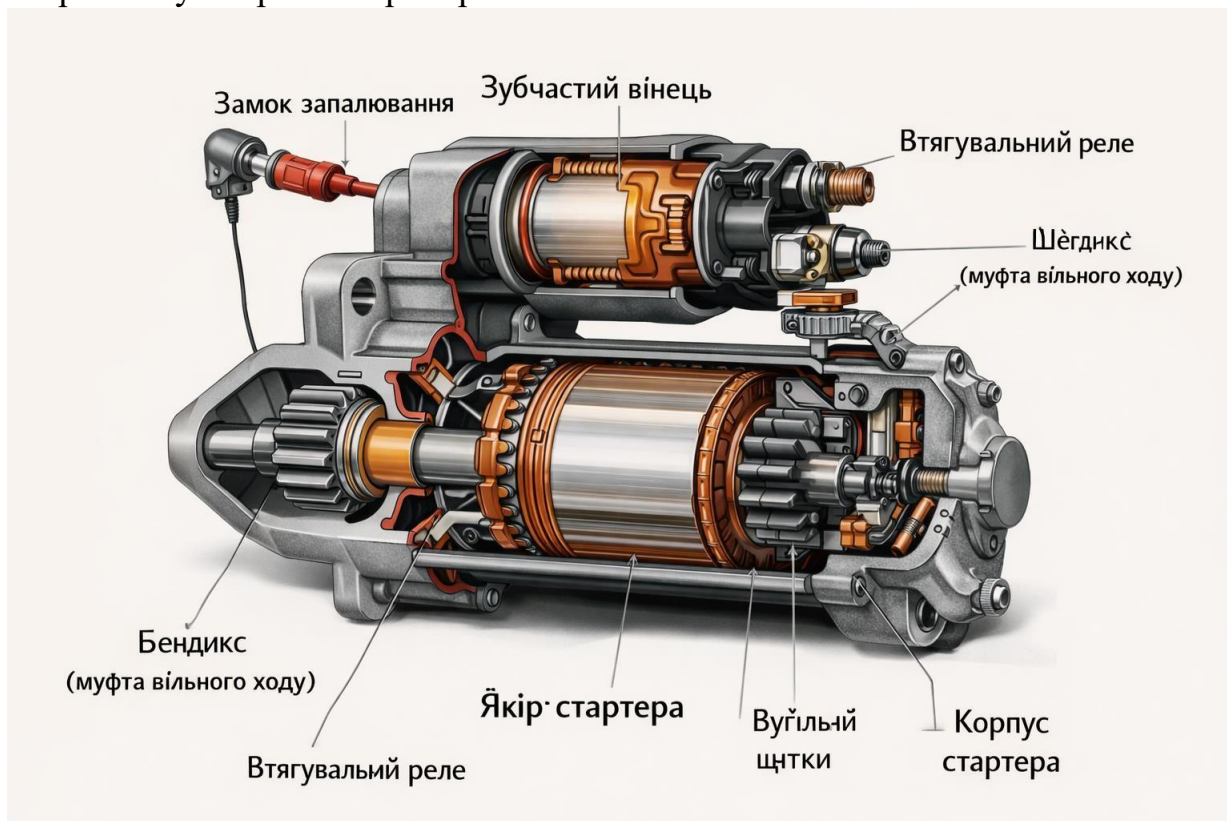


Рис. 3.1. Будова автомобільного стартера.

3.2. Дослідити електричні та механічні режими роботи стартера під час пуску двигуна.

Вивчити особливості роботи стартера під час пуску двигуна, зокрема взаємодію його електричної та механічної частин, а також залежність параметрів роботи від стану акумуляторної батареї та навантаження двигуна (рис. 3.2.) [2].

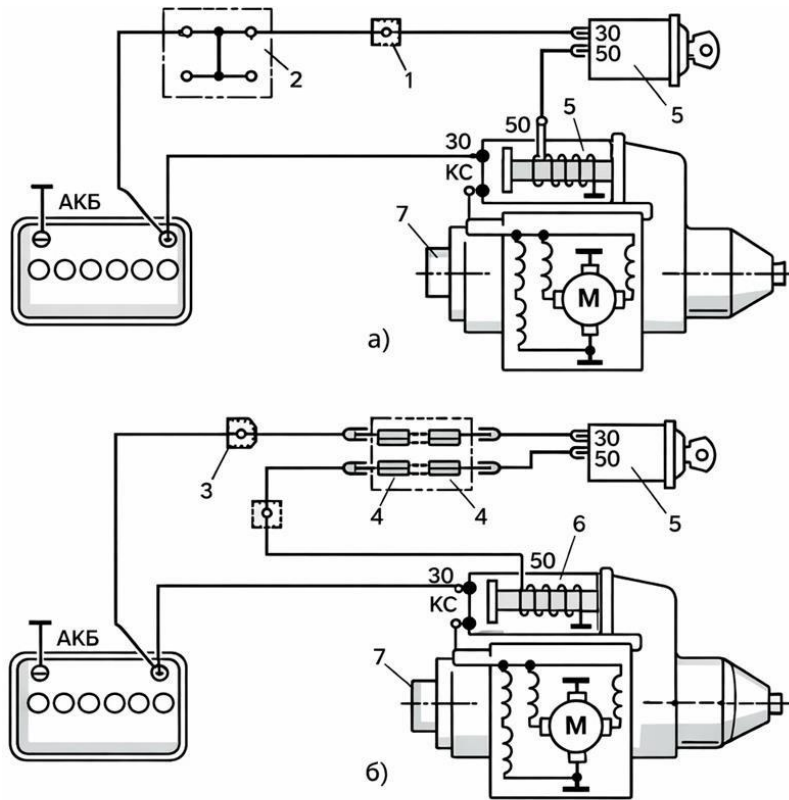
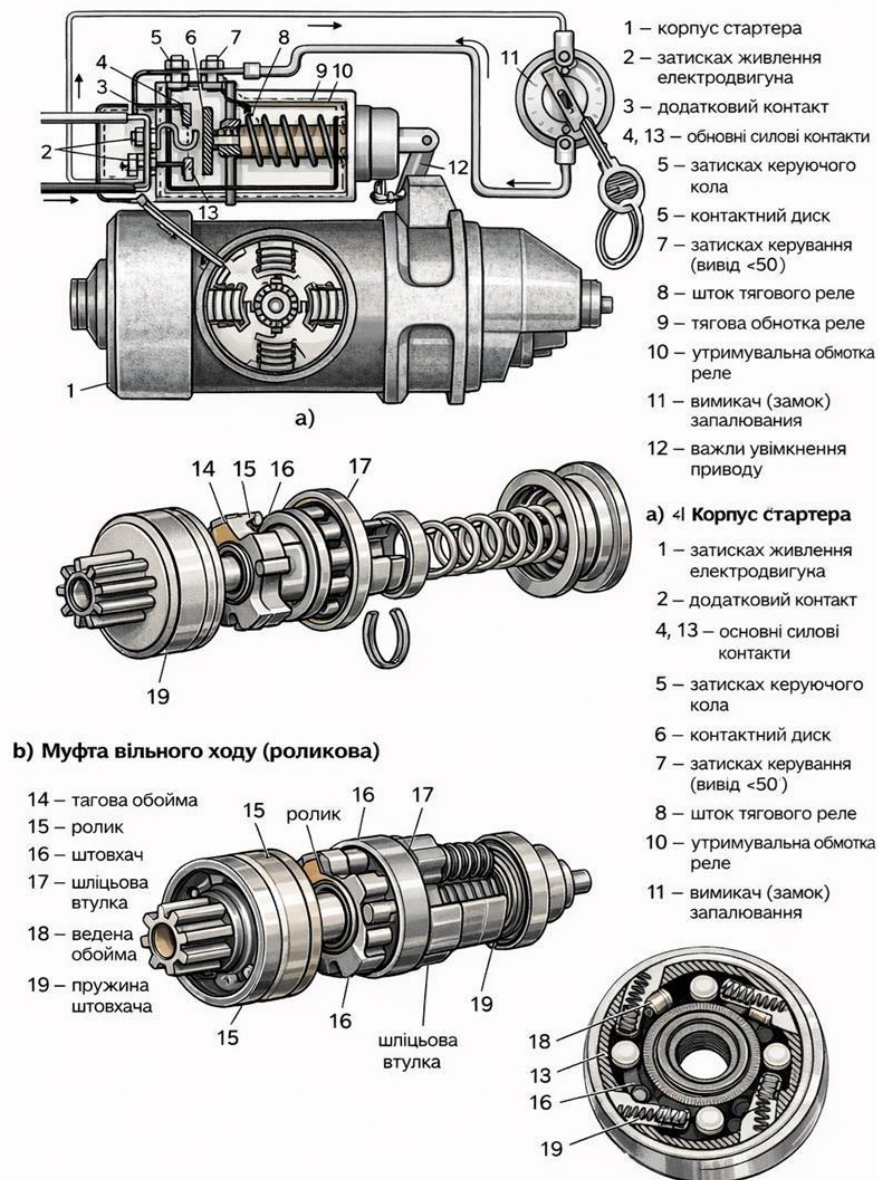


Рис.3.2. Схема електростартерного пуску ДВЗ автомобілів ВАЗ [2].
 1 – клемма «30» генератора; 2 – чотириштекерна з'єднувальна колодка; 3 – одноштекерна з'єднувальна колодка; 4 – монтажний блок; 5 – вимикач (замок) запалювання; 6 – тягове реле стартера; 7 – електродвигун стартера.



- Включення приводу: тягове реле штовхає шестерню стартера на зубчастий вінчик маховика двигуна.
- Режим обертання: привід через обгінну муфту передає обертальний момент на колінчастий вал двигуна.
- Відключення приводу: після запуску двигуна обгінна муфта від'єднує ротор стартера від маховика, запобігаючи зворотному обертанню ротора.

Завдання для студента під час лабораторної роботи:

1. Підключити стартер до акумулятора через амперметр і вольтметр.
2. Спостерігати зміну струму та напруги під час різних режимів роботи стартера.
3. Виміряти час включення, робочого обертання та відключення приводу стартера.
4. Проаналізувати взаємозв'язок електричних параметрів з механічним обертанням ротора.

Порядок виконання роботи

1. **Підготовка до роботи**
 - Ознайомитися з теоретичними відомостями про призначення та будову стартера.
 - Перевірити надійність кріплення стартера та стан електричних з'єднань.
 - Дотримуватись правил техніки безпеки під час роботи з справності акумуляторної батареї та достатньому рівні її заряду електрообладнанням.
2. **Зовнішній огляд стартера**
 - Оцінити стан корпусу стартера, контактів і проводів.
 - Перевірити відсутність підгоряння, окиснення або ослаблення клем.
 - Оглянути тягове реле та силові кабелі.
3. **Перевірка напруги живлення**
 - Виміряти напругу акумуляторної батареї без навантаження.
 - Виміряти напругу на клеммах батареї під час вмикання стартера.
 - Зробити висновок про стан АКБ за величиною падіння напруги.
4. **Діагностування роботи стартера**
 - Виміряти споживаний стартером струм у режимі пуску двигуна.
 - Оцінити швидкість обертання колінчастого валу (за можливості).
 - Визначити роботу тягового реле за характерним звуком та результатами вимірювань.
 - Перевірити падіння напруги на силових проводах і контактних з'єднаннях.



5. Аналіз результатів

- Порівняти отримані значення напруги та струму з нормативними.

- Визначити можливі несправності (зношення щіток, підгоряння контактів реле, підвищений опір у колі, розряд АКБ тощо).
- Зробити висновок про технічний стан стартера та системи пуску.

6. Оформлення звіту

- Записати схему підключення вимірювальних приладів.
- Занести результати вимірювань у таблицю.
- Сформулювати висновки щодо роботи стартера.

3.4. Визначити характерні несправності стартера за результатами вимірювань та зовнішніх ознак.

За результатами електричних вимірювань і зовнішнього огляду стартера можна виявити найбільш поширені несправності. Занижена напруга на клеммах стартера під час пуску двигуна свідчить про недостатню зарядженість акумуляторної батареї, підвищений перехідний опір у з'єднаннях або окиснення клем. Підвищене споживання струму за одночасного зниження частоти обертання якоря вказує на механічні заїдання, знос підшипників, перекіс якоря або коротке замикання в обмотках.

Якщо стартер не вмикається, а тягове реле не спрацьовує, це може бути наслідком обриву в колі керування, несправності вимикача запалювання або обриву обмоток тягового реле. Клацання тягового реле без обертання стартера зазвичай свідчить про підгоряння силових контактів реле або значне падіння напруги в колі живлення. Повільне обертання стартера за справної акумуляторної батареї може бути спричинене зносом щіток, забрудненням колектора або міжвитковим замиканням обмоток якоря.

До зовнішніх ознак несправностей належать підвищений шум, сторонні удари, запах перегрітої ізоляції, іскріння в зоні щітково-колекторного вузла, а також утруднене введення шестерні приводу в зачеплення з маховиком. Прослизання муфти вільного ходу проявляється у вигляді роботи електродвигуна без провертання колінчастого валу двигуна.

Таким чином, комплексний аналіз результатів вимірювань електричних параметрів і зовнішніх ознак роботи стартера дає змогу своєчасно виявити його характерні несправності та обґрунтувати необхідність технічного обслуговування або ремонту.

1. Електричні вимірювання.

- Напруга на клеммах АКБ до пуску та під час роботи стартера, В.
- Напруга на клемі «30» стартера під час пуску, В.
- Падіння напруги в колі живлення стартера (на клеммах, проводах, контактах реле), В.
- Струм споживання стартера під час пуску двигуна, А.
- Опір обмоток електродвигуна стартера та тягового реле, Ом.

2. Механічні вимірювання

- Частота обертання якоря стартера (на стенді), об/хв.
- Час спрацьовування тягового реле, с.
- Час прокручування двигуна до пуску, с.

3. Діагностичні вимірювання

- Температура корпусу стартера після кількох пусків, °С.
- Рівень шуму під час роботи стартера (за наявності приладів), дБ.

Побудувати графіки:

1. Графік залежності струму стартера від часу $I = f(t)$, показує максимальний пусковий струм і його зміну під час прокручування двигуна.
2. Графік зміни напруги АКБ під час пуску $U = f(t)$, дозволяє оцінити стан акумуляторної батареї та втрати напруги в колі.
3. Графік залежності частоти обертання стартера від напруги $n = f(U)$, використовується під час стендових випробувань стартера.
4. Графік залежності струму стартера від напруги $I = f(U)$, дає змогу оцінити електричний стан обмоток і щітково-колекторного вузла.
5. Графік падіння напруги на контактах $\Delta U = f(I)$, застосовується для діагностики контактних з'єднань та тягового реле.

Проведені вимірювання напруги, струму та частоти обертання, а також побудовані за ними графіки дозволяють об'єктивно оцінити технічний стан стартера, визначити характерні несправності електричної та механічної частин і зробити висновки щодо його працездатності.

Приклад вимірювань роботи стартера

Вимірювання напруги та струму під час пуску.

Під час досліду вимірювали напругу на клеммах акумуляторної батареї та струм, який споживає стартер, у процесі пуску двигуна.

Отримані результати (приклад):

- напруга АКБ до пуску: 12,6 В;
- мінімальна напруга під час пуску: 9,8 В;
- максимальний пусковий струм стартера: 240 А;
- середній струм під час прокручування: 180 А;
- тривалість пуску: 3–4 с.

Загальний висновок за результатами вимірювань.

За результатами проведених вимірювань напруги, струму та аналізу побудованих графіків встановлено, що стартер працює у штатному режимі. Електричні та механічні параметри відповідають нормативним значенням, характерні ознаки несправностей відсутні.

3.5. Вимоги до оформлення та змісту звіту

1. Титульна сторінка

Повинна містити:

- назву закладу освіти;
- назву дисципліни;
- тему лабораторної роботи;
- номер лабораторної роботи;
- прізвище, ім'я студента;
- групу;
- прізвище викладача;
- місце і рік виконання.

2. Мета роботи

Коротко і чітко сформульована мета лабораторної роботи.

3. Обладнання та прилади

Перелік використаного обладнання, наприклад:

- автомобільний стартер;
- акумуляторна батарея 12 В;
- вольтметр, амперметр (або струмові кліщі);
- тахометр / діагностичний сканер;
- контрольна лампа;
- лабораторний стенд;
- слюсарний інструмент;
- схема електрообладнання системи пуску.

4. Теоретичні відомості

Короткий виклад:

- призначення стартера;
- будови стартера;
- принципу роботи стартера;
- ролі втягувального реле та муфти вільного ходу;
- типових несправностей стартера.

(Обсяг — 1–2 сторінки)

5. Схеми та ілюстрації

- схема електрообладнання системи пуску двигуна;
- зображення стартера (зовнішній вигляд);
- стартер у розрізі з позначенням основних елементів.

Усі рисунки повинні мати:

- номер (Рис. 1, Рис. 2 тощо);
- назву;
- пояснення в тексті.

6. Порядок виконання роботи

Послідовний опис виконаних дій:

1. Підготовка обладнання.
2. Перевірка стану АКБ.
3. Підключення вимірювальних приладів.
4. Увімкнення стартера.
5. Зняття показів напруги, струму, частоти обертання.
6. Діагностування роботи стартера.

7. Результати вимірювань. Результати подаються у вигляді таблиці 3.1:

Таблиця 3.1.

Результати вимірювань

№ п/п	Напруга, В	Струм стартера, А	Частота обертання, об/хв

8. Аналіз результатів

У текстовій формі:

- оцінка відповідності параметрів нормі;
- висновок щодо справності стартера;
- можливі причини відхилень.

9. Висновки

Короткі узагальнені висновки:

- що вивчено;
- які навички отримано;
- чи справний стартер за результатами діагностики.

(3–5 пунктів)

10. Відповіді на контрольні запитання

Надаються письмово відповідно до переліку, виданого викладачем.

11. Загальні вимоги до оформлення

- формат: **A4**;
- шрифт: **Times New Roman**, 14 pt;
- міжрядковий інтервал: **1,5**;
- поля: ліве — 30 мм, праве — 15 мм, верхнє і нижнє — 20 мм;
- нумерація сторінок — з другої;
- акуратність, логічність, грамотність викладу.

3.6. Контрольні питання

1. Яке призначення стартера в системі пуску двигуна авто?
2. З яких основних елементів складається автомобільний стартер?
3. Який принцип роботи стартера під час пуску двигуна?
4. Яке призначення втягувального реле стартера?
5. Для чого в стартері використовується муфта вільного ходу?
6. Які електричні параметри характеризують роботу стартера?
7. Які основні несправності стартера можуть виникати під час експлуатації?
8. Які ознаки несправної роботи стартера на автомобілі?
9. Як здійснюється діагностування стартера без його демонтажу?
10. Які вимоги безпеки необхідно дотримуватися під час перевірки та діагностування?

Література

1. Гунчик Р. В. Електрообладнання автомобіля: навч. посіб. Любешів: ВСП «Любешівський ТФК ЛНТУ», 2023. 99с.
2. Пиндус Ю.І., Заверуха Р.Р. Електричне та електронне обладнання автомобілів: навч. посіб. (частина I). Тернопіль: ТНТУ, 2016. 145 с.

Тестові завдання (одна правильна відповідь)

1. Основне призначення електрообладнання автомобіля:

- А) Забезпечення механічної роботи двигуна
- Б) Забезпечення електричною енергією споживачів
- В) Зменшення витрати палива

✓ Правильна відповідь: Б

2. Основними джерелами електричної енергії є:

- А) Стартер і генератор
- Б) Акумуляторна батарея і генератор
- В) Акумулятор і стартер

✓ Б

3. Номінальна напруга бортової мережі легкового автомобіля:

- А) 6 В
- Б) 12 В
- В) 24 В

✓ Б

4. Основне призначення стартерної АКБ:

- А) Освітлення автомобіля
- Б) Пуск двигуна і живлення споживачів
- В) Живлення системи охолодження

✓ Б

5. Ємність акумуляторної батареї вимірюється в:

- А) Амперах
- Б) Вольтах
- В) Ампер-годинах

✓ В

6. Глибокий розряд АКБ призводить до:

- А) Збільшення ємності
- Б) Прискореного зносу батареї
- В) Підвищення напруги

✓ Б

7. Основне призначення генератора:

- А) Запуск двигуна
- Б) Заряджання АКБ і живлення споживачів
- В) Перетворення постійного струму

✓ Б

8. Який елемент генератора перетворює змінний струм у постійний?

- А) Регулятор напруги
 - Б) Обмотка ротора
 - В) Випрямляч
 - ✓ В
-

9. Регулятор напруги служить для:
- А) Підвищення струму
 - Б) Підтримання сталої напруги
 - В) Захисту від короткого замикання
 - ✓ Б
-

10. Основне призначення стартера:
- А) Обертання колінчастого вала під час пуску
 - Б) Живлення освітлення
 - В) Заряджання АКБ
 - ✓ А
-

11. Муфта вільного ходу (бендикс) призначена для:
- А) Зменшення напруги
 - Б) Передавання обертання тільки в одному напрямку
 - В) Регулювання швидкості стартера
 - ✓ Б
-

12. Втягувальне реле стартера:
- А) Регулює струм
 - Б) Вмикає стартер і вводить шестерню в зачеплення
 - В) Охолоджує стартер
 - ✓ Б
-

Рекомендована література

Основна

1. Бурик М. П., Спінул Л. Ю., Лободзинський В. Ю., Перетятко Ю. В., Ілліна О. О. Теоретичні основи електротехніки. Лабораторний практикум: навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 96 с. Гунчик Р. В. Електрообладнання автомобіля: навч. посіб. Любешів: ВСП «Любешівський ТФК ЛНТУ», 2023. 99с.
2. Крихтіна Ю. О. Державна політика розвитку транспортної галузі України: теорія, методологія, практика : монографія. Харків: «Діса плюс», 2022. 336 с.
3. Налобіна О. О., Голотюк М. В., Бундза О. З., Серілко Д. Л., Гавриш В. С. Дослідження експлуатаційних властивостей машин і обладнання. Практикум : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2023. 414 с.
4. Освітня (освітньо-професійна) програма «Професійна освіта (транспорт)», за спеціальністю 015 «Професійна освіта (за спеціалізаціями)» галузі знань 01 «Освіта / Педагогіка» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. [Електронний ресурс]: перший (бакалаврський) рівень вищої освіти / Державний вищий навчальний заклад «Донбаський державний педагогічний університет» - URL: <https://ddpu.edu.ua/index.php/osvitno-profesiini-prohramy> (дата звернення 28.08.2025р).
5. Пиндус Ю.І., Заверуха Р.Р. Електричне та електронне обладнання автомобілів: навч. посіб. (частина І). Тернопіль: ТНТУ, 2016. 145 с.
6. Хітров І. О., Кристопчук М. Є., Никончук В. М. Експлуатаційні властивості транспортних засобів: навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2022. 176 с.

Допоміжна

1. Андрусенко С.І. Оцінка ефективності інвестицій в підприємства автомобільного сервісу. Для студентів спеціальностей 274 «Автомобільний транспорт», 015 «Професійна освіта (транспорт)». Київ : НТУ, 2021. 54 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. Затверджені стандарти вищої освіти. URL: <https://cutt.ly/fkZ2SnO>
2. Концепція розвитку освіти України на період 2015–2025 років: проєкт. URL: <http://old.mon.gov.ua/ua/pr-viddil/1312/1390288033/1414672797/>
3. Про вищу освіту: Закон України № 1556-VII від 1 лип. 2014 р. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>
4. Про затвердження переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти: постанова Кабінету Міністрів України № 266 від 29 квіт. 2015 р. URL: <http://old.mon.gov.ua/ua/pr-viddil/1312/1421144886/1424935774/>
5. Про наукову і науково-технічну діяльність: Закон України №848-VIII від 16.10.2021 р. URL: <https://cutt.ly/okZ28R8>.