

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення технологічного процесу випробування стартерів
легкових автомобілів з дослідженням діагностики за параметром струм
споживання

Виконав: студент 6 курсу, групи МАМ-62
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Віктор ІВАНУНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Тетяна НАВРОЦЬКА

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Роман ХОРОШУН

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«12» листопада 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Івануню Віктору Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технологічного процесу випробування стартерів легкових автомобілів з дослідженням діагностики за параметром струм споживання

Керівник роботи Навроцька Тетяна Дем'янівна., к.т.н., ст.викл.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 12 » листопада 2024 року № 4/7-1088

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2024

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес Удосконалення технологічного процесу випробування стартерів легкових автомобілів

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ. 4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Знімач універсальний – 1А1.

Функціональні показники – 2А1.

Технологічна карта – 1А1.

Стенд для перевірки стартерів – 1А1.

Результати наукових досліджень – 2А1.

Агрегатна дільниця – 1А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Стручок В.С.		

7. Дата видачі завдання 12.11.2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	21.11.24р	
2	Технологічний розділ	28.11.24р	
3	Конструкторський розділ	03.12.24р	
4	Науково-дослідний розділ	12.12.24р	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	19.12.24р	
6	Оформлення графічної частини	19.12.24р	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	28.12.24р	

Студент

(підпис)

Іванунь Віктор Васильович

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Навроцька Тетяна Дем'янівна

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи магістра на тему: «Удосконалення технологічного процесу випробування стартерів легкових автомобілів з дослідженням діагностики за параметром струм споживання».

Робота виконана на кафедрі автомобілів ТНТУ ім.. І. Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи магістра к.т.н. Навроцька Тетяна Дем'янівна

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 60 сторінки формату А4 та 8 аркушів формату А1 графічної частини 1 сторінка додатків.

Ключові слова: випробування, споживання, діагностика, надійність, ефективність.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	7
1.1 Вивчення конструктивних особливостей стартерів у автомобілях.....	7
1.2 Проблематика запуску двигуна стартером.....	9
1.3 Дослідження конструктивних особливостей стендів для перевірки генераторів та стартерів.....	11
1.4 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра.....	16
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	17
2.1 Методи та перелік тестування стартерів.....	17
2.2 Опис технологічного процесу перевірки електричних агрегатів на стенді.....	26
2.3 Розробка технологічного процесу перевірки електричних агрегатів на стенді.....	28
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	31
3.1 Технічна пропозиція щодо розробки стенду для випробувань стартерів і генераторів.....	31
3.2 Аналіз силових впливів на механізми стенда під час експлуатації та обґрунтування параметрів конструкції.....	38
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....	41
4.1 Математична модель діагностичного параметра.....	41
4.2 Експериментальні дослідження.....	42
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	51
5.1 Охорона праці при роботі з акумуляторами.....	51
5.2 Джерела хімічної небезпеки.....	54
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	58
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	59
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Тема магістерської роботи, яка спрямована на удосконалення технологічного процесу випробування стартерів легкових автомобілів з акцентом на діагностику за параметром споживання струму, є актуальною у контексті сучасних вимог до надійності та ефективності автомобільних компонентів. Стартер, як елемент системи запуску двигуна, відіграє ключову роль у забезпеченні стабільності роботи автомобіля. Виявлення несправностей стартера на ранній стадії може значно знизити ймовірність аварійних ситуацій на дорозі та оптимізувати витрати на обслуговування автомобіля.

У контексті даної роботи планується розробка та впровадження удосконалених методів випробувань, які базуються на точних вимірюваннях споживання струму стартерами. Цей параметр вважається важливим індикатором ефективності та стану стартера, а також може вказувати на потенційні несправності або відхилення від норми. Вдосконалення технологічного процесу випробувань має на меті не тільки підвищення точності діагностики, але й зменшення часу тестування, що є критично важливим для виробничих ліній, де кожна хвилина простою може призводити до значних фінансових втрат.

Дослідження передбачає аналіз існуючих методів діагностики, визначення їх недоліків та потенційних точок для оптимізації. На базі отриманих даних буде розроблена модифікована процедура випробувань, що дозволить з урахуванням сучасних технологій значно підвищити ефективність робочих процесів на виробництві. Важливою частиною роботи стане практичне тестування нової системи на виробництві, що дозволить оцінити її ефективність у реальних умовах.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Вивчення конструктивних особливостей стартерів у автомобілях

Стартери відіграють ключову роль у системі електропостачання автомобіля, забезпечуючи запуск двигуна. Їхня конструкція поєднує в собі складні механічні та електричні елементи, що відповідають за забезпечення необхідної потужності та високу надійність цього вузла.

Кожен стартер захищає свої внутрішні елементи за допомогою корпусу, який відіграє роль оболонки проти зовнішніх факторів. Цей корпус часто виготовляється з міцних матеріалів на кшталт алюмінію або сталі, що забезпечує захист від механічних пошкоджень і теплового впливу. Інколи для корпусів стартерів використовують полімери, які також мають хороші захисні властивості.

Основною динамічною складовою стартера є якір, що представляє собою обертовий вал з мідною обмоткою та комутатором. При старті двигуна якір виконує обертання всередині корпусу із застосуванням статорних накладок, передаючи обертання на маховик колінчатого валу.

Статор, як нерухома частина стартера, складається з ізольованих мідних обмоток, які мають збільшений переріз порівняно з обмотками якоря. Його роль полягає в створенні магнітного поля, необхідного для індукції електричного струму та генерації електрорушійної сили в якорі.

Комутатор, що входить до складу якоря, формується з ізольованих між собою сегментів контактів, що взаємодіють з щітками при обертанні якоря, забезпечуючи передачу струму з акумулятора.

Щітки, виготовлені з графіту, взаємодіють із контактними кільцями комутатора, передаючи електричний струм на комутатор та далі на обмотки якоря.

Обгінна муфта, важливий елемент стартера, забезпечує роз'єднання крутного моменту між якорем та колінчастим валом у момент запуску двигуна, що запобігає можливій поломці стартера через різницю в обертах.

Деталізована конструкція автомобільного стартера ілюстрована на рисунку 1.1.

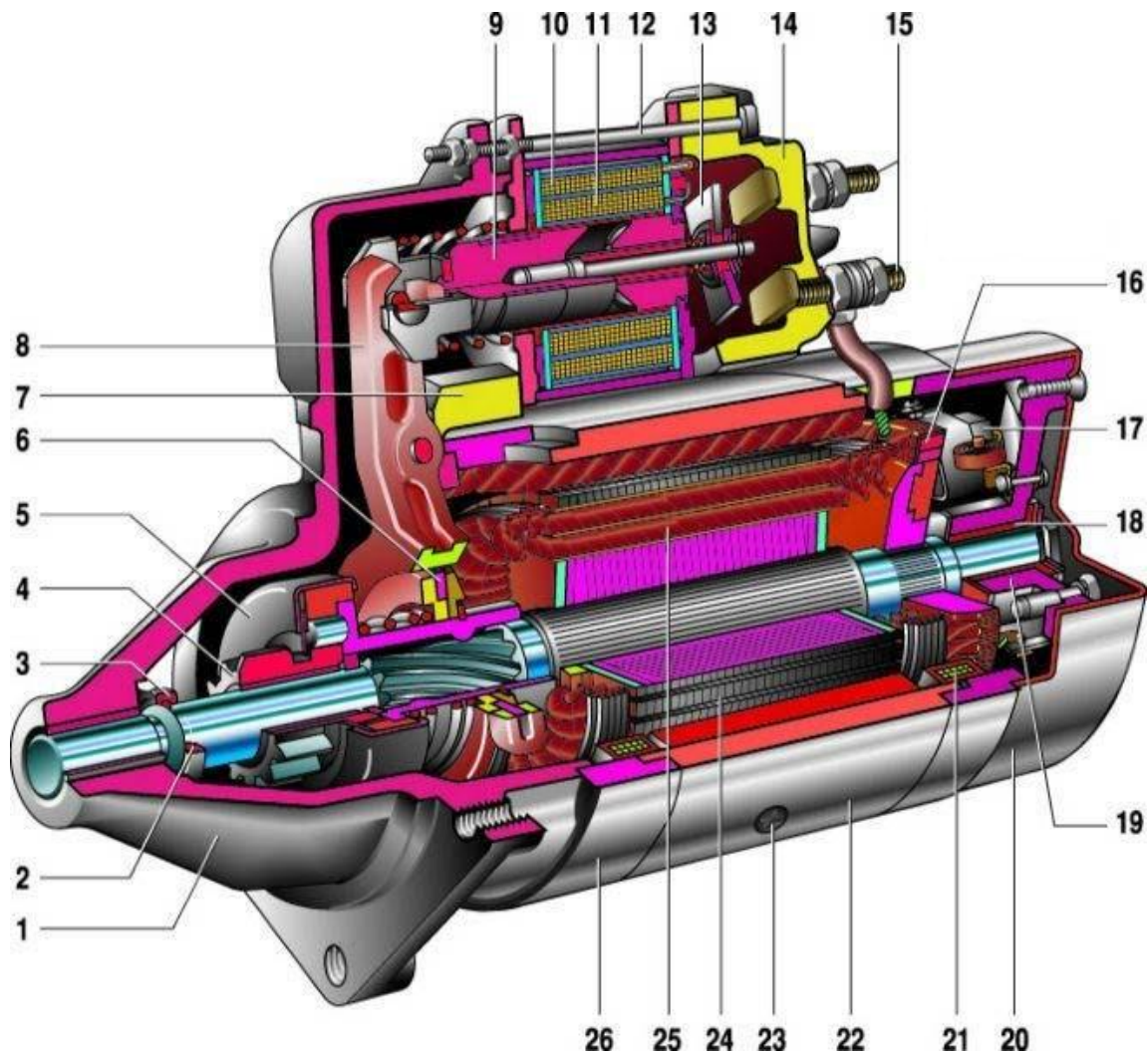


Рис. 1.1. Будова автомобільного стартера:

1 – Кришка на боці приводу; 2 – Запобіжне кільце; 3 – Лімітуюче кільце; 4 – Приводна шестерня; 5 – Фрикційна муфта; 6 – Кермове кільце; 7 – Гумовий захисний ковпачок; 8 – Рукоятка приводу; 9 – Ротор реле; 10 – Захисна обмотка тягового реле; 11 – Стартова обмотка тягового реле; 12 – Кріпильний болт реле; 13 – Контактна шайба; 14 – Захисна кришка реле; 15 – Контактні болти; 16 – Колектор; 17 – Вугільна щітка; 18 – Підшипник валу ротора; 19 – Кришка на боці колектора; 20 – Обшивка; 21 – Шунтова обмотка статора; 22 – Каркас; 23 – Болт кріплення полюса статора; 24 – Ротор; 25 – Обмотка ротора; 26 – Перехідне кільце.

Стартер, який є інтегральною складовою електричної системи автомобіля, функціонує як автономний модуль. Його діяльність регулюється елементами цієї системи. Також слід підкреслити, що стартер займає позицію

найбільшого споживача електроенергії у складі електричної системи транспортного засобу. Для зорового представлення, схема підключення генератора до бортової системи живлення ілюстрована на рисунку 1.2.

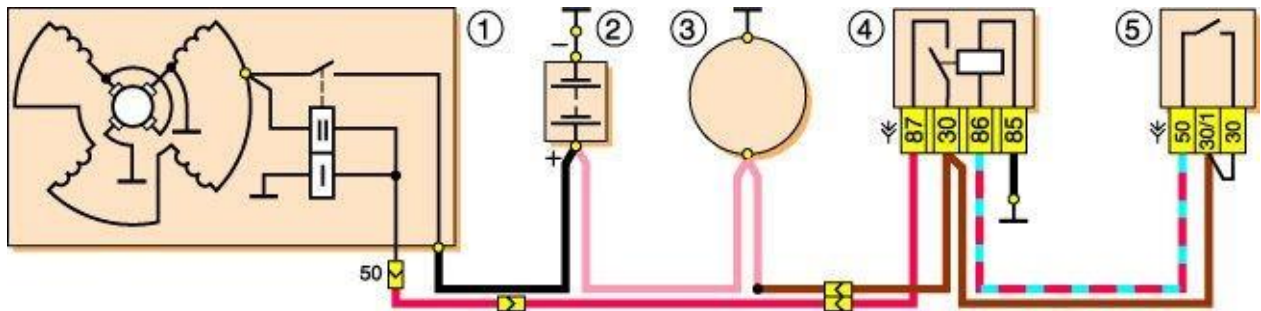


Рис. 1.2. Схематичне зображення включення стартера у електросистему автомобіля:

1 – моторний стартер; 2 – батарея; 3 – альтернатор; 4 – реле запуску стартера; 5 – ключ запалення.

Конструктивні особливості генераторів та стартерів можуть мати деякі відмінності залежно від виробника, однак вони зазвичай дотримуються однакових базових принципів та загальної структури. В рамках підготовки проекту конструкції стенду для тестування, необхідно проаналізувати різноманіття можливих рішень щодо конструкцій випробувальних стендів.

1.2 Проблематика запуску двигуна стартером

Запуск бензинових двигунів у холодну погоду вважається легшим порівняно з дизельними двигунами, оскільки наявність системи запалювання і специфічні властивості бензину сприяють цьому. Застосування звичайних мастильних матеріалів та пального дозволяє легко активувати бензинові двигуни, використовуючи легкозаймисте пальне з точкою випаровування 10 відсотків близько 40°C.

З іншого боку, запуск дизельних двигунів при низьких температурах може бути проблематичним. Аналіз цієї проблеми показав, що на запуск дизельного двигуна впливають такі чинники: тип двигуна, характеристики мастильних олій, пального та антифризу, стан батареї та стартера, та застосування допоміжних засобів для запуску. Запуск двигунів внутрішнього згоряння при температурах нижче нуля є складним процесом, де будь-яка

необережність може призвести до серйозних пошкоджень двигуна. Проте, вживання відповідних заходів та вибір якісних мастильних олій, пального, охолоджуючих рідин та засобів для запуску можуть забезпечити легкий запуск, аналогічний літньому періоду.

У контексті стартера двигун транспортного засобу є основним навантаженням, причому момент навантаження може значно варіюватись. Це залежить від технічного стану мотора, умов зовнішнього середовища та виникнення резонансних явищ. Поява будь-якої несправності в стартері призводить до зростання пікового струму під час запуску двигуна. Серед типових несправностей стартера та його системи варто виокремити: вихід з ладу щіток, батареї, пошкодження електричних ланцюгів (переривання зв'язків у кабелях, слабкі клєми батареї), поломки якоря, вади обмотки збудження та короткі замикання. Некоректне монтажування, перемикання або несвоєчасне обслуговування можуть спричинити неправильне зачеплення зубів шестерні стартера та зубчастого вінця маховика, що іноді призводить до їх зіткнення. Неправильне зачеплення або різкі удари можуть індукувати нестабільні, високі перехідні сили та моменти під час запуску, що згодом може викликати такі проблеми, як відшарування зубів, жорстке зачеплення, поломку якоря, тріщини корпусу приводного кінця та інші несправності після тривалої експлуатації.

У момент, коли шестерня стартера прикладає силу, може статися втрата контакту між стартером і шестернею маховика, після чого відбувається удар при відновленні з'єднання. Це механічне перехідне явище переходить у перехідні процеси швидкості та моменту, а також спричиняє короткочасний перехід струму статора.

Запуск автомобільного двигуна вимагає використання високого струму, досягаючи пікових значень у 600 Ампер протягом 250 мілісекунд. Після цього періоду струм стабілізується на рівні від 150 до 300 Ампер із синусоїдальним характером протягом від 0,5 до 3 секунд при стабільній напрузі. Ефективність стартера прямо пропорційна висоті подаваної напруги. Батареї, які використовуються для цих цілей, мають витримувати роботу в умовах значних температурних коливань, зокрема в діапазоні від мінус 20°C до плюс 50°C.

У разі несправності батареї, вона не може забезпечити достатній струм для обертання маховика. У такій ситуації батарея може бути повністю розрядженою, або виникає проблема з системою заряджання, що призводить до занадто низьких обертів мотора.

1.3 Дослідження конструктивних особливостей стендів для перевірки генераторів та стартерів

Стенди, що використовуються для перевірки генераторів та стартерів, є ключовим елементом у автомобільній індустрії, оскільки вони забезпечують ефективності та відповідність цих компонентів до стандартів технічних характеристик.

Конструкція випробувальних стендів для тестування генераторів та стартерів може включати наступні ключові елементи:

Основу стенду формує металева рама, яка слугує підставою для монтажу всіх складових. Ця рама забезпечує необхідну міцність та стабільність конструкції. На рамі розміщується платформа, де фіксуються генератори або стартери для проведення тестів;

Система кріплення на стендах гарантує безпеку та надійність утримання генераторів та стартерів, запобігаючи їх переміщенню або вібраціям під час роботи;

Електричні з'єднання на стендах забезпечують зв'язок тестованого обладнання з джерелами електроживлення та приладами для вимірювань. Ці з'єднання включають кабелі, роз'єми, та контакти, які забезпечують ефективну та безперебійну роботу;

На стендах встановлені різні вимірювальні прилади, такі як вольтметри, амперметри, і тахометри, які дозволяють моніторити основні параметри роботи обладнання, включаючи напругу, струм, і частоту обертання;

Система управління на стендах відповідає за регулювання випробувального процесу та моніторинг робочих параметрів генераторів і стартерів. Сучасні стенди оснащені автоматизованими системами з програмним

забезпеченням, які дозволяють точно контролювати випробування та здійснювати збір даних в реальному часі.

Конструкційні особливості стендів для тестування генераторів та стартерів залежать від їхнього призначення та типу. Наприклад, існують компактні та мобільні стенди, які легко переміщати, а також великі, стаціонарні установки для більш глобальних тестувань. Ці стенди можуть бути оснащені різноманітними додатковими системами, включно з системами охолодження, моніторингу, безпеки та аварійного відключення. Основна мета таких стендів полягає в забезпеченні точних та надійних результатів випробувань, що сприяє підвищенню якості та ефективності роботи тестованих пристроїв.

Давайте розглянемо спектр промислових стендів для тестування генераторів та стартерів. Наприклад, стенд моделі E250M-02 ГАРО, що ілюструється на рисунку 1.3, призначений для детальної перевірки роботи цих важливих компонентів автомобільної системи.

Цей стенд дозволяє здійснювати перевірку різних типів електричного обладнання: генераторів, як у стані холостого ходу, так і при застосуванні зовнішнього навантаження; стартерів, що перевіряються в умовах без навантаження та при максимальному гальмуванні;



Рис. 1.3. Стенд E250M-02 ГАРО для тестування генераторів і стартерів.
регулювальних реле;
стартерних тягових реле;

переривних реле;
комутаційних реле;
електроприводів автомобільних агрегатів;
напівпровідникових компонентів;
резисторів.

Цей стенд призначений для глибокого аналізу функціональності та довговічності електричних компонентів, що є ключовими для забезпечення надійності автомобільної техніки.

Стенд E250M-02 має унікальний набір споживчих характеристик, який включає можливість бездротового з'єднання з комп'ютером за допомогою Bluetooth. Це дозволяє в реальному часі моніторити параметри та осцилограми тестованих стартерів та генераторів, ідентифікуючи необхідність в ремонті конкретних компонентів. В базовій комплектації стенд оснащений силовим блоком живлення, що забезпечує стабільне енергопостачання під час тестувань.

Конструкція даного стенда має типову конфігурацію, яка зустрічається у багатьох випробувальних стендах цього класу. На платформі стенда встановлені адаптивні кріплення, які можна налаштовувати залежно від виду перевіряемого агрегату, що робить можливим тестування обладнання різноманітних типів. Вимірювальна система стенда базується на цифрових технологіях, забезпечуючи передачу даних випробувань в режимі реального часу, що істотно оптимізує процес документування результатів. На рисунку 1.4 демонструється інший стенд для діагностики генераторів та стартерів моделі Kraftwell KRW220Inverter.

KRW220Inverter - це електричний стенд, призначений для ефективного тестування та моніторингу стану електричного устаткування автомобілів, включаючи стартери та генератори з напругою 12 і 24 В, а також інші компоненти електросистем бензинових та дизельних транспортних засобів. Стенд забезпечується енергією від мережі 220В за допомогою вбудованого інвертора. На передній панелі розташовані основні елементи управління: порти підключення, світлодіодні індикатори та аналогові прилади для вимірювання таких параметрів, як вольтаж та сила струму.



Рис. 1.4. Стенд для тестування генераторів і стартерів Kraftwell KRW220Inverter

Стенд здійснює наступний спектр дій, які включають перевірку стартерів та генераторів:

випробування генераторів напругою 12/24 В і потужністю до 1200 Вт, що оснащені вбудованими чи зовнішніми регуляторами та індикаторами навантаження;

випробування стартерів у режимі без навантаження;

тестування різноманітних компонентів автомобільної електрики, включаючи склоочисники, переривачі та інші елементи;

регулювання швидкості обертання двигуна.

Одним із недоліків цього стенду є відсутність цифрового порту, що ускладнює процес передачі даних для складання звітів. Такі стенди переважно використовуються для індивідуальних тестів у наукових та дослідницьких лабораторіях.

На рисунку 1.5 демонструється стенд КРОН-E250M-02, призначений для тестування стартерів і генераторів. Випробувальний комплекс E250M-02

розроблений для калібрування та аналізу електричних компонентів, знятих з легкових та вантажних автомобілів, включно з таким обладнанням як стартери, генератори, тягові та перериваючі реле, регулятори, комутаційні реле, напівпровідникові пристрої, резистори, та електроприводи. Стенд дозволяє проводити тести в двох основних режимах: на холостому ходу та під навантаженням, а також перевіряти стартери на холостому ходу чи при повному гальмуванні. Він емулює робочі умови встановленого обладнання, реєструючи та діагностуючи різноманітні несправності, що значно спрощує процес виявлення та виправлення помилок.



Рис. 1.5. Стенд КРОН-E250M-02 для тестування стартерів та генераторів.

Стенд КРОН-E250M-02 відрізняється багатофункціональністю та здатністю виконувати аналіз генераторів та стартерів від різних виробників. У даному розділі представлені лише декілька найбільш поширених моделей стендів. Втім, аналізуючи наявні дані, можна виділити універсальні тенденції та

конструктивні рішення, які є типовими для випробувальних стендів. Саме ці рішення планується втілити в проектуванні нового випробувального стенда.

1.4 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра

Розробити класифікацію та перелік методів тестування стартерів. Це включає аналіз різних типів тестів (наприклад, холодний старт, тест на максимальний оберт, тест на знос), їхнє призначення та умови виконання. Визначити параметри, які необхідно контролювати під час тестування стартерів, наприклад, напругу, струм, швидкість обертання, температуру. Опис має включати підготовчі дії, кроки виконання тестів, інтерпретацію результатів.

Розробити інструкції безпеки для проведення тестувань на стенді. Проектування або оптимізація стенду для ефективнішого тестування. Розглянути можливість автоматизації процесу тестування. Розробити алгоритми для збору та аналізу даних під час тестування.

Сформулювати технічні вимоги до стенду. Уточнити необхідні функції, мінімальні та максимальні параметри. Розробити концептуальний дизайн стенду. Врахувати ергономічні та експлуатаційні аспекти. Виконати аналіз напружень та деформацій для ключових компонентів стенду за допомогою методу скінчених елементів. Обґрунтувати вибір матеріалів та товщини елементів конструкції стенду, базуючись на результатах аналізу.

Розробити математичну модель для визначення діагностичних параметрів стартерів. Модель має бути здатна передбачити знос або потенційні несправності на основі вимірюваних під час тестувань параметрів. Провести експериментальні випробування стартерів на розробленому стенді. Зібрати та проаналізувати дані для перевірки ефективності стенду та математичної моделі.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Методи та перелік тестування стартерів

Тестування генераторів та стартерів на спеціалізованих стендах відіграє ключову роль у виробництві та технічному обслуговуванні цих пристроїв. Цей процес дозволяє перевірити їхню продуктивність, ефективність та відповідність технічним специфікаціям. Нижче представлені основні типи тестів, які зазвичай виконуються для оцінки роботи електроагрегатів:

Тест на відповідність вихідної напруги генератора. У ході цього тесту генератор з'єднують з навантаженням на стенді та за допомогою спеціалізованих вимірювальних інструментів перевіряють, чи відповідає вироблена напруга встановленим стандартам та вимогам.

Аналіз сили струму в електроагрегатах: деталізація процесу. Випробування на силу струму у генераторах та стартерах дозволяє оцінити їхню відповідність стандартам і вимогам, що пред'являються до автомобільної електросистеми. Основна мета - перевірка ефективності роботи агрегату в різних режимах експлуатації.

Режим холостого ходу. Генератор працює без навантаження, а стартер функціонує без з'єднання з двигуном.

Вимірюється базовий рівень струму, необхідний для роботи пристрою.

Режим під навантаженням. До генератора підключаються різні навантаження, що імітують роботу автомобільних систем (освітлення, клімат-контроль тощо).

Для стартера імітується запуск двигуна з різними ступенями опору.

Вимірюється струм у реальних умовах експлуатації.

Екстремальні умови.

Випробування проводяться при підвищених або знижених температурах, а також у випадках змінних навантажень.

Розрахунки сила струму I визначається за формулою:

$$I=P/U$$

Де P - потужність, споживана навантаженням (Вт),

U - напруга електромережі (В).

Потужність навантаження:

$P=300\text{Вт}$

Напруга: $U=12\text{ В}$

Сила струму:

$I=300/12=25\text{ А.}$

Для наочного представлення даних можна скласти таблицю:

Режим роботи	Напруга (В, В)	Потужність (РРР, Вт)	Сила струму (ІІІ, А)
Холостий хід	12	50	4.2
Під навантаженням	12	300	25
Максимальне	12	600	50

Аналіз отриманих даних допомагає визначити стабільність роботи генераторів і стартерів та їх відповідність вимогам. Використання графіків і розрахунків дозволяє точно оцінити функціональні показники та своєчасно виявити потенційні відхилення.

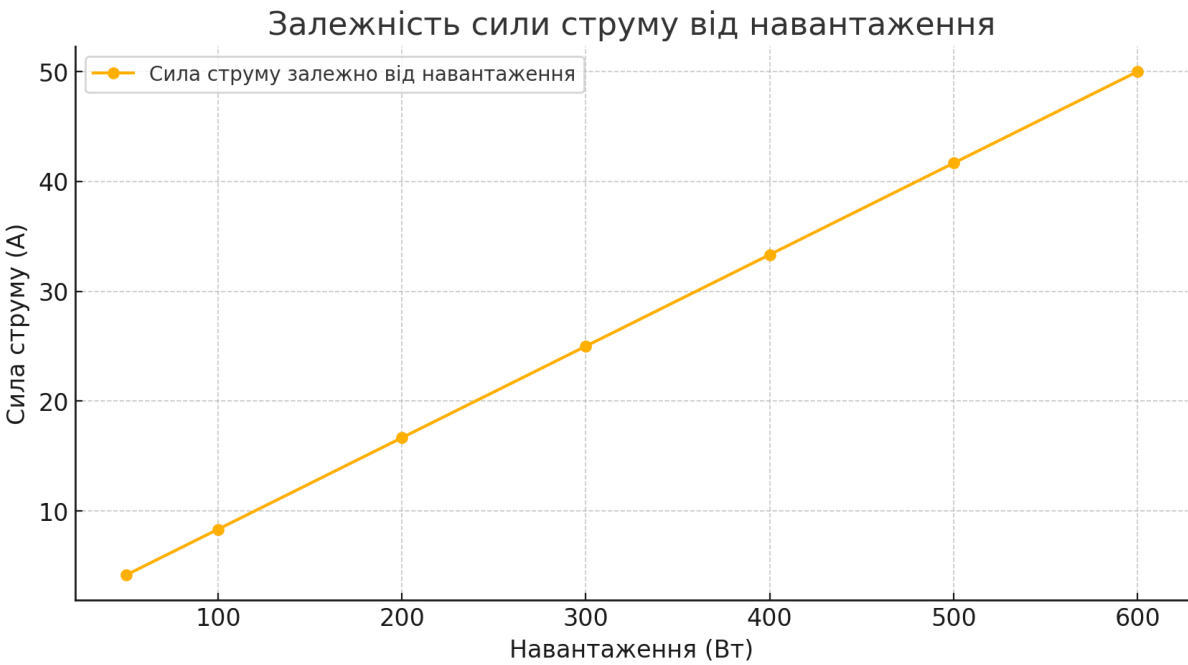


Рис. 2.1. Залежність сили струму від навантаження: показує, як змінюється сила струму (А) при різних значеннях навантаження (Вт).

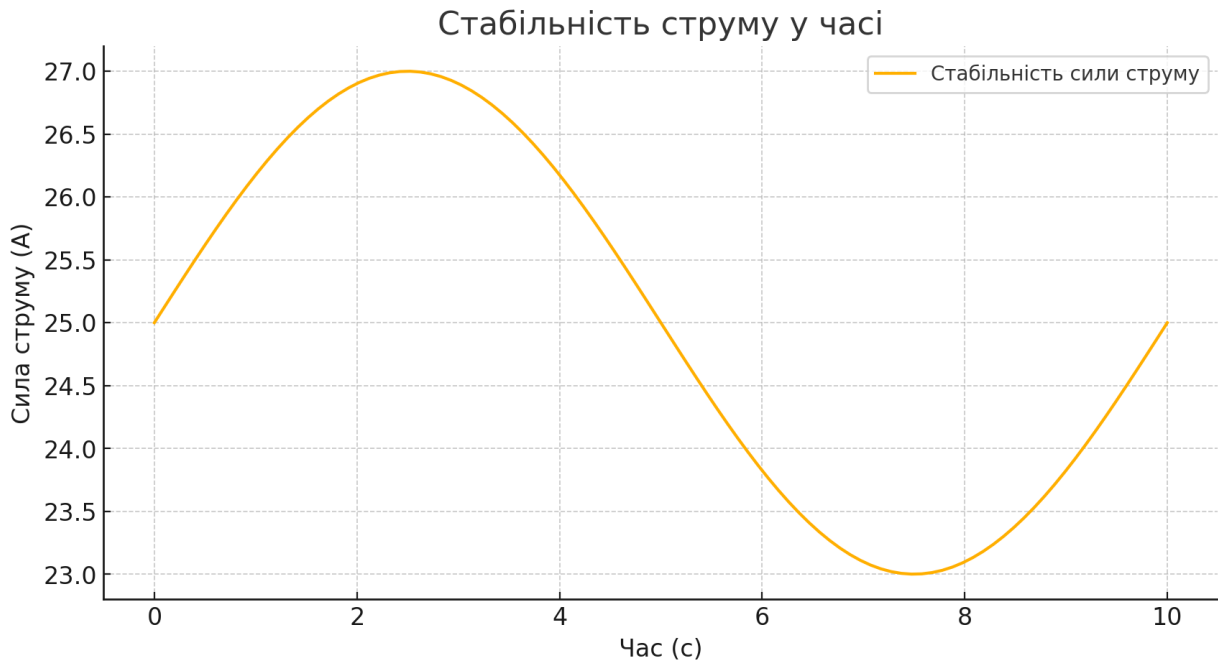


Рис. 2.2. Стабільність струму у часі ілюструє зміну сили струму (А) протягом часу (с) для аналізу стабільності електроагрегату.

Оцінка потужності електроустаткування. Цей тест передбачає вимірювання потужності, що генерується генератором, або потужності, що споживається стартером. Це важливо для визначення ефективності пристрою та його відповідності заявленим технічним характеристикам.

Аналіз частоти обертання електроагрегатів.

Генератори та стартери повинні функціонувати з частотою обертання, закладеною в їх конструкції. Важливо перевірити, чи відповідає частота нормативним вимогам, та оцінити її стабільність.

Розрахунки.

Частота обертання (N) обчислюється за формулою:

$$N = \frac{f \cdot 60}{p}$$

Де f - частота струму (Гц),

p - кількість пар полюсів генератора.

Частота струму $f=50$ Гц

Кількість пар полюсів $p=2$,

$$N = \frac{50 \cdot 60}{2} = 1500 \text{ об/хв.}$$

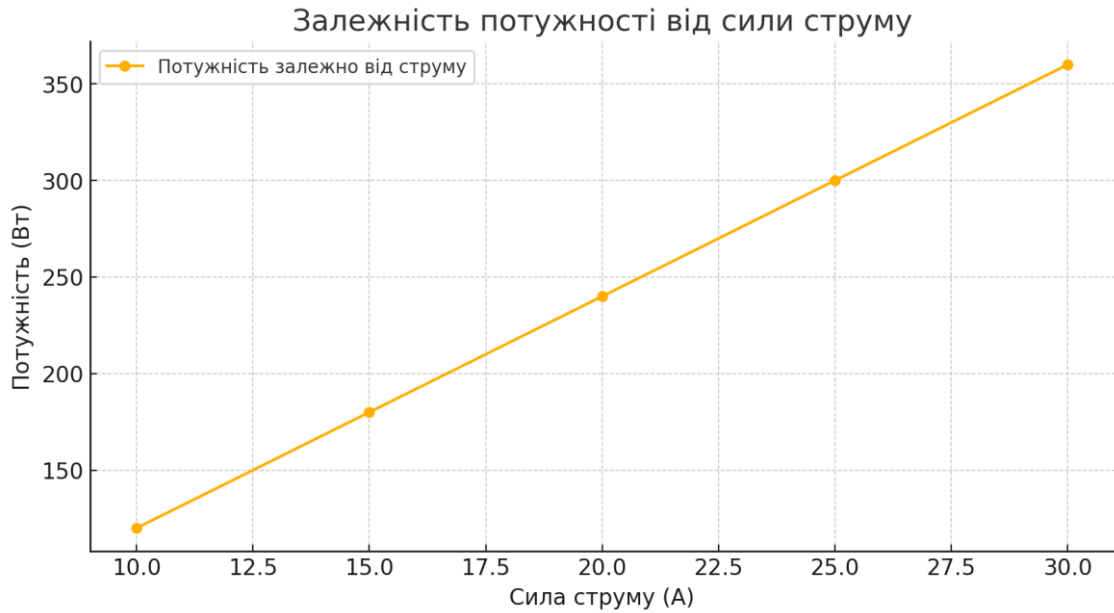


Рис. 2.3. Залежність потужності від сили струму: показує, як зміна струму (А) впливає на потужність (Вт) при фіксованій напрузі.

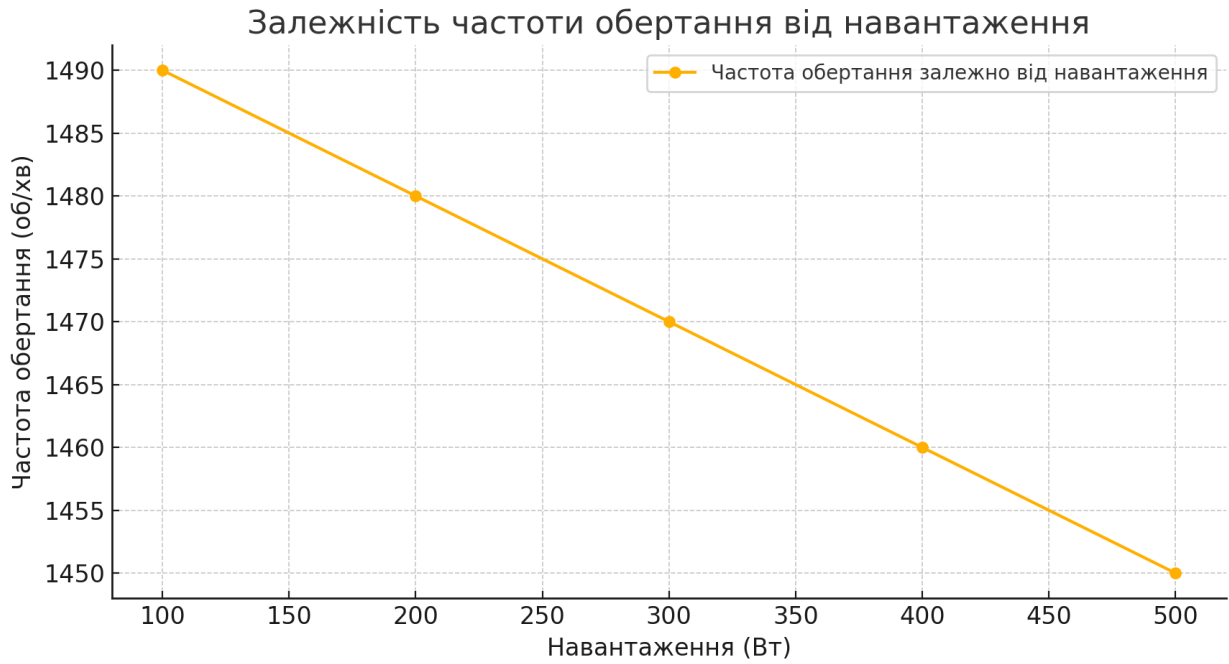


Рис. 2.4. Залежність частоти обертання від навантаження: демонструє, як навантаження (Вт) впливає на частоту обертання електроагрегату (об/хв).

Таблиця результатів.

Режим роботи	Напруга (UUU, В)	Сила струму (III, А)	Потужність (PPP, Вт)	Частота (NNN, об/хв)
Холостий хід	12	10	120	1600
Під навантаженням	12	20	240	1500
Максимальне	12	25	300	1400

Оцінка потужності електроагрегатів дозволяє виявити відхилення від номінальних значень. Аналіз частоти обертання показує, чи відповідає робота пристрою встановленим стандартам. Результати тестувань дозволяють оцінити надійність та стабільність роботи генераторів і стартерів.

Аналіз максимальної здатності до навантаження. Випробування на максимальну здатність до навантаження дозволяють визначити. Потужність генератора при критичних значеннях навантаження. Стабільність роботи генератора в умовах високого навантаження. Здатність пристрою зберігати робочі параметри без перевантаження.

Потужність (P) визначається за формулою:

$$P=U \cdot I \cdot \cos\phi$$

де: U - напруга (В),

I - сила струму (А),

$\cos\phi$ - коефіцієнт потужності (для постійного струму

$\cos\phi=1$.

Напруга $U=12В$,

Максимальний струм $I=50А$,

Потужність $P=12 \cdot 50=600Вт$.

Типи навантажень. Постійне навантаження.

Генератор працює при заданій постійній потужності, що моделює реальні умови. Вимірюються напруга, струм і частота обертання. Пікове навантаження здійснюється короткочасне підключення високого навантаження. Оцінюється здатність генератора швидко відновлювати нормальний режим. Змінне навантаження змінюється поступово, і фіксуються параметри роботи генератора на кожному етапі.

Таблиця результатів.

Режим роботи	Навантаження (P_{PP} , Вт)	Сила струму (I_{III} , А)	Напруга (U_{UU} , В)	Стабільність напруги (%)
Номінальний	300	25	12	99.5
Піковий	600	50	12	97.8
Змінний	400	33	12	98.5

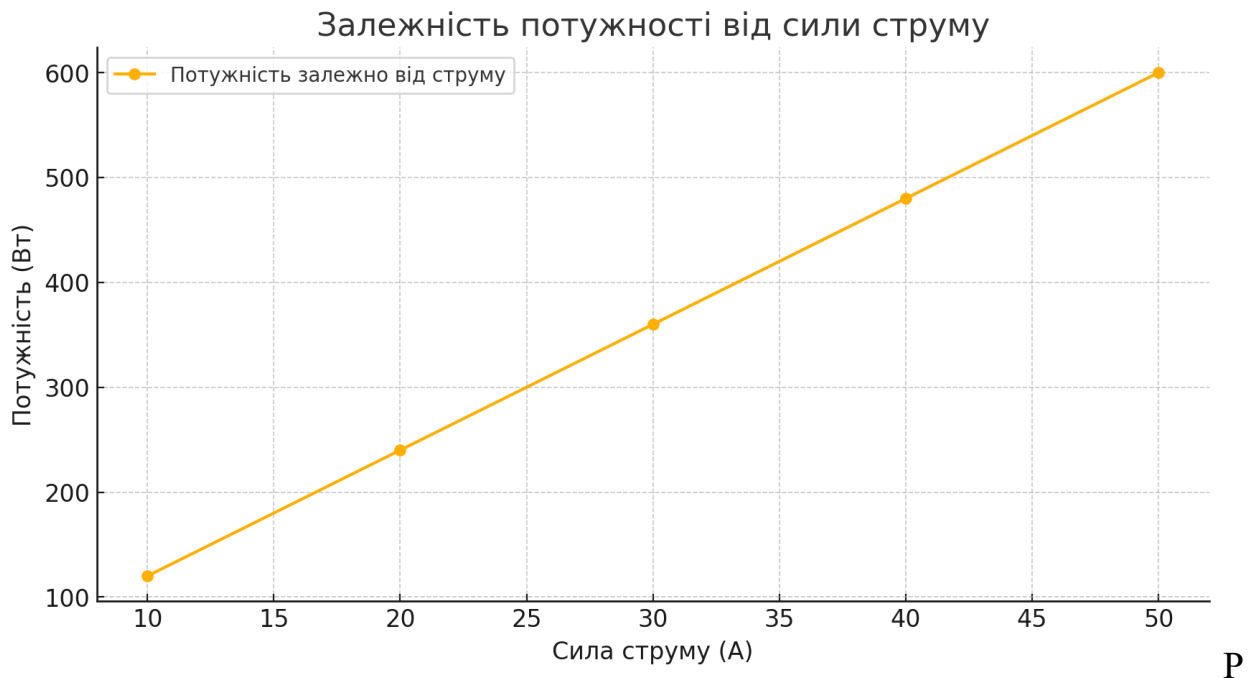


Рис. 2.5. Залежність потужності від сили струму графік демонструє, як сила струму впливає на потужність при фіксованій напрузі.

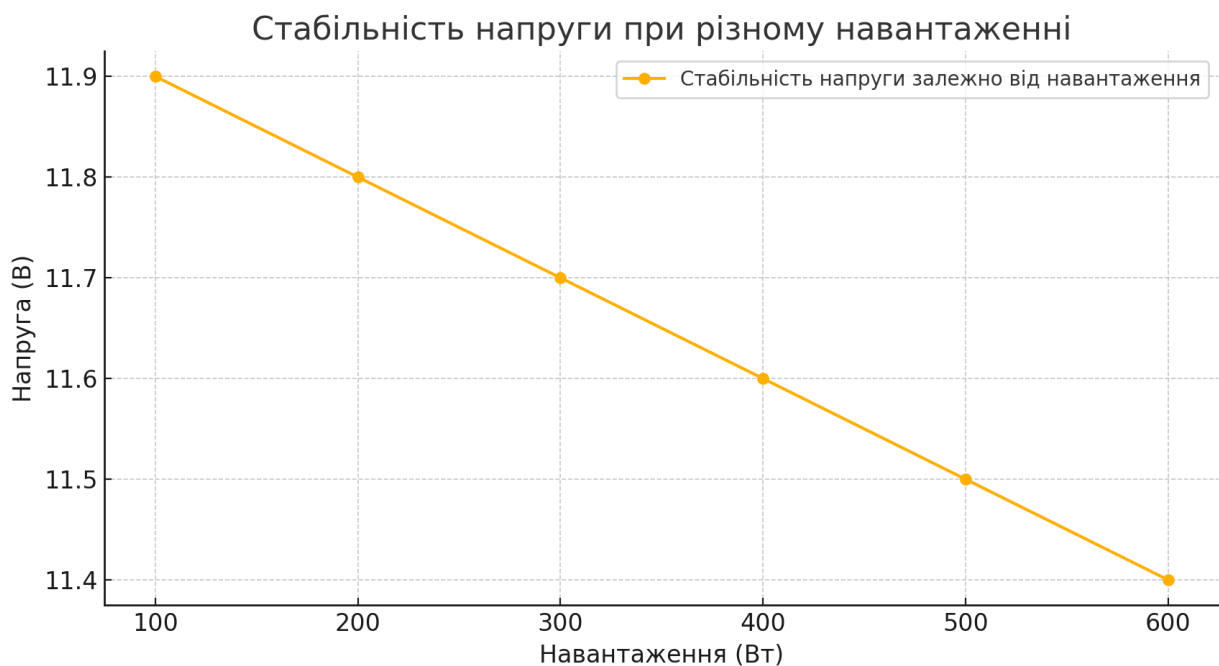


Рис. 2.6. Стабільність напруги залежно від навантаження графік показує, як змінюється напруга генератора зі збільшенням навантаження, що імітує роботу у різних експлуатаційних умовах. [1]

Оцінка роботи стартера в режимах запуску. Тестування стартера в режимах запуску спрямоване на.

Оцінку його здатності створювати достатній крутний момент для запуску двигуна.

Визначення відповідності характеристик стартера нормативним вимогам.

Перевірку роботи в різних умовах, включаючи підвищене навантаження, низькі температури та нестабільну напругу.

Режим холостого ходу. Стартер працює без навантаження.

Вимірюється сила струму, напруга, потужність і частота обертання.

Режим навантаження. Стартер підключається до моделюючої установки або двигуна. [10]

Оцінюється здатність запускати двигун за нормальних умов.

Екстремальні умови. Випробування проводяться при низьких температурах або підвищеній напрузі для аналізу працездатності в критичних ситуаціях.

Розрахунок:

Крутний момент (M) визначається за формулою:

$$M = \frac{P \cdot 60}{2\pi \cdot N}$$

Де P - потужність стартера (Вт),

N - частота обертання (об/хв).

Приклад розрахунку:

Потужність $P=300$ Вт,

Частота обертання $N=2000$ об/хв,

Крутний момент:

$$M = \frac{300 \cdot 60}{2\pi \cdot 2000} \approx 1.43$$

Таблиця результатів.

Режим роботи	Напруга (UUU, В)	Сила струму (III, А)	Потужність (PPP, Вт)	Частота обертання (NNN, об/хв)	Крутний момент (MMM, Н·м)
Холостий хід	12	20	240	3000	-
Навантаження	12	40	480	2000	1.91
Екстремальний	12	50	600	1800	2.12

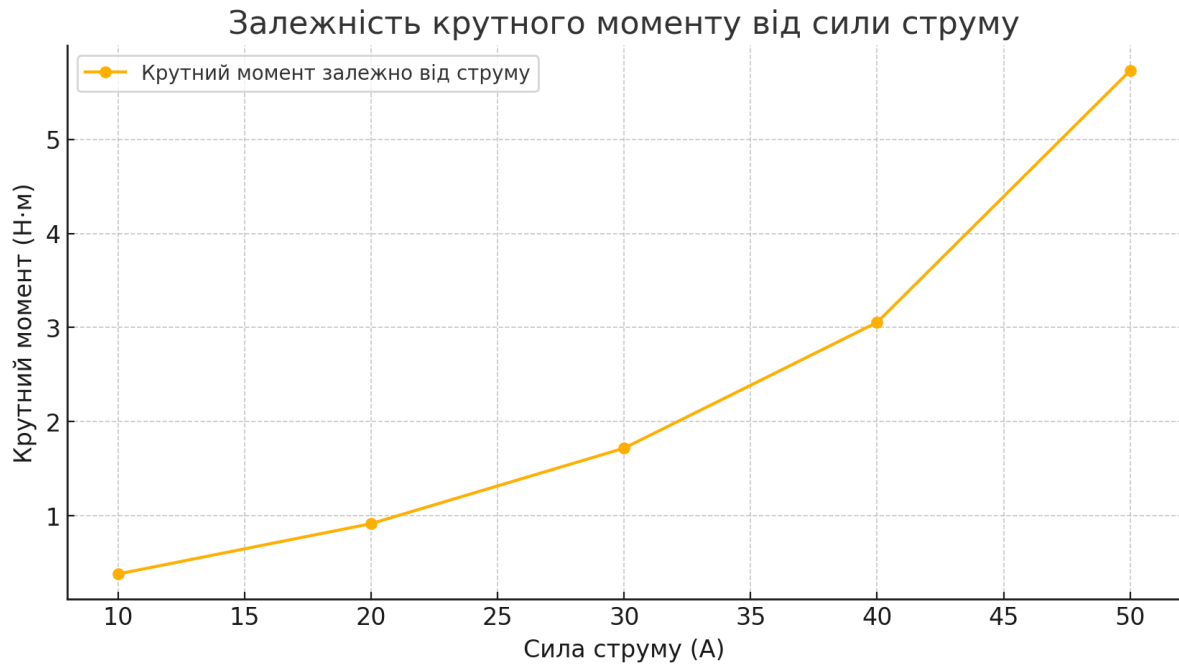


Рис. 2.7. Залежність крутного моменту від сили струму демонструє, як збільшення сили струму впливає на крутний момент стартера (Н·м).

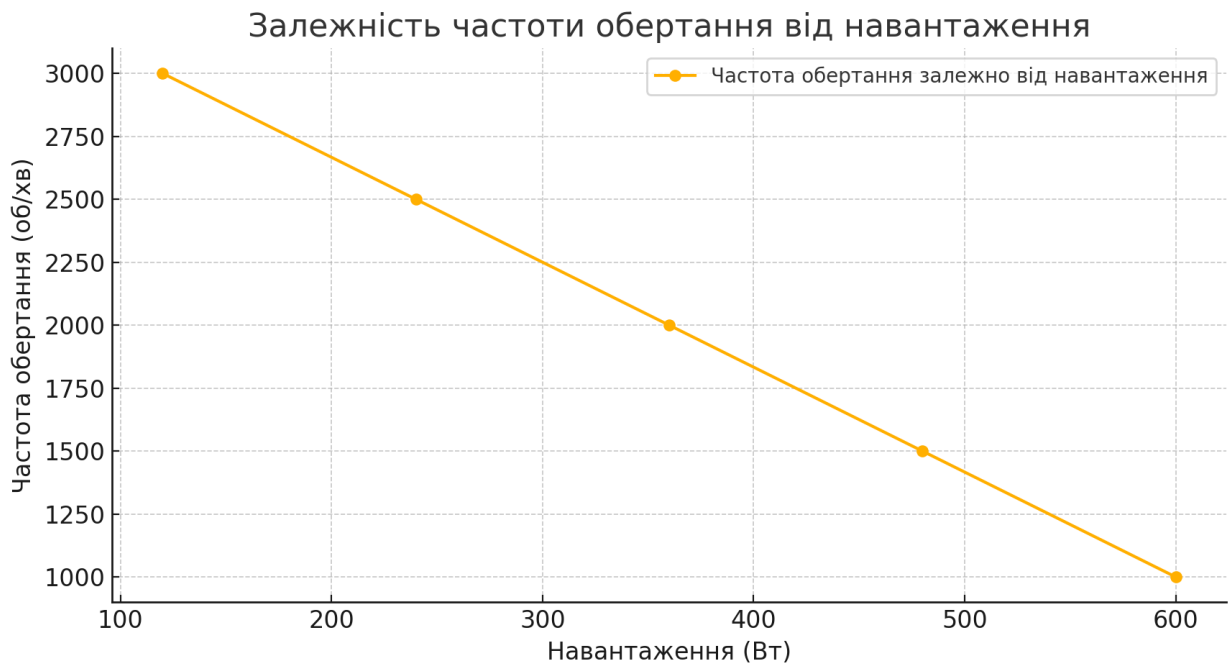


Рис. 2.8. Залежність частоти обертання від навантаження показує, як навантаження (Вт) впливає на частоту обертання стартера (об/хв).

Стартер має демонструвати стабільність роботи у всіх режимах. Ключові параметри, такі як крутний момент та частота обертання, повинні відповідати нормативним значенням. Результати тестувань дозволяють оцінити надійність роботи стартера у реальних умовах.

Для забезпечення точності випробувань генераторів і стартерів використовуються професійні вимірювальні прилади, включаючи вольтметри, амперметри, тахометри та інші. Ці пристрої забезпечують детальну оцінку робочих характеристик і функціональних показників тестованих агрегатів.

Слід підкреслити, що тестування генераторів і стартерів мають виконувати виключно кваліфіковані фахівці з глибокими знаннями та практичним досвідом у галузі автомобільної електрики. Це є запорукою правильного виконання тестів і точного аналізу робочих характеристик цих пристроїв. [9]

Огляд типів і моделей стартерів та генераторів, що застосовуються у легкових автомобілях. Проведено аналіз конструктивних особливостей цих агрегатів і схеми їх підключення в автомобільній електричній системі. На основі цього аналізу визначено характеристики, які можуть бути перевірені за допомогою інструментальних методів контролю.

Технічні характеристики стартерів.

Модель	Тип конструкції	Потужність (Вт)	Напруга (В)	Крутний момент (Н·м)	Вага (кг)
Bosch SR0448X	Редукторний	1.2	12	30	3.2
Valeo 432707	Безредукторний	1.5	12	35	4.1
Denso 428000-7110	Редукторний	1.1	12	28	3.0
Hitachi S114-790	Редукторний	1.4	12	32	3.5
Delco Remy 10461415	Безредукторний	2.0	12	40	5.0

Редукторні стартери домінують у сучасних легкових автомобілях завдяки їхній компактності, низькому енергоспоживанню та високій ефективності. Безредукторні стартери все ще залишаються популярними у бюджетному

сегменті або в старих моделях автомобілів. Автоматизовані стартери стають стандартом для автомобілів із системою «старт-стоп», сприяючи економії палива.

Здійснено аналіз конструктивних особливостей випробувальних стендів, призначених для тестування генераторів та стартерів. У даному розділі розглянуто лише окремі моделі стендів, які набули найбільшого поширення. Втім, навіть цей аналіз дозволяє визначити ключові тенденції та конструктивні принципи, що притаманні сучасним випробувальним стендам. Виявлені загальні технічні рішення будуть використані під час розробки нової конструкції випробувального стенда.

Було визначено ключові види випробувань, які зазвичай проводяться на спеціалізованих стендах під час перевірки роботи електроагрегатів, а саме:

- тестування напруги, яку генерує генератор;
- вимірювання сили струму;
- оцінювання потужності електроагрегату;
- аналіз частоти обертання агрегату;
- перевірка максимальної навантажувальної здатності;
- випробування стартера у різних умовах запуску.

У ході огляду було встановлено, що зазначені види випробувань є найбільш релевантними для оцінки роботи електроагрегатів у реальних умовах експлуатації. Зважаючи на те, що конструкція проектного стенда повинна максимально відповідати таким умовам, попередньо обрано варіант, який враховує широкий спектр методик і підходів до тестування.

2.2 Опис технологічного процесу перевірки електричних агрегатів на стенді

Технологічний процес перевірки електричних агрегатів на створеному стенді організовано таким чином, щоб умови тестування максимально відповідали реальним умовам експлуатації цих компонентів. За основу при розробці стенда було взято аналогічне обладнання. Конструктивні особливості

стенда дозволяють проводити випробування в робочих режимах, які характерні для функціонування стартерів і генераторів у різних умовах експлуатації.

Розроблений стенд дозволяє проводити тестування стартерів у таких робочих режимах.

Холостий хід. стартер працює без навантаження, що дозволяє оцінити його базові робочі параметри.

Робочий хід. моделюється запуск двигуна, що забезпечує перевірку ефективності стартера під реальним навантаженням.

Повна зупинка: оцінюється поведінка стартера в умовах, коли обертання валу повністю зупинене.

Для генераторів передбачено тестування в таких умовах.

Режим початку віддачі струму. аналізується момент, коли генератор починає генерувати струм.

Робочий режим. перевіряється здатність генератора стабільно виробляти струм у стандартних умовах.

Максимальне навантаження. випробовується генератор у режимі граничного навантаження, що дозволяє оцінити його стабільність і потужність.

Технічні характеристики стенда забезпечують високий рівень точності вимірювань: похибка вимірювання напруги складає $\pm 0,05$ В, а сили струму - $\pm 0,01$ А. Частота обертання визначається за допомогою імпульсних датчиків, які мають похибку $\pm 0,1$ об/хв.

Конструктивно стенд включає привід, систему інерційної маси, що складається з мінімум п'яти маховиків. Маховики з'єднані з ведучим валом і приводом стартера за допомогою ланцюгової передачі, що забезпечує стабільність і точність випробувань.

Під час тестування стартера в режимі робочого ходу здійснюється розкручування маховиків, інерційна маса яких імітує опір двигуна, що запускається. У режимі повного гальмування маховики фіксуються за допомогою гальмівного механізму, після чого проводяться вимірювання сили струму, споживаного стартером.

Генератор проходить перевірку на здатність генерувати струм. Для цього електродвигун розганяє генератор до встановленої частоти обертів, і фіксується величина струму, що генерується. Якщо зафіксовані параметри відповідають нормативним значенням, генератор вважається працездатним.

2.3 Розробка технологічного процесу перевірки електричних агрегатів на стенді

Процес розробки технології перевірки електричних агрегатів базується на двох основних аспектах. Теоретичні засади проведення випробувань.

Включають принципи та методи тестування генераторів і стартерів автомобілів, з урахуванням особливостей їхньої експлуатації. Орієнтуються на стандартні режими роботи агрегатів і специфіку їхніх технічних характеристик.

Конструкція стенда для випробувань. Розроблена відповідно до вимог для тестування електроагрегатів, враховуючи конструктивні особливості та технологічні завдання. Забезпечує проведення тестів у робочих режимах, максимально наближених до реальних умов експлуатації.

Щоб забезпечити зручність сприйняття, технологічний процес буде оформлений у вигляді технологічної карти. У ній детально описані всі етапи випробувань, із зазначенням часу на виконання операцій та параметрів, що контролюються. Технологічну карту буде представлено в таблиці 2.1.

Точність вимірювань у тестуванні стартерів та генераторів забезпечується кількома способами. Використання точних вольтметрів, амперметрів, тахометрів, які регулярно проходять калібрування, допомагає забезпечити надійність отриманих даних. Слідування стандартизованим методам випробувань дозволяє мінімізувати помилки під час випробувань і повторюваність результатів. Застосування програмного забезпечення для контролю випробувального обладнання допомагає уникнути людської помилки і забезпечити високу точність вимірювань. Контроль умов, у яких проводяться випробування, наприклад температури та вологості в лабораторії, також важливий для забезпечення точності вимірювань. Використання імпульсних датчиків для вимірювання частоти обертання. Ці датчики забезпечують високу

точність вимірювань швидкості обертання з мінімальною помилкою, що критично для точного аналізу роботи агрегатів.

Таблиця 2.1. Технологічна карта проведення перевірки стартерів на стенді.

Назва операції, переходу	Трудомі- сткість, люд.-хв	Примітка
1 Монтаж стартера		
1.1 Фіксація стартера в передбачених конструкцією точках	1,5	
1.2 Підключення проводів системи електроживлення до клем стартера	2,0	Клема втягуючого реле не підключається.
2 Реалізація випробувань на холостому ходу		
2.1 Ініціація роботи стартера	0,5	Здійснює контроль споживаного струму. Величина струму не більше 20А. Одночасно переконується у відсутності сторонніх шумів.
2.2 Відключення пульта керування	0,05	
2.3 З'єднання клем втягуючого реле	0,5	
3 Перевірка стартера у режимі робочого ходу		
3.1 Ініціювати запуск стартера	2,0	Здійснює контроль споживаного струму. Величина струму не перевищує 75А. Одночасно переконується у відсутності сторонніх шумів.

3.2 Деактивувати пульт управління	0,05	
Перевірка стартера у режимі повного гальмування:		
3.1 Фіксація маховиків за допомогою педалі	0,1	
3.2 Ініціювати запуск стартера	0,05	Протягом 2-3 секунд здійснює контроль споживаного струму. Величина струму не перевищує 150А.
3.3 Відключити стартер	0,05	
3.4 Підготувати звіт про функціональність стартера	1,0	Згідно з показниками споживаного струму
4 Розблокування стенду:		
4.1 Від'єднати клеми стартера	1,5	
4.2 Зняти стартер зі стенду	1,5	

Результатом роботи в технологічному відділі стало створення детальної технологічної карти для тестування стартерів. Випробування відбуваються на спеціально розробленому стенді, який було створено в рамках конструкторського проєкту. Основною особливістю цих випробувань є використання стандартних зразків, що дозволяє проводити тести у режимах, які точно відтворюють умови реальної експлуатації електроагрегатів. Це сприяє застосуванню інструментальних методів вимірювань, значно підвищуючи точність і якість отриманих результатів випробувань.

Практичне застосування. Тестування забезпечує виявлення несправностей ще на етапі діагностики, що дозволяє запобігти несподіваним відмовам в експлуатації. Результати випробувань можуть використовуватися для вдосконалення конструкцій генераторів і стартерів. Методики тестування адаптуються залежно від типу автомобіля та вимог до експлуатації. Такі підходи забезпечують всебічну оцінку стану та робочих характеристик електроагрегатів, підвищуючи їхню надійність і ефективність.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Технічна пропозиція щодо розробки стенду для випробувань стартерів і генераторів

На підставі встановленого завдання для розробки діагностичного стенду, призначеного для перевірки роботи стартерів та генераторів автомобілів, було розроблено відповідну технічну пропозицію. Вона охоплює проектні рішення за ключовими компонентами та агрегатами запропонованого обладнання. Такий виріб класифікується як обладнання для тестування та може застосовуватися для перевірки стартерів. Основною метою реалізації даного проекту є розширення технічних можливостей використання стенду. У процесі патентного обстеження було вибрано декілька прототипів для аналізу. На фігурі 3.1 представлено тестовий стенд у бічному вигляді, а на фігурі 3.2 - з верхнього ракурсу.

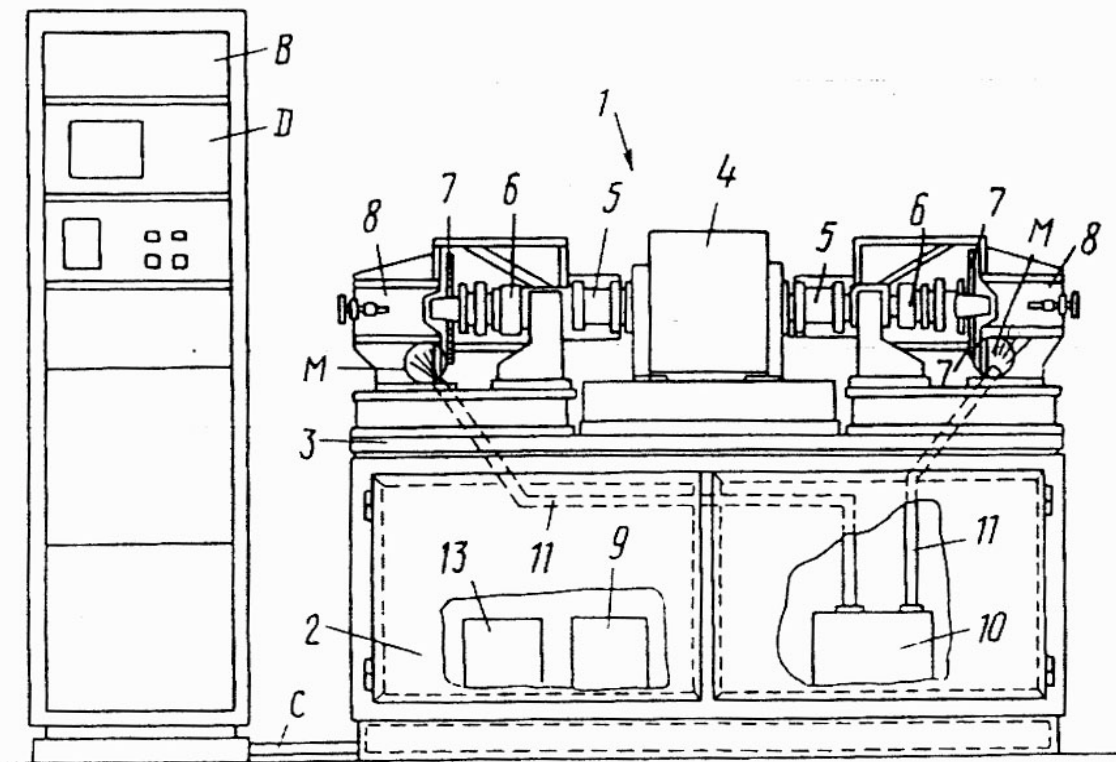


Рис. 3.1. Стенд для випробування стартерів, вид збоку.

Стенд 1 містить стійку опорну базу (наприклад, каркас або робочу поверхню) 2, на якій встановлено стіл 3 з геометрично точною прямокутною формою. Гальмо 4, яке у вигляді динамометричного фрикційного гальма, є

основним елементом цієї установки та займає центральну позицію на столі 3.

Це гальмо 4 оснащене двома вихідними валами 5, які розташовані горизонтально і переважно на одній площині з довжньою віссю столу 3.

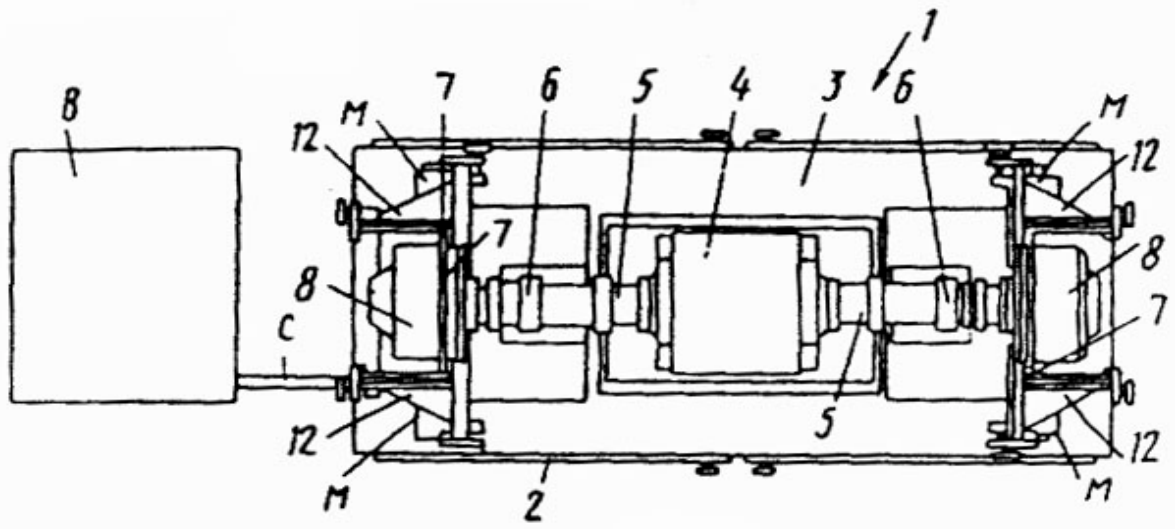


Рис. 3.2. Стенд для випробування стартерів, вид зверху.

Пара муфт 6, які є електромагнітними в більшості випадків, встановлені на одній осі з вихідними валами 5 гальма 4, що дозволяє їм при зчепленні передавати обертання від кожного вихідного вала 5 до відповідного ротора 7. Ротор 7 оснащений радіальним чи торцевим зубчатим вінцем на своїй периферії, що нагадує за своїм функціоналом маховик двигуна внутрішнього згоряння, здатний зачеплятися з шестернею стартера. Кожен зубчатий ротор 7 також з'єднаний з вихідним валом відповідного малоінерційного дослідного електромотора 8.

Електромагнітні муфти 6 та двигуни 8 з'єднані із системами 9 живлення та управління, розміщеними усередині опорної структури 2, які контролюються за допомогою відповідних інтерфейсів управління. Ці інтерфейси управління керуються комп'ютером D, розміщеним у мінімум одному шафі В, яка з'єднана з конструкцією 2 за допомогою кабелю С. Цей кабель передає сигнали живлення та керування від шафи В до компонентів, вбудованих у конструкцію 2. Опорна конструкція переважно виконана у вигляді корпусу з кількома відсіками, оснащеними дверцятами, що дозволяють легко досягти до внутрішніх електроузлів. Зазвичай також включає додаткове обладнання, таке як електроклапани 10, призначені для подачі стислого повітря у канали 11, яке використовується для охолодження тестованих електромоторів М. Як було

зазначено раніше, гальмо 4 являє собою водоохолоджуване динамометричне фрикційне гальмо.

Електродвигуни М, що проходять тестування, монтуються на кронштейнах, які розміщені навпроти кожного з зубчастих роторів 7. Це забезпечує точне входження шестерні двигунів М у зачеплення із зубчатым вінцем кожного ротора 7. Для цього компоненти тестуємых двигунів зазвичай виготовляються у формі планок 12, налаштовуваних у двох напрямках (вздовжньому та поперечному відношенню до конструкції 2), що спрощує процес зачеплення шестерні електродвигуна М з відповідним зубчатым ротором 7, незалежно від їхніх індивідуальних характеристик. Важливо підкреслити, що умови установки електродвигунів М на стенді 1 забезпечують не тільки точне механічне з'єднання (у режимі взаємодії шестерень із зубчатым ротором 7), а також:

з'єднання згаданих електродвигунів з відповідним джерелом 13 електричного живлення, розташованим усередині конструкції 2 та контрольованим комп'ютером D, що дозволяє на початковому етапі тестувань моделювати запуск електродвигуна під максимальним гальмівним моментом;

розміщення електродвигунів М у відповідності з вихідними отворами каналів 11 для подачі струменів стиснутого повітря, керованих електроклапанами 10, що забезпечує ефективне охолодження колекторів електродвигунів М після завершення тестувань.

Окрім цього, стенд 1 оснащений захисними оболонками, які можна переміщувати уздовж самого стенду, забезпечуючи таким чином простий доступ до усіх механічних компонентів (не зображено на схемі).

Процес випробувань розпочинається з одночасного тестування чотирьох електродвигунів М, який відбувається відповідно до зазначеної послідовності.

На першому етапі чотири електродвигуни М розміщують на стенді 1, встановлюючи їх на спеціальні напрямні пристрої – салазки 12, що дозволяє точно зачепити шестерні цих двигунів з зубчатыми вінцями двох роторів 7.

Відразу після монтажу випробуваних електродвигунів на стенді 1, комп'ютер D аналізує позиціонування зачеплень муфт 6 для забезпечення єдності зубчастих роторів 7 з вихідними валами 5 тормозного механізму 4. Після

цього він активує джерело живлення 13, щоб виконати тест на електричний розряд, подібний до того, який виробляє автомобільний акумулятор, з тривалістю близько однієї секунди. Завдяки цьому стимулюванню, електродвигуни М розпочинають обертати зубчаті ротори 7, що, у свою чергу, активує фрикційне гальмо 4 до швидкості 1300 обертів на хвилину, враховуючи заданий максимальний гальмівний момент.

На завершення зазначеного часового інтервалу (наприклад, 1 секунда), коли умови випробувань підтримуються без змін, активується процес переміщення муфти 6 у нейтральне становище. У той самий час, відповідний малоінерційний електродвигун 8 запускається, здійснюючи протягом короткого часу (зазвичай близько 0,5 секунди) обертання відповідного ротора 7 з обертовою швидкістю, що може досягати приблизно 20000 обертів на хвилину. Така дія дозволяє імітувати та підтримувати приблизно одну секунду так званої фази розподілу. По завершенні цього етапу, стартовий електродвигун 8 перемикається на режим гальмування, що спричиняє зупинку тестової системи протягом приблизно 0,5 секунди. У цей момент активізується електроклапан 10, через який канал 11 подає стиснене повітря для охолодження колектора тестованого електродвигуна. Після цього комп'ютер D координує проведення випробувань наступного електродвигуна М, розташованого в іншій позиції, з повторенням процедури задану кількість разів до досягнення визначеної кількості циклів або виявлення першої аномалії.

Електродвигуни М, які успішно пройшли задану кількість циклів або зазнали поломок під час тестування, знімаються зі стенда 1 після завершення всіх випробувань. На їх місце встановлюється нова група з чотирьох електродвигунів М для подальшого тестування на тому ж стенді.

Цей пристрій може бути використаним на автотранспортних та авторемонтних заводах, а також у великих сервісних центрах і ремонтних майстернях, де проводять ремонт та діагностику стартерів, включаючи перевірку після виконаних ремонтних робіт. Схема відповідного аналога представлена на рисунку 3.3.

Процес роботи установки розпочинається з монтажу стартера, який має пройти випробування, на базу за допомогою кріплення та підключення його до

електричної системи. З активацією стартера, його шестерня входить в зачеплення з зубчастим диском, викликаючи обертання індикатора, який інтегрований з торсіонною віссю. Кут цього обертання відображає крутний момент, генерований стартером, і реєструється на мірній шкалі.

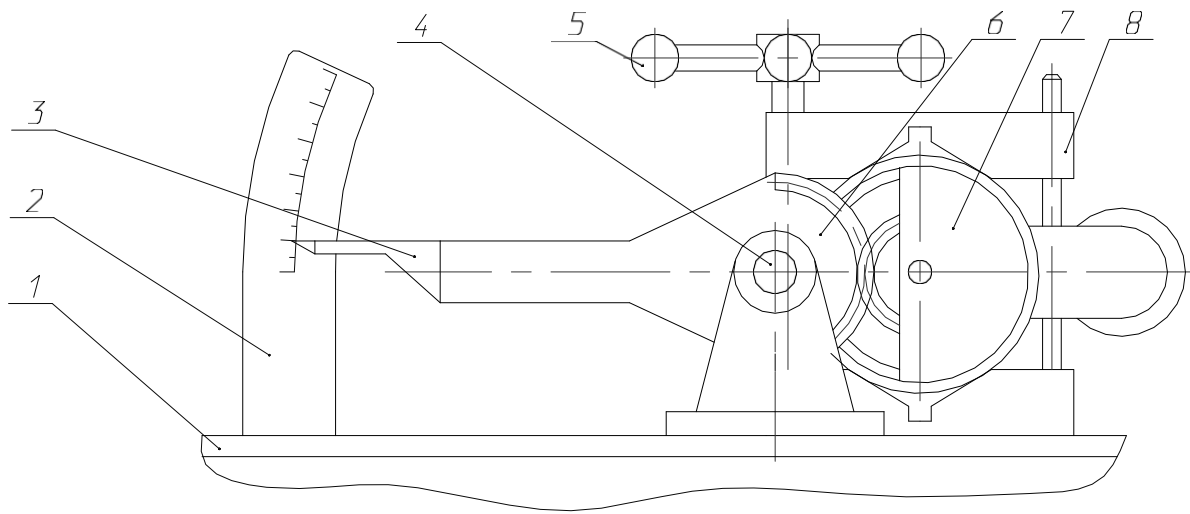


Рис. 3.3. Аналог обговорюваної конструкції стенду.

1 – база; 2 – мірна шкала; 3 – індикатор; 4 – торсіонна ось; 5 – махове колесо; 6 – зубчастий диск; 7 – стартер; 8 – кріплення.

Ця конструкція, використана як прототип, має декілька суттєвих недоліків. Тестування стартера виконується виключно при максимальному гальмуванні. Неможливість тестування стартерів інших моделей через складнощі в налаштуванні стенда під різні типи. Ускладнення в процесі монтажу стартерів різних моделей, що потребує точної настройки розташування вінця. На рисунку 3.4 представлено електричну схему цього стенда.

Передбачається підключення стенда до мережі змінного струму з напругою 220 В. Для забезпечення відповідності електричним характеристикам стартера його підключення здійснюється через понижувальний трансформатор і випрямляч (у схемі не відображено), оскільки стартер функціонує як двигун постійного струму. Увімкнення стенда відбувається натисканням кнопки ВКЛ, що підтверджується індикацією лампи L1. Стартер запускається за допомогою кнопки ПУСК, яка не має фіксованого положення.

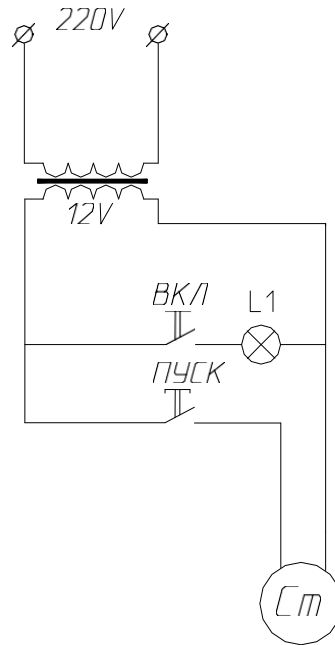


Рис. 3.4. Схема електричного з'єднання стенда.

Далі розглянемо перерізи, прийняті до розробки, з метою аналізу конструктивних особливостей. На рисунку 3.5 представлено переріз блоку махових мас, який використовується для моделювання навантаження під час випробувань стартера в робочому режимі.

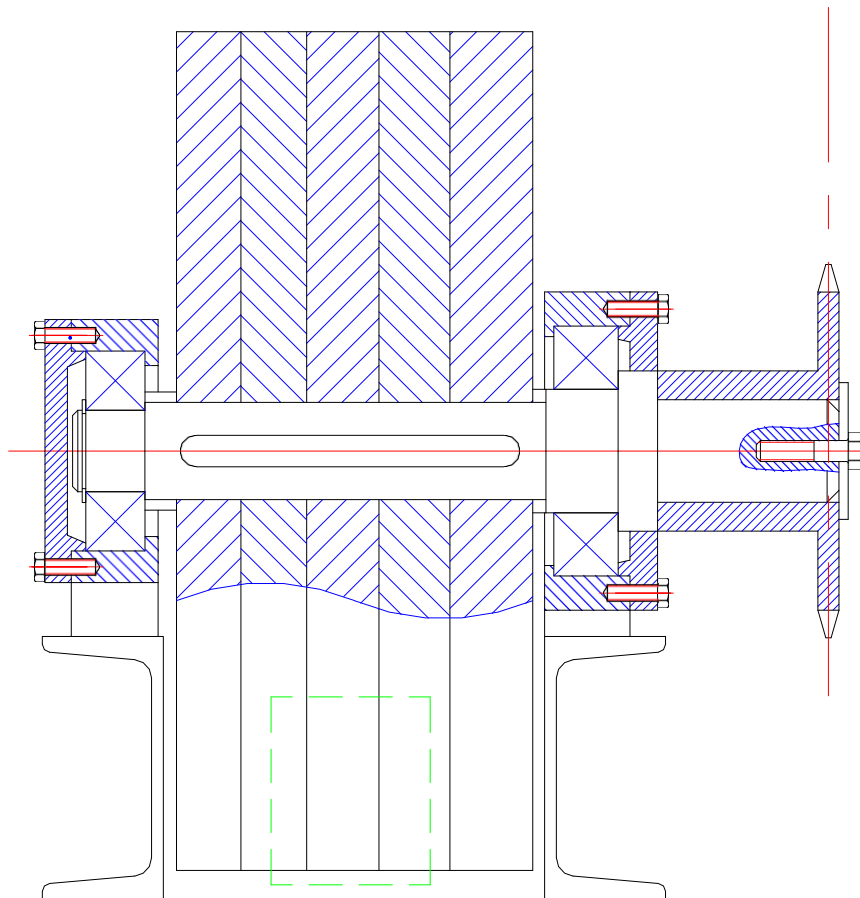


Рис. 3.5. Переріз блоку махових мас

Блок махових мас використовується для відтворення інерційного навантаження, яке характерне для розгону двигуна. Відповідно до технічного завдання, його підтримує підшипниковий вузол, жорстко закріплений на рамі конструкції. Для забезпечення зупинки махових мас передбачено використання гальмівного механізму, що виконує функцію фіксатора.

Розробка зовнішнього вигляду виробу виконується для підвищення його комерційної привабливості та гармонійного поєднання із реальними умовами використання.

Каркас конструкції створюється з урахуванням її складної геометрії шляхом використання прямокутних труб, що з'єднуються між собою методом зварювання. Під час проєктування форми корпусу було враховано особливості сприйняття людиною візуальних пропорцій. Зокрема, станину виконано в розмірах, співвідносних із параметрами автомобільної покривки, що забезпечує візуальний ефект стійкості. У той же час дотримання пропорційності дозволяє уникнути враження громіздкості конструкції.

Установка, призначена для тестування стартерів, створює під час роботи підвищений рівень шуму. У зв'язку з цим пульт оператора слід розміщувати на відстані 0,5–1 м від установки. Робоче приміщення повинно бути сухим і мати тверде покриття підлоги, яке забезпечує стабільність розташування обладнання. Зусилля, необхідне для натискання кнопки, не повинно перевищувати 15 Н. Додатково слід обов'язково забезпечити заземлення пульта управління.

Конструкція установки має гарантувати працівнику комфортний і безпечний огляд під час виконання завдань. Оптимальні горизонтальні кути огляду без повороту голови повинні складати 60° , а вертикальні – 10° вгору і 30° вниз (див. рисунок 3.6).

Шкала має розташовуватися в межах легкого доступу для працівника. При цьому важливо забезпечити відповідність рухів рук працівника та положення тіла ергономічним вимогам для забезпечення зручності та безпеки під час роботи.

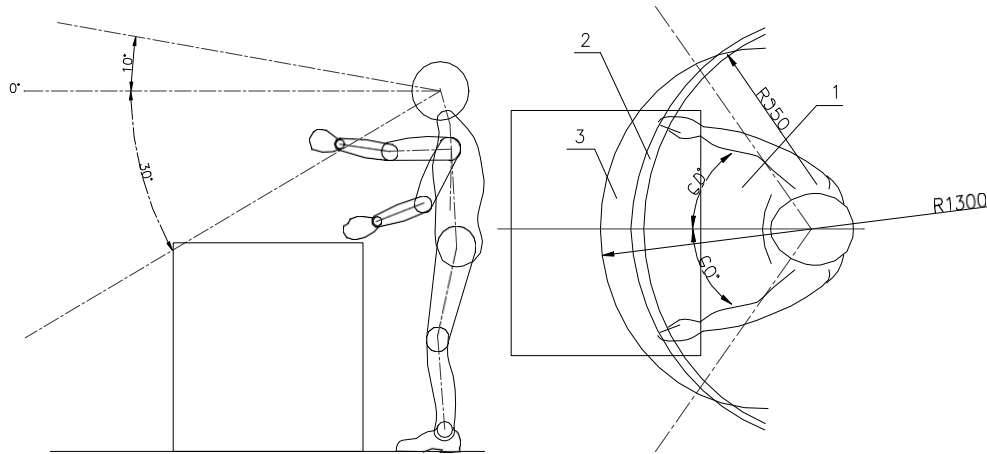


Рис. 3.6. Ергономічні особливості стенда для тестування генератора і стартера:
1 – зона легкої досяжності; 2 – зона обмеженої досяжності; 3 – зона максимальної досяжності.

3.2 Аналіз силових впливів на механізми стенда під час експлуатації та обґрунтування параметрів конструкції

Розрахунок крутного моменту, що виникає під час роботи. Розрахунок проводиться з урахуванням функціонального призначення стенда, який використовується для тестування стартерів різних типів. Як пристрій для створення навантаження передбачено застосування механічного гальма. Процес випробувань стартерів здійснюється у різних робочих режимах, зокрема в режимі повної зупинки, що дозволяє зафіксувати максимальний крутний момент на вихідному валу стартера.

Для стартерів, які використовуються в системах запуску двигунів автомобілів Renault, згідно з технічними характеристиками, максимальний крутний момент становить $M_{кр} = 130 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Передача крутного моменту оцінюється на основі передаточного відношення між зубчастою шестернею стартера та маховиком.

Кількість зубців на зубчастій шестерні стартера $n_1 = 11$.

Кількість зубців на зубчастому вінці маховика $n_2 = 128$.

Передачне відношення - це коефіцієнт, який визначає, скільки обертів здійснює ведучий вал порівняно з кількістю обертів веденого вала. Воно обчислюється за формулою:

$$u = \frac{n_2}{n_1}; \quad (3.1)$$

$$u = 128 / 11 = 11,64$$

Крутний момент на півосі в механічних системах, таких як автомобільні трансмісії, можна обчислити, використовуючи наступну формулу:

$$M = M_{кр} * u \quad (3.2)$$

$$M = 130 \cdot 11,64 = 1513,2 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Для повного зупинення півосі потрібно подолати крутний момент, величина якого становить 1513,2 Н·м.

Аналіз зусиль на зсув болтів кріплення вала. Під час передачі крутного моменту від стартера до вала кріпильні болти піддаються вигинальним напруженням. Додатково, при контакті болтів із площинами фланця редуктора, можливе виникнення зсуву під дією крутного моменту. У такому випадку розрахунок мінімального діаметра болта здійснюється за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{F * 4}{\pi * i * [\tau_{cp}]}} \quad (3.3)$$

i - кількість площин зсуву ($i=2$),

d - діаметр болта, м

$[\tau_{cp}] = 85 \text{ МПа}$ - допустиме напруження на зсув для сталі 45.

F - навантаження на з'єднання

Навантаження на механічне з'єднання може визначатися за умовою рівноваги сил та моментів, які діють на з'єднання. Зазвичай це включає обрахунок сил, які викликають напруження в з'єднанні, та перевірку їх на придатність до передачі навантаження без пошкодження. Ви можете розрахувати це, використовуючи наступну загальну методику:

$$F = M_{кр} \cdot r / 4, \quad (3.4)$$

де r – радіус обертання, який приймається відповідно до конструкції $r=32 \text{ мм}$.

$$F = 1532 \cdot 0,036 / 4 = 18,4 \text{ Н},$$

$$d = \sqrt{\frac{18.4 * 4}{3.14 * 2 * [85]}} = 3.71 \text{ мм}$$

Виходячи з конструктивних міркувань, діаметр болта обрано рівним $d=8$ мм.

Привід генератора визначається відповідно до його технічних характеристик. Номінальна потужність генератора становить 1,8 кВт, проте, враховуючи, що на стенді не передбачається проведення випробувань для перевірки його потужності, в якості приводу прийнято двигун АІР40 з потужністю 1,0 кВт і частотою обертання 3000 об/хв.

Результатом розробки конструкторської частини дипломного проєкту стало створення стенда, призначеного для тестування генераторів і стартерів легкових автомобілів.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Математична модель діагностичного параметра

З теорії електричних машин відомо, що струм, споживаний електродвигуном, є функцією багатьох параметрів, таких як напруга живлення, опір обмоток, індуктивність, крутний момент навантаження та стан механічних і електричних елементів. Цей принцип є основою для розробки математичної моделі, яка дозволяє визначати діагностичні параметри стану автомобільного стартера.

$$I_a = \frac{U - C_e \cdot \Phi \cdot n}{r_a}, \quad (4.1)$$

Де I_a – споживаний струм, А;

U – напруга джерела живлення (аккумуляторної батареї стартера), В;

C_e – конструктивна константа електродвигуна;

Φ – магнітний потік, Вб;

n – швидкість обертання ротора електродвигуна, об/хв;

r_a – опір якорного кола електродвигуна, Ом.

У процесі роботи стартера напруга аккумуляторної батареї значно змінюється, що унеможливорює підтримання стабільної напруги під час експерименту. Зважаючи на пряму залежність між струмом і напругою, експериментальні значення струму коригуються до стандартного рівня напруги, що відповідає 75% заряду батареї ($U=12,45$ В). При цьому опір якорного кола стає індикатором технічного стану електродвигуна стартера.

Магнітний потік у стартерах із постійними магнітами залишається незмінним. Частота обертання під час запуску двигуна внутрішнього згоряння визначається рівновагою між моментом стартера

M_{st} і моментом опору обертанню M_{crank} .

$$M_{st} = C_M \cdot \Phi \cdot I_a \cdot i_r \cdot \eta_r, \quad (4.2)$$

C_M – конструктивна константа електродвигуна;

$i_r \eta_r$ – передаточне число та коефіцієнт корисної дії (ККД) передачі стартера до маховика двигуна внутрішнього згоряння.

$$M_{crank} = (\alpha + \beta \cdot n \cdot i_r \cdot \eta_r) \cdot \sqrt{\nu} \cdot V_h, \quad (4.3)$$

Де α, β – константи, що залежать від типу двигуна (бензиновий чи дизельний) і кількості циліндрів;

ν – кінематична в'язкість моторного масла, $\text{м}^2/\text{с}$;

V_h – робочий об'єм циліндрів двигуна внутрішнього згоряння, м^3 .

Аналіз рівняння (3) показує, що змінною величиною є в'язкість моторного масла, яка динамічно змінюється під час експлуатації двигуна. Для забезпечення чистоти експериментальних даних були обрані автомобілі з однаковими параметрами двигунів, зокрема однаковим робочим об'ємом і кількістю циліндрів. Крім того, використовувалося моторне масло з ідентичним індексом в'язкості SAE 10W30. Усі вимірювання проводилися за стабільних умов навколишнього середовища з однаковою температурою.

На основі цих умов узагальнену математичну модель споживання струму можна представити у вигляді:

$$I_a = f(U, V_h, \nu, r_a) = f(U, t, L), \quad (4.4)$$

Де t – температура навколишнього середовища, $^{\circ}\text{C}$;

L – пробіг автомобіля, км.

У рівнянні (4.4) температура враховує вплив на в'язкість моторного масла та зміни сил опору коченню. Пробіг автомобіля, у свою чергу, характеризує зміни технічного стану стартера, зокрема вплив на електричний опір якорного кола.

4.2 Експериментальні дослідження

Дослідження виконувалися на автомобілях марки Chevrolet Aveo з різним пробігом. Транспортні засоби були обладнані стартерами потужністю 1 кВт та акумуляторними батареями номінальною ємністю 55 А·год. Умови експерименту передбачали температуру навколишнього середовища в межах

від 0 до $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Схема підключення вимірювального обладнання представлена на рисунку 4.1.

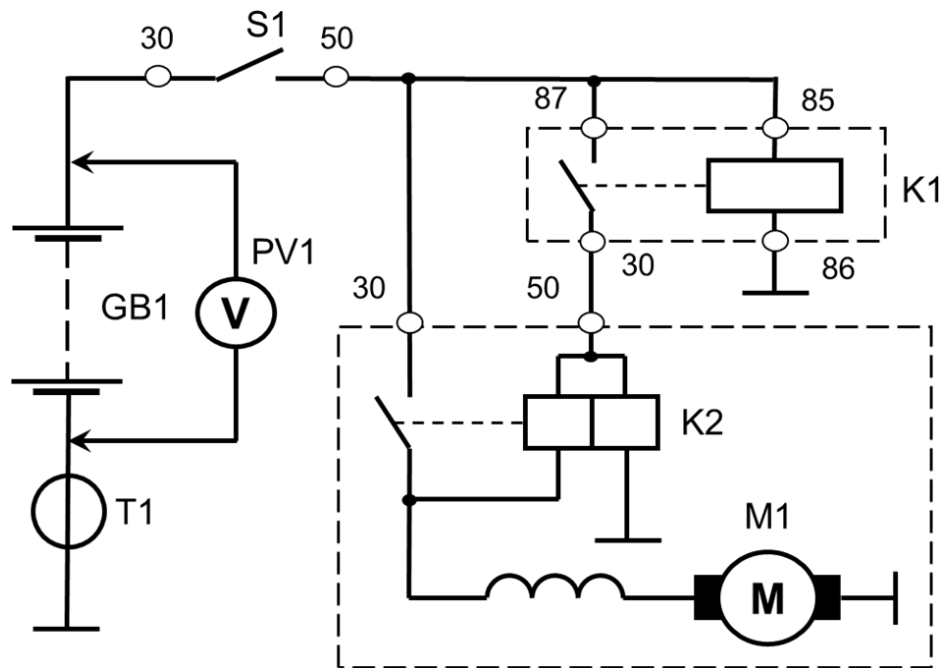


Рис. 4.1. Електрична схема, використана під час експерименту для підключення вимірювальних приладів:

GB1 – акумулятор стартера; K1 – реле стартера; K2 – тягове реле стартера; M1 – електродвигун стартера; PV1 – цифровий мультиметр; T1 – струмовимірювальні кліщі Testo 770-2; S1 – замок запалювання.

Послідовність проведення експерименту. Автомобіль залишали на відкритому повітрі, поки температура двигуна і всіх його компонентів не досягала температури навколишнього середовища, а напруга акумуляторної батареї стабілізувалася. Далі фіксували значення пробігу автомобіля та температуру зовнішнього середовища. Для вимірювання напруги батареї цифровий мультиметр підключали до її клем. Струмовимірювальні кліщі Testo 770-2 у режимі "INRUSH" з'єднували з проводом, що підключає негативну клему акумулятора до "масового" проводу автомобіля. Після цього запускали двигун внутрішнього згоряння і реєстрували значення пускового струму.

Результати дослідження. На рисунку 4.2 наведено залежність споживання струму стартером автомобіля від його пробігу. Дослідження показали, що зі збільшенням тривалості експлуатації транспортного засобу споживання струму стартером поступово зменшується. Цей процес має лінійну тенденцію зі значною ймовірністю. Для стартерів із несправностями споживання струму

виявилося значно нижчим від допустимих значень, що дозволяє використовувати цей параметр для оцінки технічного стану пристрою.

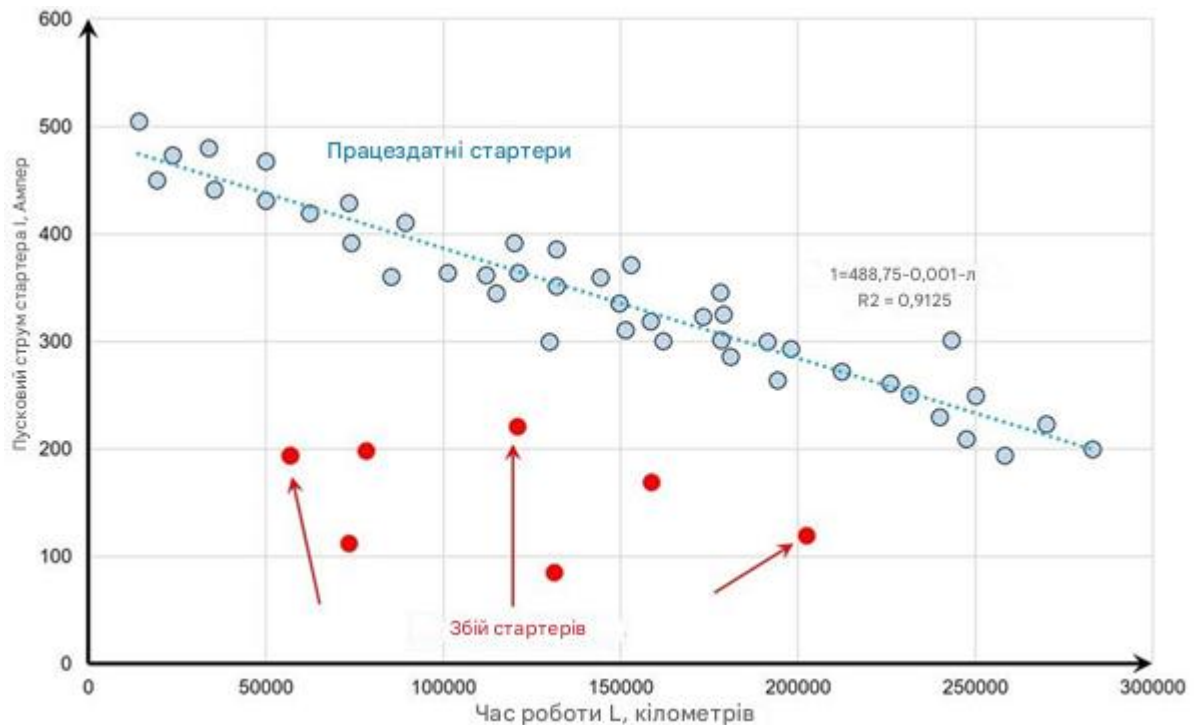


Рис. 4.2. Залежність споживання струму стартером автомобіля від тривалості його експлуатації (пробігу).

Запуск двигуна внутрішнього згоряння зі стартером, що має несправності, супроводжувався або тривалим часом запуску, або невдалою спробою пуску, яка супроводжувалася появою нетипових звуків.

Розкид значень споживання струму стартером із несправностями можна пояснити різним характером несправностей і стохастичністю процесів їх розвитку.

Допустиме значення діагностичного параметра S_{mp} визначається за допомогою статистичного методу встановлення гранично допустимих меж, яке розраховується за формулою:

$$S_{mp} = \bar{X} + K \cdot \sqrt{s^2}, \quad (4.5)$$

У даному контексті, $\bar{X}$ та S відображають середній показник та варіативність діагностичного параметра відповідно; K слугує коефіцієнтом, що задає межі допустимості (коефіцієнт толеранції). Враховуючи, що параметр споживання струму має одностороннє обмеження знизу, значення коефіцієнта K встановлюється на рівні 1, коли цей параметр має прямий зв'язок з безпекою на дорогах. У випадку, коли такого зв'язку немає, K приймає значення 1.7.

Застосування цих значень дозволяє нам визначити допустимі показники пускового струму.

$$S_{mp} = 339.63 - 1.0 \cdot 79.7 = 260 \text{ A.}$$

Ідентифікація тренду в стохастичному процесі, який описує динаміку зміни діагностичного параметра, дозволяє застосовувати дані діагностики за новою методикою для прогнозування залишкової працездатності стартерів транспортних засобів. Оцінюючи залишковий ресурс стартерів транспортних засобів, ми керуємося наступними міркуваннями:

$$R_s = S_i / S_{max}, \quad (4.6)$$

де R_s вказує на залишкову працездатність стартера автомобіля; S_{max} представляє максимально можливе значення діагностичного параметра в амперах; S_i означає поточний показник цього параметра в амперах. На рисунку 4.3 наведено візуалізацію, яка ілюструє зміни в залишковій працездатності стартерів автомобілів протягом їхнього використання.

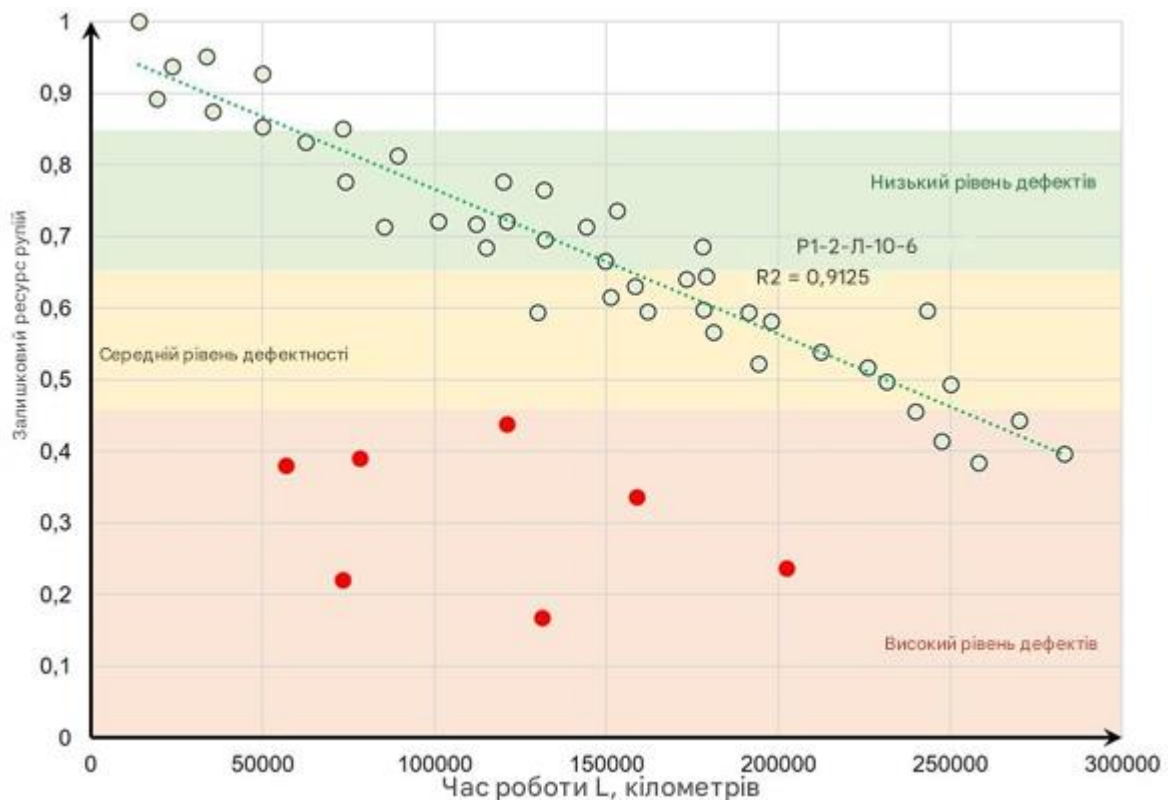


Рис. 4.3. Динаміка залишкового ресурсу стартера в залежності від часу використання (пробіг авто).

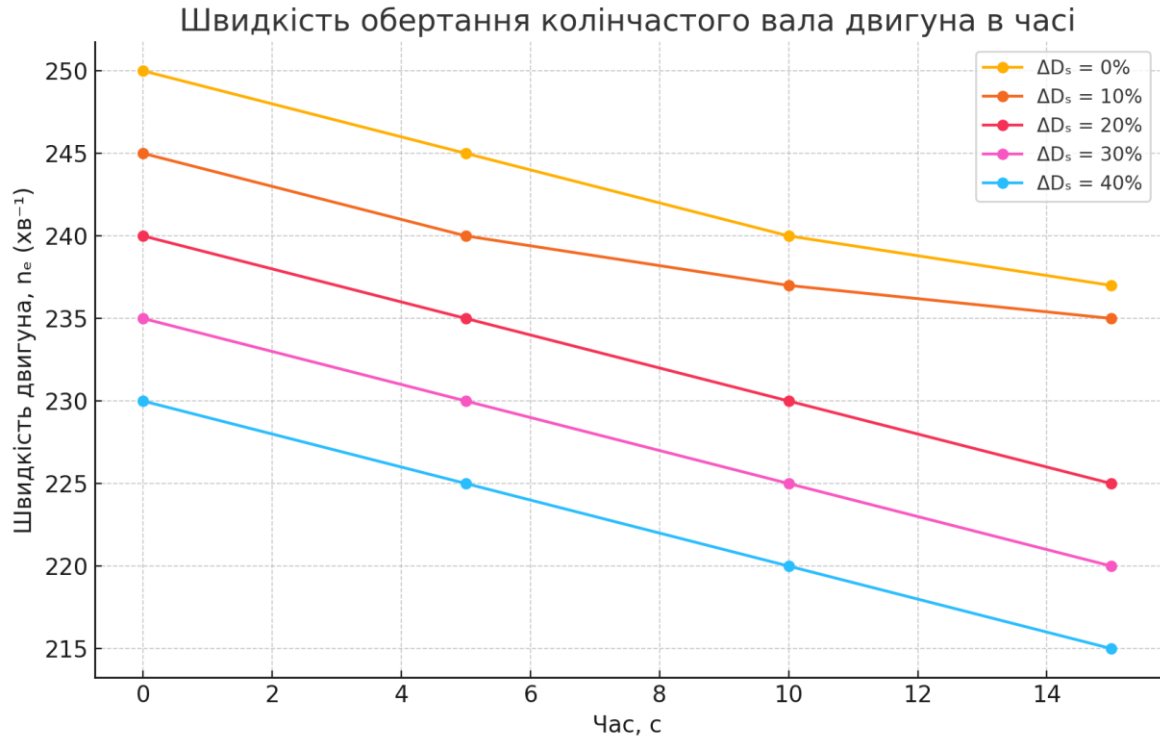
Необхідність діагностики стартерів у автомобілях впливає зі складності наявних методів, що вимагають зняття стартера з двигуна. Виникнення та прогресування дефектів стартерів спонукає до зміни величини споживаного струму при старті двигуна внутрішнього згоряння. За допомогою струмових кліщів було виміряно споживання струму стартерами в автомобілях з різним пробігом, і виявлено, що споживання струму знижується поступово з плином часу, не досягаючи максимально допустимого рівня, встановленого за методом толеранційних меж. Стартери з дефектами споживають значно менше струму, ніж дозволено, що робить цей показник корисним для оцінки їх технічного стану. Оцінка довговічності стартерів базувалася на відношенні фактичного споживання струму до його граничної величини. Майбутні дослідження зосередяться на аналізі впливу зовнішньої температури на споживання струму і розробці методичних рекомендацій для діагностики стартерів у транспортних засобах.

Симуляція запуску двигуна з використанням електричного стартера демонструється через графіки швидкості обертання колінчастого вала у часі, з урахуванням різних ступенів розряду батареї та температур електроліту, які представлено на рисунку 4.4. З аналізу графічних даних видно, що спочатку швидкість обертання колінчастого вала швидко зростає до максимальної (n_{max}), після чого спостерігається її поступове зниження. Це зниження швидкості можна пояснити процесом перехідної поляризації та збільшенням внутрішнього опору батареї через активну пасивацію електродів під час розрядки стартера. При температурі електроліту $T_{el} = 233 \text{ K}$ і ступені розряду $\Delta Db = 40\%$, напруга розряду батареї знижується до неприпустимого рівня, тому залежність $n_e = f(\Delta C_d, t)$ не була встановлена при цій температурі.

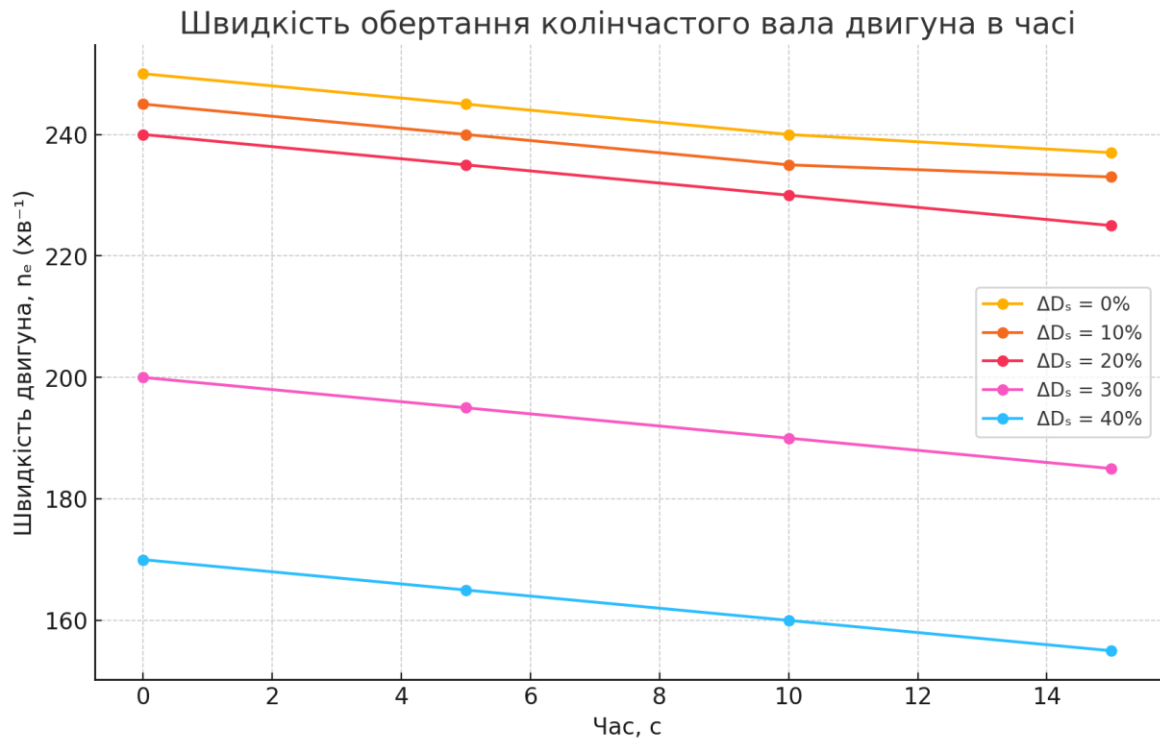
На рисунку 4.5 зображено графіки частоти обертання колінчастого вала та динамічного коефіцієнта запуску, що залежать від температури електроліту та ступеня розряду батареї.

Аналіз отриманих даних показує, що зі зниженням температури електроліту значно зростає вплив передзаряду батареї на швидкість обертання колінчастого вала. Коефіцієнт динамічного запуску збільшується з пониженням

температури електроліту і фактично не залежить від ступеня розряду батареї при температурі електроліту $T_{el} > 243 \text{ K}$.



а



б

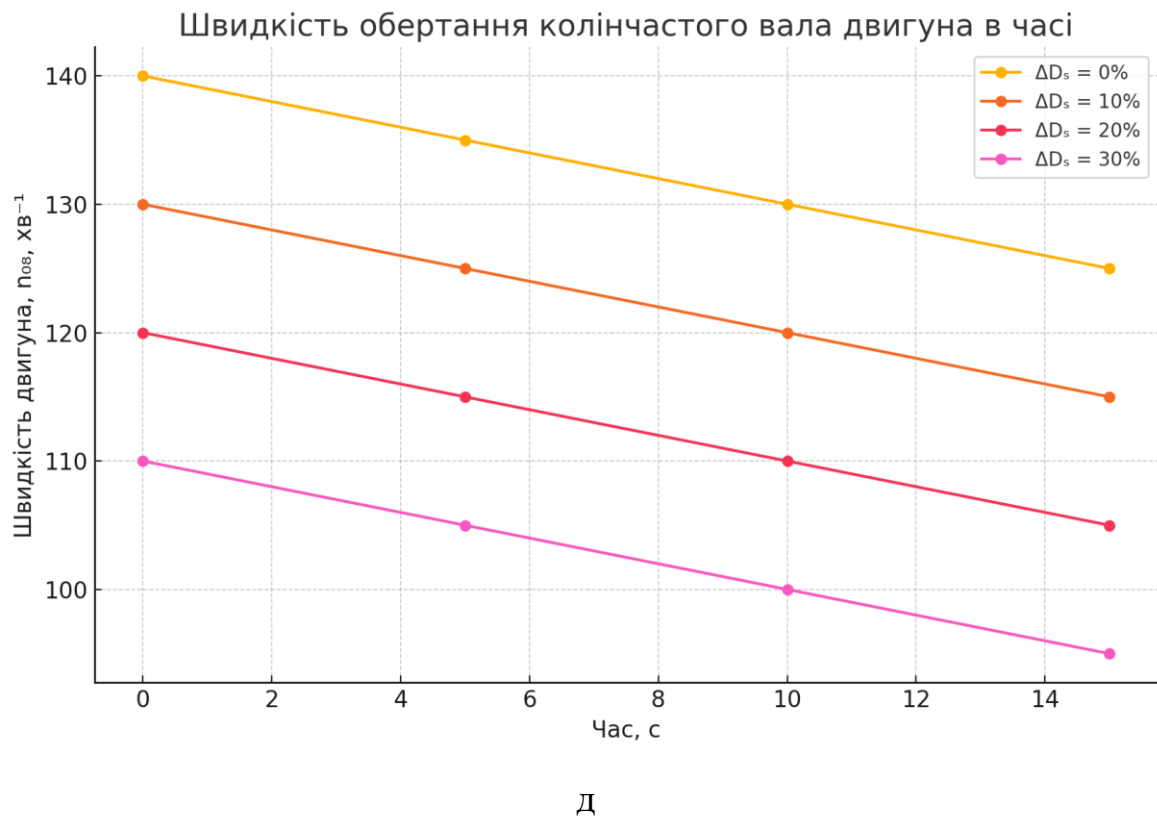
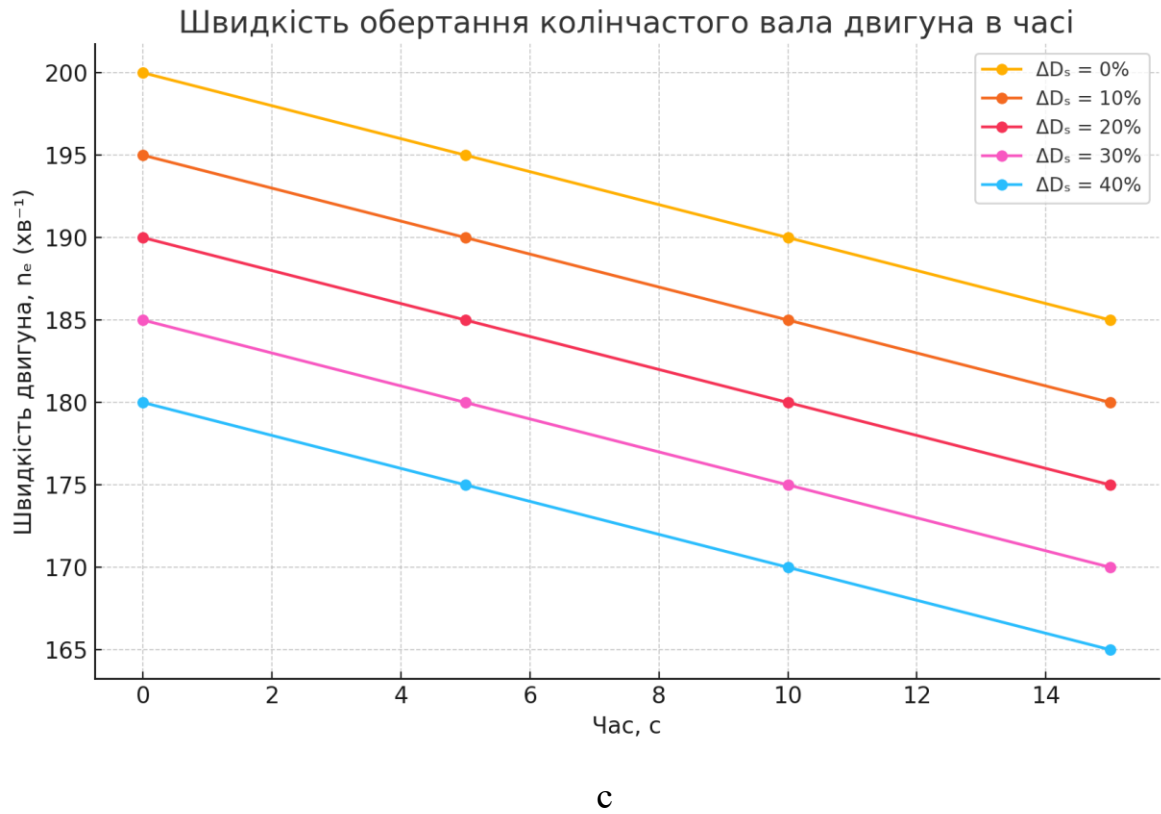


Рис. 4.4. Графіки швидкості обертання колінчастого вала у часі при різних ступенях розряду батареї: а) Тел = 263 К, б) Тел = 253 К, в) Тел = 243 К, д) Тел = 233 К.

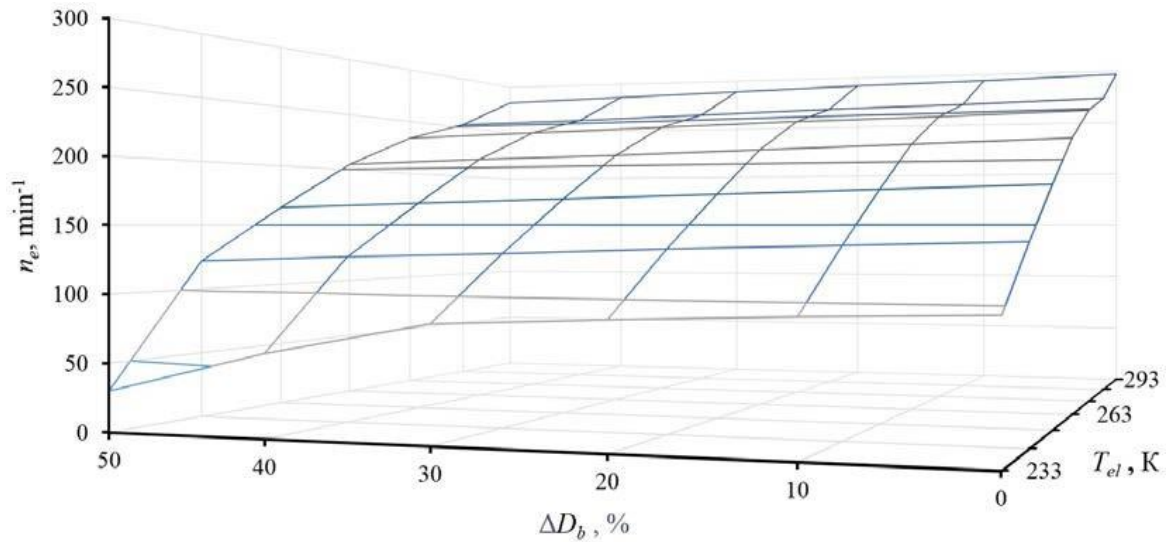


Рис. 4.5. Залежність частоти обертання колінчастого вала від ступеня розряду батареї - ΔD_s та температури електроліту – T_{el} .

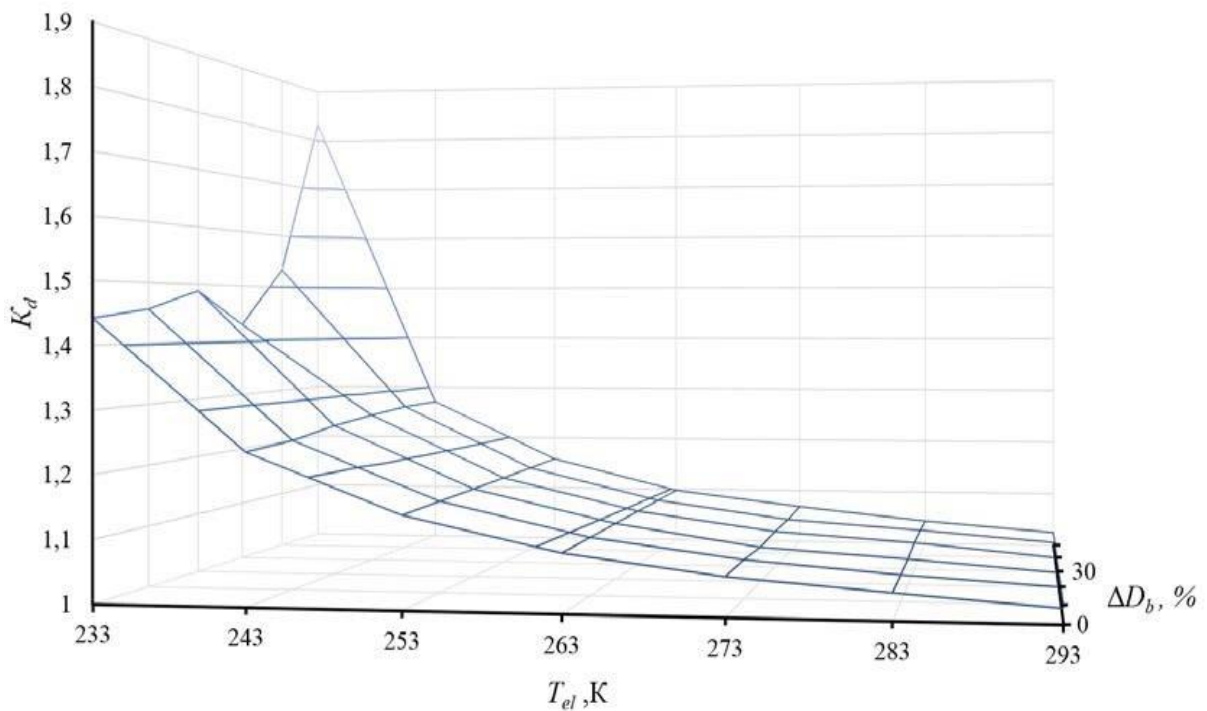


Рис. 4.6. Зображено графік, який показує зміну динамічного коефіцієнта запуску K_d залежно від ступеня розряду батареї – ΔD_s та температури електроліту – T_{el} .

Для того, щоб глибше зрозуміти вплив стану заряду стартерної батареї та температурних умов на ефективність системи запуску двигуна внутрішнього згоряння, було розроблено комплексну математичну модель. Ця модель дозволяє не тільки відслідковувати динаміку обертання колінчастого вала під час запуску, але й аналізувати перехідні поляризаційні процеси у батареї, які виникають в момент її розряду. Особливу увагу приділено впливу температури електроліту на провідні властивості батареї та на здатність електродів до

пасивації, що безпосередньо впливає на доступність енергії для запуску двигуна.

В результаті математичного моделювання виявлено ключові залежності, які можуть бути використані для оптимізації параметрів системи запуску та покращення її надійності. Аналіз показав, що зниження температури електроліту значно впливає на зменшення швидкості обертання колінчастого вала, особливо при високому ступені розряду батареї. Ці знання можуть бути використані для розробки систем, які забезпечуватимуть більш ефективний розігрів батареї та оптимальний контроль за її станом заряду.

Інформація, отримана в ході дослідження, стане основою для створення автоматизованої системи передтеплової підготовки двигунів, що не тільки підвищить ефективність запуску в холодну погоду, але й зменшить знос стартера та колінчастого вала, продовжуючи тим самим їхній ресурс. Така система буде включати сенсори для моніторингу температури та ступеня заряду батареї, а також елементи керування, що дозволяють автоматично адаптувати режим роботи стартера до зовнішніх умов.

5.1 Охорона праці при роботі з акумуляторами

При виконанні акумуляторних робіт варто строго дотримувати правила техніки безпеки, пожежної безпеки й особистої гігієни, оскільки можливо появу небезпеки вибуху і робітником приходится мати контакт із різними шкідливими речовинами.

Вибухонебезпечність представляє, що виділяється в процесі заряду акумуляторних батарей водень, що утворить з киснем повітря гримучий газ, що легко вибухає при наявності іскри.

До шкідливих речовин відносяться кислоти і луги, що входять до складу електроліту, що при неправильному звертанні можуть привести до опіків шкіри й око, а також викликати отруєння організму при підвищенні їхньої концентрації в повітрі. Високою токсичністю володіє свинець, використовуваний для виготовлення пластин.

З огляду на високу небезпеку через наявність електроліту, малогабаритні акумуляторні батареї переносять з використанням спеціальних захоплень (рис. 5.1). Акумуляторні батареї масою більш 20 кг необхідно переміщати тільки за допомогою візків, платформи яких виключають падіння батарей.

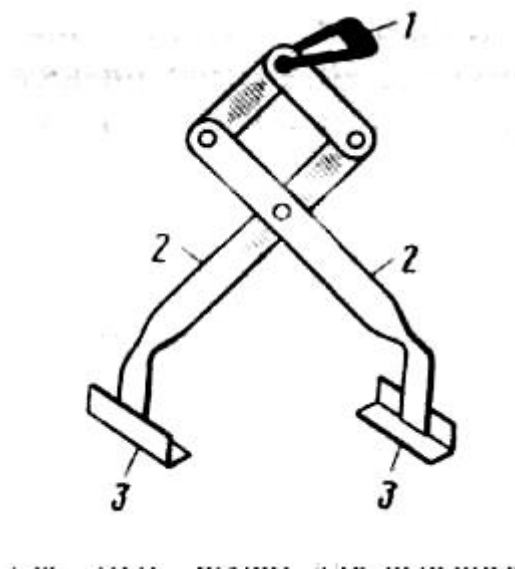


Рис. 5.1. Захоплення для перенесення.

1 - ручка; 2 - важелі; 3 - губки

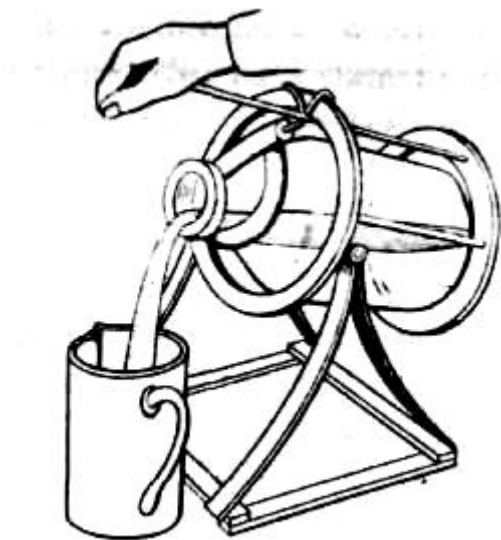


Рис. 5.2. Качалка для переливання акумуляторної батареї: кислоти

Для готування кислотного електроліту застосовують кислотостійкі судини (керамічні, ебонітові, пластмасові й ін.). Застосовувати скляні судини не можна, тому що вони від сильного нагрівання при змішуванні кислоти з водою можуть лопнути. Під час готування електроліту спочатку наливають дистильовану воду, а потім у неї вливають тонким струменем сірчану кислоту. Якщо уливати воду в кислоту, то вона при зіткненні з кислотою швидко скипає і розприскується, захоплюючи за собою краплі кислоти. Переливати кислоту допускається тільки за допомогою качалок, сифонів і інших спеціальних пристосувань. Перед заливанням, долівкою і готуванням електроліту акумуляторщику варто надягати захисні окуляри, гумові фартух, рукавички і напівчоботи.

При готуванні лужного електроліту судина з лугом варто відкривати обережно, без застосування великих зусиль. Залиту парафіном пробку попередньо прогрівають ганчіркою, змоченою гарячою водою. Великі шматки їдкого калію перед дробленням покривають чистою тканиною, що дозволяє уникнути розкиду дрібних осколків і влучення їхній в очі і на шкіру при дробленні. Розчиняють луг і чистому посуду (керамічній, оцинкованій, лудженій) холодною дистильованою водою. Брати луг дозволяється пінцетами, щипцями або ложками.

При заряді акумуляторних батарей необхідно виконувати наступні правила, з'єднують акумуляторні батареї між собою щільно прилягаючими пружинними затисками (для кислотних батарей) або плоских наконечників (для

лужних батарей), що мають надійний електричний контакт, що виключає іскріння; заряджають батарею тільки при працюючій витяжній вентиляції при відкритих заливних отворах у кришках акумуляторів; з'єднують і від'єднують батареї від ланцюга заряду тільки після вимикання зарядного пристрою; контролюють хід заряду за допомогою спеціальних приладів (термометрів, ареометрів, навантажувальних вилок, акумуляторних пробників); напругу вимірюють тільки при навернених пробках. Забороняється нахилитися близько до акумуляторів щоб уникнути опіку бризами електроліту, що вилітають з отвору акумулятора.

Зарядні пристрої і вимикачі електричного ланцюга повинні бути вибухобезпечними. В вибухобезпечном виконанні повинні бути і переносні електросветильники для огляду батарей. Напруга живлення їх не повинне перевищувати 42 В.

У зарядному відділенні забороняється курити, користуватися відкритим вогнем і електронагрівальними приладами, спільно заряджати кислотні і лужні акумуляторні батареї, зберігати легкозаймисті і пальні рідини, зберігати електроліт понад добову потребу.

Ремонтувати акумуляторні батареї впливає на робочих місцях, обладнаних місцевою витяжною вентиляцією.

Перед початком ремонту електроліт з акумуляторів повинний бути злитий. Для видалення заливальної мастики, попередньо прогрітої за допомогою нагрівального ковпака, застосовують дерев'яні лопатки. Мастику можна видаляти і нагрітим металевим шкребок або електроножом. Кришки акумуляторів знімають спеціальним знімачем (Рис. 5.3., а), а для витягу пластин застосовують спеціальне захоплення (Рис. 5.3.б). Плавити свинець і заповнювати їм форми при виливку деталей акумуляторів, паяти їхній впливає тільки у витяжних шафах. Усі роботи, зв'язані з дотиком зі свинцем і його окислами, повинні вироблятися в гумових рукавичках.

В акумуляторному відділенні повинні бути умивальник, мило, ваги в упакованні, рушнику і закриті судини з 5-10%-ним (для шкіри тіла) і 2-3%-ним (для газу) нейтралізуючими розчинами питної соди. При експлуатації лужних

аккумуляторів як нейтралізуючі розчини застосовують відповідно 5-10%-ний і 2-3%-ний розчини борної кислоти.

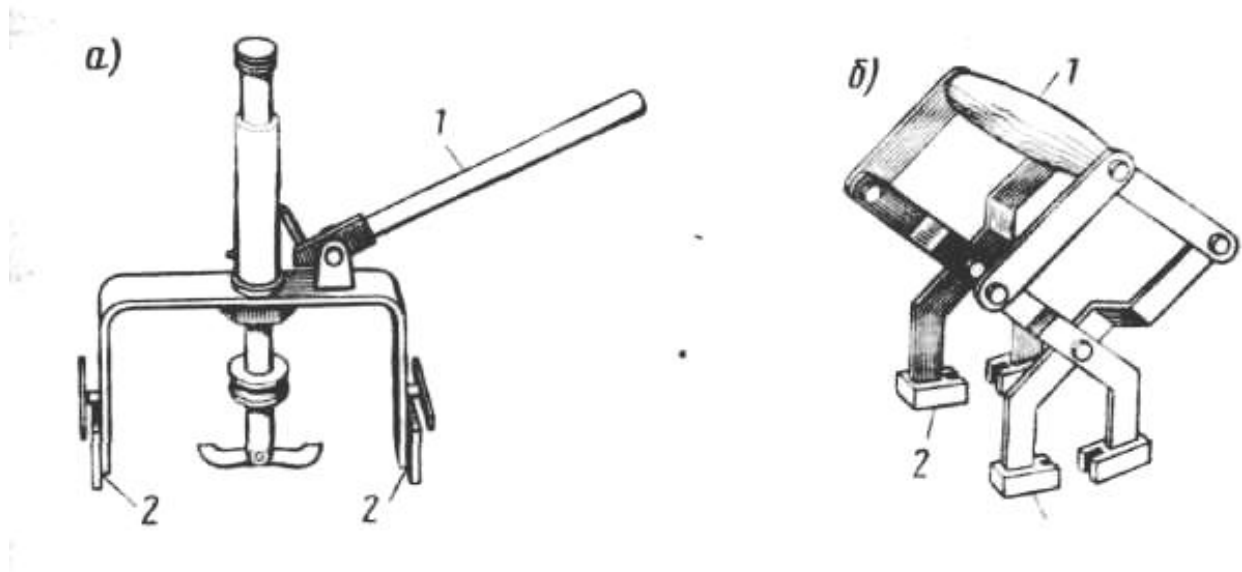


Рис. 5.3. Знімач кришок аккумуляторних батарей (а) і захоплення для витягу пластин (Б).

5.2 Джерела хімічної небезпеки

Хімічне забруднення території відбувається переважно внаслідок аварій на хімічно небезпечних об'єктах (далі – ХНО), зумовлених виробничими, конструктивними, технологічними чи експлуатаційними причинами або випадковими зовнішніми впливами, що призвели до пошкодження технологічного обладнання, пристроїв, споруд, транспортних засобів з виливом або викидом НХР в атмосферу і загрожують життю та здоров'ю людей. Хімічне забруднення території може статися також внаслідок застосування хімічної зброї.

Хімічно небезпечний об'єкт (ХНО) — це промислове підприємство або його структурні підрозділи, де здійснюється робота з хімічно небезпечними речовинами (НХР). Ці діяльності включають виробництво, переробку, транспортування, завантаження чи розвантаження, використання у виробництві, зберігання (постійне або тимчасове) та знищення хімічно небезпечних речовин. Ось кілька ключових аспектів, пов'язаних із ХНО:

З огляду на велику кількість хімічно небезпечних речовин, які можуть бути присутніми на таких об'єктах, безпека є ключовим пріоритетом. Це включає розробку та впровадження заходів з обмеження ризиків витоку або викидів хімічних речовин.

Забезпечення, що викиди та відходи, пов'язані з хімічними речовинами, контролюються та мінімізуються, щоб запобігти шкоді для навколишнього середовища.

ХНО часто підлягають строгому державному регулюванню та контролю. Це може включати регулярні інспекції, дотримання нормативних вимог та отримання необхідних дозволів.

Працівники ХНО повинні пройти спеціальне навчання з роботи з хімічно небезпечними речовинами, включаючи заходи першої допомоги, евакуації та інші заходи надзвичайної ситуації.

До ХНО відносять:

підприємства хімічної, нафтопереробної, нафтоперегонної промисловості;

підприємства, оснащені промисловими холодильними установками, водопровідні станції та очисні споруди, що використовують аміак і хлор;

станції по очищенню водопровідної води та очисні споруди, що використовують хлор;

склади та бази із запасами пестицидів, що використовуються в сільському господарстві;

склади та бази із запасом речовин для дезінфекції, дезінсекції та дератизації;

залізничні станції, що мають місця для відстою вагонів із НХР;

трубопроводи, що використовуються для транспортування НХР;

відстійники, сховища.

На території України не відповідають санітарноекологічним нормам близько 1430 місць зберігання заборонених для використання високотоксичних пестицидів.

НХР – хімічна речовина, дія якої може спричинити загибель, захворювання або отруєння людей і (чи) завдати шкоди довкіллю.

За ступенем впливу на організм людини НХР відносять до одного з класів небезпеки:

надзвичайно небезпечні;

високонебезпечні;

помірно небезпечні;

малонебезпечні.

За характером впливу на організм людини НХР

поділяють на:

токсичні – викликають отруєння усього організму людини або впливають на його окремі системи;

подрозні – призводять до подразнення слизових оболонок, дихальних шляхів;

сенсibiliзуючі – діють як алергени; □ мутагенні – викликають порушення генетичного коду;

канцерогенні – викликають злоякісні пухлини;

речовини, що впливають на репродуктивну функцію.

За ступенем токсичності при інгаляційному і пероральному надходженні до організму НХР поділяють на:

надзвичайно токсичні;

високотоксичні;

сильнотоксичні;

помірно токсичні;

малотоксичні;

нетоксичні.

До надзвичайно токсичних і високотоксичних НХР відносяться органічні і неорганічні похідні миш'яку, ртуті, кадмію, свинцю, талію, цинку; карбоніли металів; речовини ціаністої групи (синильна кислота та її солі, нітрили тощо);

сполуки фосфору (фосфорорганічні сполуки, хлорид фосфору тощо);

фтороорганічні сполуки; хлоргідрони; галогени; етиленоксид, метилбромід, фосген тощо.

Сильнотоксичними є мінеральні та органічні кислоти, луги, сполуки сірки, хлор- і бромзаміщені похідні вуглеводні, деякі спирти і альдегіди кислот, анілін, нітробензол, динітрофенол, феноли, гетероциклічні сполуки тощо.

За переважним синдромом при гострій інтоксикації виділяють НХР:

переважно задушливої дії – викликають набряк легенів (хлор, трихлористий фосфор, фосген, хлориди сірки тощо); [11]

переважно загальноотруйної дії – порушують енергетичний обмін в організмі, викликають гостру серцевосудинну недостатність (синильна кислота, оксид вуглецю, акролеїн, динітрофенол тощо);

задушливої та загальноотруйної дії – зумовлюють сильні опіки, судоми, знепритомнення (сірководень, сульфатний ангідрид, оксид азоту тощо);

нейротропної дії – впливають на передавання нервового імпульсу, порушують функції нервової системи (фосфорорганічні сполуки, сірковуглець, метилмеркаптан);

задушливої та нейротропної дії (аміак, гептил, ацетонітрил тощо);

метаболичні отрути – порушують процеси метаболізму речовин в організмі (діоксин, метилбромід, метанол, формальдегід).

За переважною дією на певні органи чи системи людини нехворощебні реакції (НХР) можна поділити на декілька категорій, включаючи серцеві, кишково-шлункові, печінкові, ниркові, кров'яні, легеневі

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Робота містить як теоретичні, так і практичні аспекти, охоплюючи широкий спектр питань від конструктивних особливостей стартерів до розробки спеціалізованих стендів для їх тестування.

Загально-технічний розділ освітлює конструктивні особливості стартерів та їх важливість у процесі запуску двигуна. Вивчення проблематики запуску двигуна стартером дає змогу зрозуміти типові несправності та шляхи їх усунення. Дослідження стендів для перевірки вказує на практичне застосування теоретичних знань.

Технологічний розділ описує методів тестування стартерів і впровадження технологічного процесу перевірки на стенді підкреслює значення стандартизації і точності в діагностиці електричних агрегатів. Розробка процесу включає в себе інноваційний підхід до вимірювань і може сприяти підвищенню надійності та ефективності виробництва.

Конструкторський розділ пропонує щодо розробки стенду для випробувань надає новий погляд на можливості оптимізації тестувань і експлуатації стартерів і генераторів. Аналіз силових впливів і параметрів конструкції підтверджує глибину дослідження механічної стійкості обладнання.

Науково-дослідний розділ передбачає математичну модель для діагностування параметрів вказує на науковий внесок роботи, розширюючи можливості точного визначення стану агрегатів. Експериментальні дослідження підтверджують високий рівень знань та навичок автора у вирішенні складних технічних завдань.

Охорона праці та безпека описує охорону праці при роботі з акумуляторами та джерела хімічної небезпеки важливий для забезпечення безпеки на робочому місці та відповідності екологічним стандартам.

Кваліфікаційна робота магістра є високоякісним науковим дослідженням, що поєднує глибокий теоретичний аналіз з практичними розробками. Робота демонструє значний внесок у вдосконалення технічних процесів та безпеки роботи з електричними агрегатами автомобілів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. О.Л. Ляшук, М.Г. Левкович, Д.В. Міронов, В.О. Тесля. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» галузі знань 27 «Транспорт». – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2023. – 60 с.
2. Підручник з будови автомобіля. Видання третє. Виправлене й доповнене – Моноліт 2021 – 288 с.
3. Кузьмінський Р.Д., Шарибура А.О. Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів Львів 2017 – 376 с.
4. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Навч. пос.. Гриф МОНМСУ - Ліра-К, 2017 – 288 с.
5. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - Львівська політехніка 2017, - 324 с.
6. Шапко В.Ф., Шапко С.В. Основи теорії та динаміки автомобільних двигунів : підручник. – Харків : Точка, 2016. – 232 с.
7. Шапко В.Ф. Автомобільні двигуни. Основи теорії та характеристики поршневих двигунів внутрішнього згоряння: Навчальний посібник. - Кременчук: КНУ, 2011. - 194 с.
8. Коробочка О.М. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: Навч. посібник / Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 252 с.
9. В.В. Аулін, О.Л. Ляшук, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко, Д.В. Міронов, Л.М. Слободян, Р.М. Рогатинський Оптиміальний комплекс операцій технічного обслуговування і ремонту для підвищення надійності вузлів, систем та агрегатів мобільних машин Збірник наукових праць. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. Випуск № 8(39)_II. - Кропивницький. - 2023. - С. 175-189.
10. Ляшук О. Л., Клендій В. М., Хорошун Р. В. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт». Тернопіль: Вид. ТНТУ, 2018. 302 с.

11. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / укл.: Стручок В. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.

12. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.

13. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.

14. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 1 :теоретичні основи. Технологія: підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигиринець – К. : "Вища школа", 1994. – 342 с.

15. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 2: організація, планування і управління : підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигиринець – К.: "Вища школа", 1994. – 383 с.

16. Курніков І. П. Технологічне проектування підприємств автомобільного транспорту : навчальний посібник / І. П. Курніков, М. К. Корольов, В. М. Токаренко. – К. : Вища школа, 1993. – 191 с.

17. Автомобілі. Теорія : навч. посіб. / В.П. Сахно, В.І. Сирота, В.М. Поляков, В. Г. Головань, О.В. Лисий; Військ. акад. - Одеса: Військ. акад., 2017. - 412 с.

18. Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. -. 8-те вид. - К.: Либідь, 2018. - 400 с.

19. Кисликов В.Ф. Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів. – К.: Либідь, 2016. – 400 с. 5. Ю.А.

20. О.П. Строков, М.Г. Макаренко, В.Ф.Фролов Технічне обслуговування та ремонт вантажних і легкових автомобілів, автобусів. Підручник: У 2 кн. К.: Грамота, 2005.