



УДК 629.113.004

**ANALYSIS OF OPERATING RELIABILITY OF A STARTER-GENERATOR SYSTEMS IN CARS****АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ СТАРТЕРІВ І ГЕНЕРАТОРІВ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ****Kravchenko O.P. / Кравченко О.П.***d.t.s., prof. / д.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0003-4677-2535

**Tytarenko V.Ye. / Титаренко В.Є.***s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-4518-1808

**Shumliakivskiy V.P. / Шумляківський В.П.***s.t.s. / к.т.н.*

ORCID: 0000-0002-5418-4736

*Zhytomyr Polytechnic State University, 103, Chudnivska str., Zhytomyr, 10005, Ukraine**Державний університет "Житомирська політехніка",**Житомир, вул. Чуднівська, 103, 10005, Україна*

**Анотація.** В роботі наведено результати аналізу надійності стартерів і генераторів, що використовуються в модельному ряді сучасних легкових автомобілів. Визначені складові стартерів і генераторів, що є найбільш уразливими до дії несприятливих експлуатаційних факторів і суттєво впливають на експлуатаційну надійність цих агрегатів. Отримані закономірності експлуатаційних напрацювань стартерів і генераторів мають практичне значення для покращення експлуатаційної надійності автомобілів при їх технічному обслуговуванні і являються початковою інформацією для обґрунтування запасу запасних частин на складі автосервісного підприємства.

**Ключові слова:** легковий автомобіль, стартер, генератор, надійність, причини та признаки відмов, закономірність, запчастини.

**Постановка проблеми**

Проблеми надійності машин є загально признаними і досліджувались багатьма науковцями в різних галузях та напрямках. Напрацювання до відмов різних складових автомобіля, як і будь якої машини, не однакові [1, 2, 3]. Розглядаючи автомобіль як складну багатоелементну систему можна стверджувати, що збільшення ресурсу найбільш слабкого елемента цієї системи призводить до збільшення її загального ресурсу до відмови. При технічному обслуговуванні та ремонті автомобілів постановка задачі аналізу відмов того або іншого вузла чи агрегату автомобіля є важливим моментом для створення оптимального запасу запасних частин і оперативного ремонту [1, 4]. Для цього слід орієнтуватись на середнє експлуатаційне напрацювання до відмови, а також знати фактори впливу на зменшення ресурсу окремих складових.

Одним з основних завдань, що стоять перед працівниками автомобільного сервісу є задоволення потреб клієнтів в питаннях забезпечення працездатності автомобілів шляхом своєчасного проведення діагностики, технічного обслуговування та ремонту вузлів і агрегатів з високою гарантованою якістю та задовільною ціновою політикою. Надійність і безвідмовність роботи автомобіля багато в чому залежить від справності стартера та генератора. При виході з ладу хоча б одного з цих агрегатів автомобіль втрачає свій



працездатний стан. Надання якісних послуг з ремонту такого електрообладнання найкраще реалізується на спеціалізованих авторемонтних підприємствах.

Порівнюючи автомобілі модельних рядів 2018-2019 р.р. з автомобілями відповідних марок 2007-2008 р.р. стає помітним, що електроніки стало набагато більше. Це пояснюється введенням в їх конструкції багатофункціональних мультимедійних систем, систем «Старт-Стоп», систем клімат-контролю, електросклопідіймачів, електропідігріву сидінь, вікон, дзеркал і т. п. Все це раніше входило в топові комплектації, а на даний час є базовою установкою і потребує електрозабезпечення від генератора через підключення до бортової системи автомобіля та підкреслює важливість цього агрегату.

Аналіз наукових джерел показує, що за результатами експлуатації автомобілів 22-30 % відмов викликані виходом з ладу електроустаткування [2]. Відмови пристроїв, що мають у своєму складі електромеханічні перетворювачі, до яких відносяться стартери, генератори, електромеханічні підсилювачі рульового управління, електродвигуни приводів з електронними системами сучасних автомобілів в загальному об'ємі відмов системи електроустаткування складають 40-45%, що свідчить про їх значну впливовість на загальні показники якості автомобіля [3]. Тому своєчасне діагностування, ТО і ПР стартерів і генераторів [4] значно зменшує ймовірність втрати працездатності автомобілів, а також витрати на ремонт вузлів.

#### **Мета досліджень, постановка завдання**

Створення інформаційного фонду діагностичних ознак, закономірностей та причин відмов є важливим для встановлення нормативів технічної експлуатації і відповідно регламентних об'ємів технічного обслуговування та ремонту стартерів і генераторів [5], а також визначення трудомісткості робіт, витрат запасних частин і експлуатаційних матеріалів. Уточнення та формування запасу запчастин ремонтного підприємства має економічне спрямування для підвищення його рентабельності, а також скорочення часу, що витрачається на ремонт автомобіля.

Стартер і генератор є важливими складовими, що впливають на показники надійності автомобіля, тому вивчення закономірностей їх зношування під впливом різних експлуатаційних факторів і діагностичних ознак відмов є важливою актуальною задачею, яка виконувалась на підприємстві автосервісу за період з 2018р. по 2020 р. На підставі проведеного узагальнення статистичних даних надійності побудовані залежності, що визначають ресурси стартерів і генераторів різних виробників до першої відмови.

#### **Аналіз несправностей стартерів і генераторів**

До основних несправностей стартерів виробників Bosch, Valeo, Denso, Mitsubishi, Hitachi, встановлених при їх технічному обслуговуванні за період останніх років, які виникали під час експлуатації легкових автомобілів марок групи VAG, Mercedes, BMW, Citroën, Renault, Fiat, Toyota, Lexus, Mitsubishi, Nissan, Opel, слід віднести: пробуксовування обгінної муфти; зношення щіток і втулок; окислення корпусу стартера, що порушує електричний ланцюг; зношення контактної групи втягуючого реле.



На працездатність стартера та генератора впливають наступні експлуатаційні фактори: зарядженість акумуляторної батареї, справність замка запалювання, цілісність та надійність електричного контакту на силових проводах, відсутність підтікань і доступу вологи до місця встановлення агрегатів на двигуні. З їх врахуванням проведений структурний аналіз відмов стартерів і генераторів за надійністю їх складових. Результати аналізу ознак несправностей та їх причин для стартерів і генераторів надані в таблиці 1 та таблиці 2 відповідно.

Таблиця 1

## Аналіз відмов стартерів

№ з/п	Признаки несправності	Причини несправності
1.	Стартер обертається, але не прокручує колінчастий вал.	Знос пластикового редуктора; спрацювання або поломка вилки. Причини не пов'язані з технічним станом стартера: спрацювання зубців на вінці маховика або їх зріз.
2.	При повороті ключа запалювання стартер не проявляє ознак роботи, окрім звукового клацання.	Знос щіток; зношування контактної групи або замикання обмотки втягуючого реле; заклинювання переднього підшипника або знос передньої втулки. Причини не пов'язані зі стартером: низький рівень напруги в акумуляторі; незадовільний контакт на силових проводах.
3.	Підвищення шумових характеристик роботи стартера.	Зношування втулок стартера.
4.	При повороті ключа запалювання, коли реле спрацьовує, але стартер при цьому не обертається.	Зношення або вигорання контактної групи втягуючого реле, залежить від зарядженості акумуляторної батареї та стану силових проводів.
5.	Стартер не спрацьовує при повороті ключа запалювання.	Знос щіток стартера; замикання якоря на масу або міжвиткове замикання; перегорання обмотки втягуючого реле. Причини не пов'язані зі стартером: несправність замка запалювання; обрив керуючого проводу стартера; низький рівень заряду акумуляторної батареї або її замикання; незадовільний контакт на силових проводах.
6.	Після запуску двигуна проявляється сторонній шум (обгінна муфта некоректно виходить з зачеплення з маховиком).	Знос втулок або підшипників; забруднення валу стартера за рахунок чого обгінна муфта переміщується по валу з затримкою; спрацювання вилки обгінної муфти. Причини не пов'язані зі стартером: спрацювання зубців на вінці маховика; несправність замка запалювання.



7.	Стартер незадовільно обертає двигун.	Знос щіток стартера; замикання якоря на масу або міжвиткове замикання; перегорання обмотки втягуючого реле. Причини не пов'язані зі стартером: несправність замка запалювання; обрив керуючого проводу стартера; низький рівень заряду акумуляторної батареї або її замикання; незадовільний контакт на силових проводах.
----	--------------------------------------	---

Згідно проведеного аналізу відмов [6] до найбільш зношуваних елементів складових стартера, з врахуванням невідповідних умовах експлуатації до першого ремонту за статистикою встановлених напрацювань, слід віднести: втулки стартера (80-180 тис. км); щітки стартера (120-200 тис. км); контактну групу втягуючого реле (120-220 тис. км); обгінну муфту (120-180 тис. км). В зв'язку з цим можливо стверджувати, що середньостатистична надійність стартера за пробігом заходиться в межах 80-200 тис. км.

Таблиця 2

## Аналіз відмов генераторів

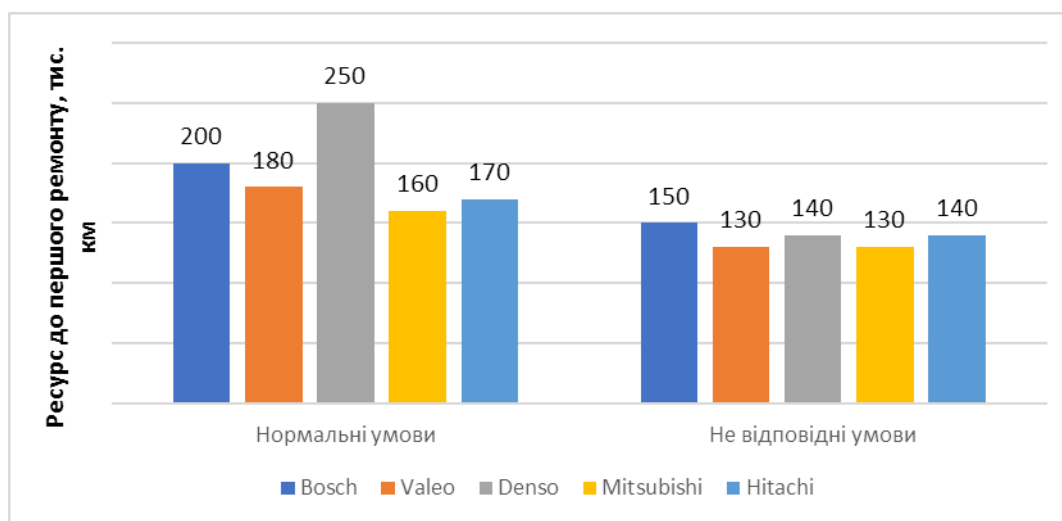
№ з/п	Признаки несправності	Причини несправності
1.	Нехарактерне підвищення шумових характеристик при роботі генератора.	Несправність підшипників або обгінної муфти; можливе міжвиткове замикання статорної обмотки.
2.	Низький рівень зарядки акумуляторної батареї (12.7-13.5 вольт, при нормі 14.0-14.5 вольт) або відсутність зарядки взагалі, про що сигналізує лампа-індикатор на приладній панелі автомобіля.	Вихід з ладу реле-регулятора; несправність діодного моста; статорної обмотки; якоря генератора; зріз або пробуксовування обгінної муфти генератора; знос щіток або колектора генератора; заклинювання підшипників. Причини не пов'язані з генератором: обрив силових або керуючих проводів генератора.
3.	Збільшена напруга, яку виробляє генератор, до 14.6-18.5 вольт.	Вихід з ладу реле-регулятора і причина не пов'язана з генератором: можливий великий внутрішній опір акумуляторної батареї в результаті її зношування.

Згідно проведеного аналізу відмов [7] до найбільш швидко зношуваних складових генератора, з врахуванням невідповідних умовах експлуатації, за статистикою встановлених напрацювань за пробігом до першого ремонту, слід віднести: знос щіток (150-250 тис. км); знос колектора (180-280 тис. км); знос підшипників (140-250 тис. км); спрацювання обгінної муфти (150-260 тис. км). В зв'язку з цим можливо стверджувати, що експлуатаційна надійність генераторів за пробігом знаходиться в межах 140-280 тис. км, при теоретичній надійності 210-280 тис. км за нормальних умов експлуатації, а після ремонту залишковий ресурс генератора за пробігом в середньому знаходиться в межах



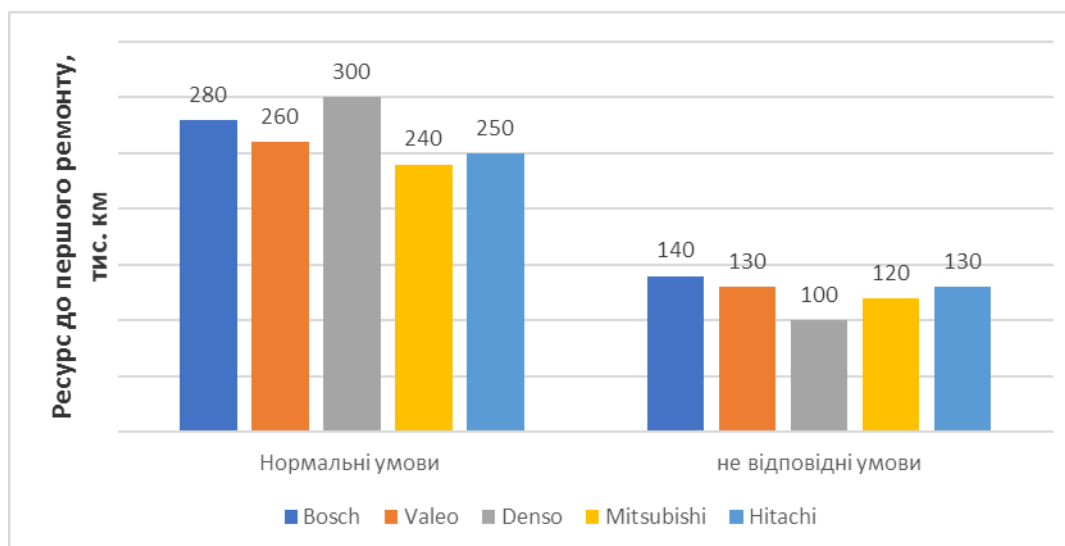
130-170 тис. км.

В результаті проведеного статистичного аналізу напрацювань за пробігом стартерів і генераторів різних виробників отримані їх середньостатистичної надійності, що показані на рисунку 1 і рисунку 2 відповідно.



**Рис. 1. Ресурсні напрацювання стартерів різних виробників**

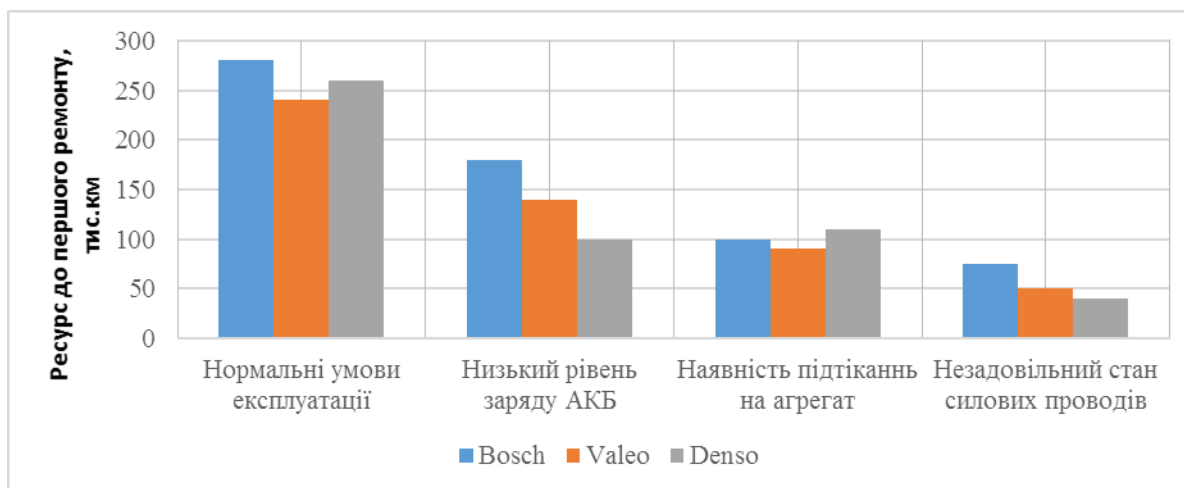
За діаграмою (рис. 1) видно, що найбільший експлуатаційний ресурс за пробігом до першого ремонту забезпечують виробники стартерів фірми «Denso».



**Рис. 2. Ресурсні напрацювання генераторів різних виробників**

З рис. 2. видно, що напрацювання генераторів до відмови різних виробників відрізняються незначно, але невідповідність експлуатаційних умов нормативним вимогам значно (на 50%) знижує їх експлуатаційні ресурси до першого ремонту, а в генераторів «Denso» ресурс знижується майже в три рази, що пояснюється значним впливом фактору розрядженої акумуляторної батареї.

Характер зміни ресурсних напрацювань генераторів окремих виробників в залежності від впливу різних експлуатаційних факторів показано на рисунку 3.



**Рис. 3. Закономірності ресурсних напрацювань автомобільних генераторів різних виробників**

Аналіз статистичних даних зміни напрацювань до відмови генераторів трьох виробників дозволив прийти до висновку, що найменш вразливими до дії експлуатаційних факторів і відповідно більш надійними є генератори фірми «Bosch». Для забезпечення експлуатаційних ресурсів стартерів і генераторів, які гарантують виробники, важливим є підтримання нормальних експлуатаційних умов їх роботи на автомобілі, які визначаються нормативним рівнем заряду акумуляторної батареї, станом контактів та силових проводів, відсутністю підтікань на агрегати, справністю замка запалювання.

### Висновки

Отримані результати проведеного аналізу дозволяють зробити висновки про надійність конструкцій стартерів і генераторів при дотриманні належних умов експлуатації. Однак, як показує практика, це не завжди вдається в реальних умовах, тому врахування встановлених закономірностей відмов досліджуваних агрегатів є важливим для коригування регламенту технічного обслуговування автомобілів і оптимізації кількості запасних частин, які повинні бути на підприємстві для оперативного вирішення проблеми і своєчасного виконання робіт по забезпеченню працездатності електрообладнання автомобілів.

### Література

1. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку: Монографія / Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут; За заг. Ред. А.М. Редзюка. – К.: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2005. – 400 с.
2. Козловский В.Н. Обеспечение качества и надежности системы электрооборудования автомобилей: дис. ... докт. тех. наук. (05.09.03) / В.Н. Козловский; Тольяттинский гос. ун-т. – Тольятти, 2010. – 440 с.
3. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортных систем: [монография] / В. П. Волков, В. П. Матейчик, О. Я. Никонов, П. Б. Комов, И. В. Грицук; ред.: В. П.



Волков; Харьк. нац. автомоб.-дорож. ун-т. - Донецк : Ноулідж, Донец. отд-ние, 2013. - 397 с.

4. Генераторы зарубежных автомобилей / Акимов А.В., Акимов С.В., Лейкин Л.П. — М.: Издательство «За рулем», 1998. — 80 с.

5. Кравченко О.П. Аналіз експлуатаційної надійності електро- та електронного обладнання автомобілів-тягачів / О.П. Кравченко // ВІСНИК ЖДТУ, 2016. № 2 (77). - С.127-134.

6. Титаренко В.Є., Лазюта В.М. Аналіз причин основних несправностей стартерів легкових автомобілів на СТО / Наукові праці Міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 90-річчю Харківського автомобільно-дорожнього університету та 90-річчю автомобільного факультету "Сучасні тенденції розвитку автомобільного транспорту та галузевого машинобудування". 16-18 вересня 2020 р., ХНАДУ, Харків 2020. - С. 163-164.

7. Титаренко В.Є., Лазюта В.М. Аналіз причин основних несправностей генераторів легкових автомобілів на СТО / Тези XIII міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту". 26-28 жовтня 2020 року. Житомир: "Житомирська політехніка", 2020. - С. 70.

**Abstract.** *The current study presents the results of reliability analysis of starter-generator systems used in the lineup of modern cars. The components of starters and generators that are most vulnerable to adverse operating factors and significantly affect the operational reliability of these were identified. The obtained patterns of operational process of starter-generators have practical value for improving operational reliability of cars during their maintenance and provide initial information for optimization of the spare parts stock at the car-care center.*

**Key words:** *car, starter, generator, reliability, causes and signs of failures, regularity, spare parts.*

Стаття відправлена: 18.05.2021 р.