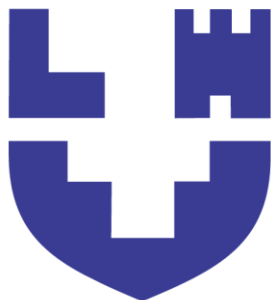


**Міністерство освіти і науки України  
Луцький національний технічний університет**



## **ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛІВ**

методичні вказівки до лабораторних занять  
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня  
вищої освіти освітньої програми «Автомобільна електроніка»  
галузі знань 17 (G5) Електроніка, автоматизація та електронні комунікації  
спеціальності 171 Електроніка  
(Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка)  
денної та заочної форм навчання

Луцьк 2026

УДК 621.3(07)

T-38

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій ЛНТУ  
Директор бібліотеки імені В. БОЖИДАРНИКА \_\_\_\_\_ Наталія ПОЛШЦУК  
Рекомендовано до видання вченою радою факультету комп'ютерних та  
інформаційних технологій ЛНТУ, протокол № \_\_\_\_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 року.  
Голова вченої ради ФКІТ \_\_\_\_\_ Інна КОНДІУС  
Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри електроніки та телекомунікацій  
ЛНТУ, протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2026 року.

Завідувач  
кафедри ЕіТК \_\_\_\_\_ Валентин ЗАБЛОЦЬКИЙ, к.т.н., доцент кафедри  
електроніки та телекомунікацій ЛНТУ  
(підпис)

Укладачі: \_\_\_\_\_ Віктор ЛИШУК, к.т.н., доцент кафедри електроніки  
та телекомунікацій ЛНТУ  
(підпис)

Рецензент: \_\_\_\_\_ Віталій ГРАБОВЕЦЬ, к.т.н., доцент кафедри  
автомобілів і транспортних технологій ЛНТУ  
(підпис)

Відповідальний  
за випуск: \_\_\_\_\_ Валентин ЗАБЛОЦЬКИЙ, к.т.н., завідувач кафедри  
електроніки та телекомунікацій ЛНТУ  
(підпис)

T-38 Технічне обслуговування електронних систем автомобілів. Методичні  
вказівки до лабораторних занять для здобувачів першого  
(бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Автомобільна  
електроніка» галузі знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні  
комунікації спеціальності 171 Електроніка денної та заочної форм  
навчання / уклад. В.В. Лишук, Луцьк: ЛНТУ, 2026. 44 с.

Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни «Технічне  
обслуговування електронних систем автомобілів» містить комплекс лабораторних  
робіт для розширення необхідних теоретичних знань в області технічного  
обслуговування електронних систем автомобіля. Призначене для здобувачів  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Автомобільна  
електроніка» галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації спеціальності 171  
Електроніка денної та заочної форм навчання.

В.В. Лишук, 2026

**Зміст**

Вступ.....	4
Лабораторне заняття №1. Розрахунок абсолютної пропускної здатності автомобілів.....	5
Лабораторне заняття №2. Розрахунок показників ефективності засобів технічного обслуговування.....	10
Лабораторне заняття №3. Визначення інтенсивності потоків відказів роботи систем автомобіля та технологічного обладнання за допомогою «Марковських» процесів.....	15
Лабораторне заняття №4. Технічне обслуговування тягових акумуляторних батарей.....	23
Лабораторне заняття № 5. Обслуговування електронних систем керування двигуном.....	31
Лабораторне заняття №6. Технічне обслуговування головного освітлення фар автомобіля	34
Лабораторна робота №7. Технічне обслуговування інформаційних контрольно-діагностичних систем автомобіля з вибором та розрахунком діагностичного обладнання.....	39
Список використаної літератури.....	43

## ВСТУП

Технічний стан автомобіля визначається не тільки якістю його конструкції та виготовлення, але і дорожніми, транспортними, атмосферними та кліматичними умовами, а також культурою експлуатації та обслуговування.

Бурхливий прогрес в області електроніки і електротехніки за останні роки і десятиліття призвів до різкого збільшення кількості електронних компонентів в автомобілі. Поряд з гідравлікою і пневматикою електроніка проникла в усі частини сучасного автомобіля. Окремі електронні компоненти і комплексні електронні системи стають все компактнішими, дешевшими і, разом з тим, ефективнішими. В результаті з'являються нові можливості використання електроніки в автомобілі, що дозволяють постійно розширювати обсяг вже існуючих функцій.

Такий прогрес неминуче позначається на організації роботи станцій технічного обслуговування в автомобільній сфері. Обсяг звичайних робіт скорочується, і навички, необхідні для їх виконання, втрачають свою значущість. Все більшого значення набуває отримання необхідної інформації через електронні засоби, розуміння роботи комплексних систем і, врешті-решт, проведення правильної діагностики на підставі цілеспрямованих контрольно-вимірвальних робіт.

Тому у даній дисципліні розглянуті основи автомобільної електроніки, цифрової техніки та техніки управління і регулювання, засоби та методи обслуговування та діагностики таких систем. Оскільки саме знання основ є обов'язковою умовою діагностики електронних систем, описаних далі. Ці системи за своєю структурою, розвитком і функціями, а також методами їх перевірки, описані як окремі системи.

# Лабораторне заняття №1

## РОЗРАХУНОК АБСОЛЮТНОЇ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ АВТОМОБІЛІВ

**Мета:** навчитися визначати абсолютну пропускну здатність автомобілів шляхом виконання розрахунків на основі заданих технічних та експлуатаційних показників; закріпити теоретичні знання з організації роботи автомобільного транспорту та набути практичних навичок аналізу ефективності використання рухомого складу.

### 1.1 Теоретичні відомості

При аналізі системи забезпечення роботоздатності автомобілів класичний варіаційний підрахунок несприятливий, бо використовуються методи дослідження операцій, теорії масового обслуговування, лінійного, нелінійного та динамічного програмування, імітаційного моделювання (метод «Монте-Карло»).

**Приклад 1.** Станція технічного обслуговування має один пост діагностування ( $n = 1$ ). Довжина черги обмежена двома автомобілями ( $r = m = 2$ ). Визначити параметри ефективності роботи діагностичного поста, якщо інтенсивність потоку вимог на діагностування в середньому  $\omega = 2$  необ./год, тривалість діагностування  $t_d = 0,4$  год.

Інтенсивність діагностування :  $\mu = n/t_d$  ;  $\mu = 1/0,4 = 2,5$ .

Приведена щільність потоку  $\rho = m/\mu = 2/2,5 = 0,8$ .

Імовірність того, що пост вільний

$$P_o = \frac{1 - \rho}{1 - \rho^{m+2}} = \frac{1 - 0,8}{1 - 0,8^4} = 0,339.$$

Імовірність утворення черги

$$P = \rho^2 P_o = 0,8^2 \cdot 0,339 = 0,217.$$

Імовірність відказу в обслуговуванні

$$P_{отк} = \frac{\rho^{m+1}(1 - \rho)}{1 - \rho^{m+2}} = \frac{0,8(1 - 0,8)}{1 - 0,8^4} = 0,173.$$

Відносна пропускну здатність

$$g = 1 - P_{отк} = 1 - 0,173 = 0,827.$$

Абсолютна пропускну здатність

$$A = 2 \cdot 0,827 = 1,654.$$

Середня кількість зайнятих постів

$$n_{зан} = \frac{\rho - \rho^{m+2}}{1 - \rho^{m+2}} = \frac{0,8 - 0,8^4}{1 - 0,8^4} = 0,661.$$

Середня кількість вимог, що знаходяться в черзі

$$\begin{aligned} r &= \frac{\rho^2 [1 - \rho^m (m + 1 - m\rho)]}{(1 - \rho^{m+2})(1 - \rho)} = \\ &= \frac{0,8^2 [1 - 0,8^2 (2 + 1 - 2 \cdot 0,8)]}{(1 - 0,8^4)(1 - 0,8)} = 0,564. \end{aligned}$$

Середній час надходження в черзі

$$t_{ож} = r/\omega = 0,564/2 = 0,282.$$

Утримання від функціонування системи

$$Y = C_2 n_{св} + C_2 n_{зав} = 15 \cdot 0,339 + 15 \cdot 0,661 = 15 \text{ грн./день.}$$

Але ці утримання не враховують втрати від простою автомобілів в черзі, так як дані втрат несе власник, а не станція технічного обслуговування.

**Приклад 2.** На автотранспортному підприємстві є один пост діагностування ( $n = 1$ ). В даному випадку довжина черги практично необмежена. Визначити параметри ефективності роботи діагностичного поста. Вихідні дані такі самі, як і для попереднього прикладу. Інтенсивність діагностування і приведена щільність потоку залишаються такими же:  $\mu = 2,5$ ;  $\rho = 0,8$ .

Вірогідність того, що пост вільний

$$P_0 = 1 - \rho = 1 - 0,8 = 0,2.$$

Вірогідність утворення черги

$$P = \rho^2 P_0 = 0,8^2 \cdot 0,2 = 0,128.$$

Відносна пропускна здатність  $g = 1$ , так як всі автомобілі пройдуть через діагностичний пост.

Абсолютна пропускна здібність

$$A = \omega = 2 \text{ необх./год.}$$

Середня кількість зайнятих постів

$$n_{зан} = \rho = 0,8.$$

Середня кількість вимог черги

$$r = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0,8^2}{1-0,8} = 3,2.$$

Середній час перебування (очікування) в черзі

$$t_{пер} = \frac{\rho}{\mu(1-\rho)} = \frac{0,8}{2,5(1-0,8)} = 1,6 \text{ год.}$$

Утримання від функціонування системи:

$$Y = C_1 r + C_2 n_{вил} + (C_1 + C_2) \cdot \rho = 20 \cdot 3,2 + 15 \cdot 0,2 + (20 + 15) \cdot 0,8 = 97,5 \text{ грн./день.}$$

**Приклад 3.** На автотранспортному підприємстві маємо два пости діагностування ( $n = 2$ ) – багатоканальна система. Визначити параметри ефективності роботи системи діагностування. Вихідні дані такі самі, як і для попереднього прикладу. Інтенсивність діагностування і приведена щільність потоку залишаються такими ж, як у попередніх прикладах:  $\mu = 2,5$ ;  $\rho = 0,8$ . Вірогідність того, що обое пости вільні:

$$P_o = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{K!} + \frac{\rho^{n+1}}{n!(n-\rho)}} = 0,294.$$

Вірогідність утворення черги

$$П = \frac{\rho^n}{n!} P_o = \frac{0,8^2}{2!} 0,294 = 0,094.$$

Відносна пропускна здатність  $g = 1$ , так як всі автомобілі пройдуть через діагностичні пости.

Абсолютна пропускна здібність  $A = 2$  необ./год.

Середня кількість зайнятих постів

$$n_{зан} = \rho = 0,8.$$

Середня кількість вимог черги

$$r = \frac{\rho\Pi}{n - \rho} = \frac{0,8 \cdot 0,094}{2 - 0,8} = 0,063.$$

Середній час прибуття в черзі

$$t_{ож} = \frac{\Pi}{\mu(n - \rho)} = \frac{0,094}{2,5(2 - 0,8)} = 0,031.$$

Утримання від функціонування системи

$$Y = C_1 r + C_2 n_{вил} + (C_1 + C_2) \cdot \rho = 20 \cdot 0,063 + 15 \cdot 1,2 + (20 + 15) \cdot 0,8 = 47,26 \text{ грн./день.}$$

Як видно з прикладів, показники ефективності в значній мірі залежать від структури системи масового обслуговування. В системі з обмеженням по довжині черги тільки 82,7 % автомобілів пройдуть діагностику, тобто 17,3 % автомобілів залишать ЗМО без обслуговування.

При переході від одноканальної системи до багатоканальної середня довжина черги поменшиться більш, ніж в 10 разів. Утримання на функціонування двохпостового ЗМО нижче, ніж однопостового. Але в цьому випадку необхідні додаткові капітальні витрати на будівництво і обладнання діагностичного посту.

Виробнича потужність РОВ дає змогу дійти висновку про ступінь реальності встановленого плану на ТО і ремонті рухомого складу автомобільного транспорту.

Варіанти вихідних даних по визначенню абсолютної пропускної здатності автомобілів подані у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Варіанти вихідних даних по визначенню абсолютної пропускної здатності автомобілів

№ Вар-т	Пост	Кількість постів ( $n$ )	Довжина черги ( $r=m$ )	Інтенсивність потоку вимог ( $\omega$ , необ./год.)	Тривалість обслуговувань ( $t$ , год.)
1	Пост ДО-1	1	3	3	0,3
2	Пост ДО-2	1	4	4	0,4
3	Пост ТО-1	1	2	2	0,3
4	Пост ТО-2	1	3	4	0,4
5	Пост ПР	1	3	2	0,6
6	Пост ЗМО	2	4	4	0,4
7	Пост ТО-1	3	2	2	0,8
8	Пост ТО-2	3	3	4	0,7
9	Пост ДО-1	2	3	3	0,8
10	Пост ДО-2	2	4	4	0,9
11	Пост ПР	2	2	2	0,2
12	Пост ЗМО	2	4	4	0,6
13	Пост ДО-1	3	3	3	0,5
14	Пост ДО-2	3	4	4	0,5
15	Пост ТО-1	4	2	2	0,5
16	Пост ТО-2	4	3	4	0,5
17	Пост ПР	4	3	2	0,6
18	Пост ЗМО	2	4	4	0,5
19	Пост ТО-1	1	2	2	0,8
20	Пост ТО-2	1	3	4	0,7
21	Пост ДО-1	1	3	3	0,5
22	Пост ДО-2	1	4	4	0,5
23	Пост ПР	5	5	2	0,6
24	Пост ЗМО	5	5	4	0,2
25	Пост ПР	4	4	4	0,7

### Контрольні запитання

1. Що розуміють під пропускною здатністю автомобілів?
2. Які основні показники впливають на абсолютну пропускну здатність автомобіля?
3. Які вихідні дані необхідні для розрахунку абсолютної пропускної здатності?
4. У яких одиницях вимірюється абсолютна пропускну здатність авто?
5. Які фактори знижують абсолютну пропускну здатність автомобілів?
6. Як умови експлуатації впливають на результати розрахунку пропускної здатності?
7. Як результати розрахунку використовуються при плануванні роботи АТП?

**Лабораторне заняття №2**  
**РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСОБІВ**  
**ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ**

**Мета:** сформувати вміння визначати та аналізувати показники ефективності використання засобів технічного обслуговування шляхом виконання відповідних розрахунків; закріпити теоретичні знання з організації технічного обслуговування рухомого складу та набутти практичних навичок оцінювання продуктивності, завантаженості й доцільності використання технічних засобів ТО.

**2.1 Теоретичні відомості**

Визначення фактичної виробничої потужності РОВ АТП. Виробнича потужність РОВ АТП може бути визначена максимально можливим обсягом робіт, що виконуються власними силами, у грошовому вимірі, виходячи з середньорічної вартості активних фондів РОВ АТП і розрахункового (прогресивного) показника фондівіддачі за формулою

$$M_p = \Phi_p \cdot f_p,$$

де  $M_p$  – середньорічна виробнича потужність РОВ АТП в розрахунковому році, тис.грн.;

$\Phi_p$  – середньорічна вартість активних фондів РОВ АТП в розрахунковому році, тис.грн.;

$f_p$  – розрахунковий (прогресивний) показник фондівіддачі з 1 грн. вартості активних фондів РОВ АТП.

Середньорічну вартість активних фондів РОВ АТП у розрахунковому році визначають на підставі даних статистичної звітності, яка враховує їхню вартість на кінець базового (початок розрахункового) року, очікувані надходження і вибуття фондів протягом року, за формулою

$$\Phi_p = \Phi_{np} + \frac{\sum_{1}^{12} \Phi_n t}{12} - \frac{\sum_{1}^{12} \Phi_v t_1}{12},$$

де  $\Phi_{np}$  – вартість активних фондів РОВ АТП на початок року;

$\Phi_n$  – вартість активних фондів, що надходять у кожному місяці протягом розрахункового року;

$t$  – кількість місяців до кінця року, протягом яких передбачається експлуатація фондів, що надходять;

$\Phi_v$  – вартість активних фондів, які вибувають у кожному місяці розрахункового року;

$t_1$  – кількість місяців, що залишились до кінця року з моменту вибуття фондів.

Визначення потрібної виробничої потужності РОВ АТП. Середньорічну виробничу потужність РОВ АТП, потрібну для виконання планового обсягу ремонтно-обслуговуючих робіт, можна знайти за формулою

$$P_{\epsilon} = \frac{P_n}{k_{en}},$$

де  $P_n$  – плановий річний обсяг ремонтно-обслуговуючих робіт АТП, що виконуються власними силами, млн..грн;

$k_{вп}$  – коефіцієнт використання виробничої потужності РОВ на плановий рік.

Значення  $k_{вп}$  на планований рік можна визначити на підставі аналізу фактичного коефіцієнту використання потужності в базовому  $k_{бб}$  і розрахунковому роках  $k_{вроз}$ , а також максимально можливого коефіцієнта використання виробничої потужності  $k_{вmax}$ , додержавши при цьому таких умов:

$$k_{вmax} = 1 > k_{en} > k_{бб}.$$

**Приклад 1.** Визначити фактичну і потрібну виробничу потужність РОВ АТП.

### **Розв'язання**

Обсяг робіт на ТО і ремонті автомобілів, виконаний власними силами в базовому 2023 р., за даними річного звіту становив 50 млн.грн. На балансі АТП на 01.01.2024 р активні фонди РОВ становлять 110 млн.грн. Прибуло протягом 2023 р. на суму 6 млн.грн., у тому числі по кварталах: I – 1 млн.грн; II – 2 млн.грн; III – 2 млн.грн; IV – 1 млн.грн. Вибуло протягом 2023 р на суму 10 млн.грн, у тому числі по кварталах: I – 2 млн.грн; II – 2 млн.грн; III – 2 млн.грн; IV – 4 млн.грн. Отже, середньорічна вартість активних фондів РОВ, що використовувалась в базовому 2023 р. з урахуванням виразу становить  $\Phi_0 = 108,7$  млн.грн.

Наявність активних фондів на 01.01.24 (згідно зі звітом за 2023 р) 105 млн.грн. Очікуване надходження в 2024 р на суму 12 млн.грн. у тому числі по кварталах: I – 1 млн.грн; II – 2 млн.грн; III – 5 млн.грн; IV – 4 млн.грн. Намічено до списання в 2024 р на суму 16 млн.грн. у тому числі по кварталах: I – 4 млн.грн; II – 2 млн.грн; III – 5 млн.грн; IV – 5 млн.грн. Тоді середньорічна вартість активних фондів РОВ, що використовувалась в 2024

р. становить  $\Phi_p = 103$  млн.грн. Очікувана наявність активних фондів РОВ на 01.01.2024 р. 111 млн.грн. Фондовіддача з 1 тис.грн. фондів у 2023 р.

$$f_o = P_o / \Phi_o = 50 / 108,7 = 0,46.$$

Зростання фондівіддачі залежно від резервів, що є у використанні технологічного устаткування, визначаємо з виразу

$$A \frac{T_p - T_\phi}{T_\phi} = A \frac{T_p}{T_\phi} - 1 = 0,9(1,1 - 1) = 0,09.$$

Коефіцієнт переходу від фактичного до прогресивного рівня показника фондівіддачі

$$K_1 = 1 + A \frac{T_p - T_{cp}}{T_\phi} = 1 + 0,09 = 1,09.$$

Коефіцієнт переходу від фактичного до прогресивного рівня показника фондівіддачі

$$K_1 = 1 + A \frac{T_p - T_{cp}}{T_\phi} = 1 + 0,09 = 1,09.$$

Фактична механооснащеність праці

$$O_o = \Phi_o / R_o = 108,7 / 51 = 2,14 \text{ млн.грн.}$$

У базовому 2023 році  $R_o = 51$ .

Потрібна механооснащеність праці

$$O_{нотр} = \frac{P_n}{f_o K_1} = \frac{0,8}{0,46 \cdot 1,09} = 1,6 \text{ млн.грн.}$$

де  $P_n$  – плановий виробіток одного ремонтно-обслуговуючого робітника в 2010 р млн..крб.

$$P_n = P_n / R_p = 40 / 50 = 0,8.$$

Коефіцієнт, який враховує вплив зміни рівня механооснащеності праці на розрахунковий рівень фондівіддачі

$$K_2 = O_o / O_{нотр} = 2,14 / 1,6 = 1,34.$$

Прогресивний показник фондівдачі

$$f_p = f_o K_1 K_2 = 0,46 \cdot 1,09 \cdot 1,34 = 0,67.$$

Визначимо фактичну виробничу потужність РОВ АТП за 2024 р.

$$M_p = \Phi_p f_p = 103 \cdot 0,67 = 69 \text{ млн.грн.}$$

При встановленому плані робіт 40 млн.грн. фактичний коефіцієнт використання виробничої потужності РОВ у 2024 р

$$K_{в.роз} = P_n / M_p = 40 / 69 = 0,58.$$

Фактична виробнича потужність РОВ АТП базового 2024 р.

$$M_o = \Phi_o f_o K_1 = 108,7 \cdot 0,46 \cdot 1,09 = 54,4 \text{ млн.грн.}$$

Коефіцієнт використання виробничої потужності РОВ у базовому році

$$K_{в.б} = P_o / M_o = 50 / 54,5 = 0,92.$$

Щоб визначити коефіцієнт використання виробничої потужності РОВ Кв.в на плановий період, скористаємось такою умовою:

$$K_{в.мак} = 1 > K_{в.в} > K_{в.б} = 0,92.$$

$$P_n = P_n / K_{в.в} = 40 / 0,93 = 43 \text{ млн.грн}$$

Вибираємо Кв.в = 0,93, тоді потрібна виробнича потужність РОВ АТП на 2024 р.

Таким чином, розглянуте АТП має надлишок виробничої потужності РОВ  $M_p - M_{п} = 26$  млн.грн.

Варіанти завдань для виконання роботи подані в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Варіанти вихідних даних по визначенню фактичної і потрібної виробничої потужності РОВ АТП

№ Вар-т	Обсяг робіт на ТО і ремонт автомобілів P <sub>об</sub> , млн.грн	Активні фонди (АФ)РОВ млн.грн		Надходження і витрати за 2009р млн.грн Квартал				Надходження і витрати за 2010р млн.грн квартал				Активні фонди РОВ на 2010р млн.грн		
		2010р	Серед. варт. 2009р	I	II	III	IV	I	II	III	IV	На-яв.	Серед. варт.	Очік.
1	50	110	108	1	2	2	1	1	2	5	4	105	103	111
2	55	111	109	2	2	2	2	2	2	5	4	106	104	112
3	60	112	110	2	1	2	2	2	3	5	4	107	105	113
4	65	113	110	1	1	2	2	1	2	4	4	108	106	114
5	70	114	111	4	1	2	2	2	2	4	2	109	107	115
6	50	111	108	2	1	3	2	1	3	4	4	104	103	109
7	55	111	109	4	3	2	2	1	2	4	3	105	104	108
8	60	111	108	4	1	2	2	2	2	4	2	104	103	109
9	55	112	110	2	1	3	2	1	3	4	4	106	103	109
10	50	112	110	1	1	2	2	1	2	4	4	105	104	108
11	62	113	110	4	1	2	2	2	2	4	2	102	101	104
12	63	112	111	1	1	2	2	2	1	4	2	103	102	105
13	71	111	102	2	1	2	2	2	3	4	4	104	103	108
14	52	112	107	1	2	2	2	1	3	4	4	106	104	109
15	53	113	106	4	1	2	3	2	2	4	3	107	104	108
16	64	111	103	2	2	2	3	2	2	4	5	104	101	107
17	54	102	101	2	4	2	3	2	2	4	4	105	102	106
18	66	113	102	1	1	2	2	2	1	4	2	108	103	109
19	71	104	101	2	1	2	2	2	3	4	4	104	103	106
20	58	111	107	1	2	2	2	1	3	4	4	106	104	108

### Контрольні запитання

1. Що розуміють під засобами технічного обслуговування?
2. Яке призначення показників ефективності засобів ТО?
3. Які основні показники ефективності застосовують для оцінки засобів ТО?
4. Що таке продуктивність засобів технічного обслуговування?
5. Як визначається коефіцієнт використання засобів ТО?
6. Які вихідні дані необхідні для розрахунку показників ефективності?

### Лабораторне заняття №3

## ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ПОТОКІВ ВІДКАЗІВ РОБОТИ СИСТЕМ АВТОМОБІЛЯ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ «МАРКОВСЬКИХ» ПРОЦЕСІВ

**Мета:** набути практичних навичок застосування марковських процесів з безперервним часом для моделювання процесів відмов, визначення інтенсивності потоків відмов у роботі систем автомобіля та технологічного обладнання, а також аналізу їхньої надійності й працездатності.

### 3.1 Теоретичні відомості

В «Марковських» процесах з безперервним часом весь дискретний стан розташовується в послідовний ланцюг з переходами (рис. 3.1).

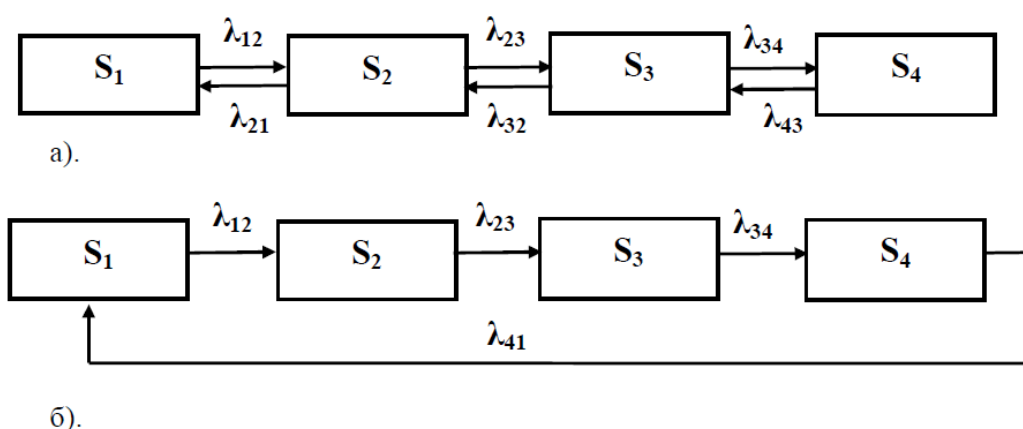


Рисунок 3.1 – Схеми «Марковських» процесів:  
а – «загибелі та розмноження»; б – циклічного

Зазвичай, для першого стану маємо рівняння  $\lambda_{12}P_1 = \lambda_{21}P_2$ , для другого –  $\lambda_{23}P_2 + \lambda_{21}P_2 = \lambda_{12}P_1 + \lambda_{32}P_3$ . Якщо врахувати рівняння для першого стану, маємо  $\lambda_{23}P_2 = \lambda_{32}P_3$ , тобто для даного процесу має місце співвідношення

$$\lambda_{k-1,k} \cdot P_{k-1} = \lambda_{k,k-1} P_k.$$

Використовуючи це співвідношення, а також умови  $P_1 + P_2 + \dots + P_n = 1$  визначаємо межеві імовірності:

$$P_1 = 1 : \left( 1 + \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{21}} + \frac{\lambda_{23}\lambda_{12}}{\lambda_{32}\lambda_{21}} + \frac{\lambda_{34}\lambda_{23}\lambda_{12}}{\lambda_{43}\lambda_{32}\lambda_{21}} + \dots \frac{\lambda_{n-1,n} \dots \lambda_{12}}{\lambda_{n,n-1} \dots \lambda_{21}} \right); \quad (3.1)$$

$$P_2 = \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{21}} P_1; \quad P_3 = \frac{\lambda_{23}\lambda_{12}}{\lambda_{32}\lambda_{21}} P_1; \quad P_k = \frac{\lambda_{k-1,k} \dots \lambda_{12}}{\lambda_{k,k-1} \dots \lambda_{21}} P_1.$$

**Приклад 1.** На крупному АТП експлуатується компресорна станція, що має три однакові компресори і середнє напрацювання на відказ кожного з них складає  $\bar{x}$ . Потік відказів простий. Середній час ремонту складає  $t_p$ . Визначити середню продуктивність станції при умовах, що продуктивність трьох компресорів  $W_1=100\%$ ; двох  $W_2 = 70\%$  и одного  $W_3 = 35\%$ . Потік відказів одного компресора за умовами є простим з експоненціальним розподілом напрацювання між відказами і параметром  $\lambda = 1/\bar{x}$ .

Якщо працюють всі три компресора (стан S1), то потоки відказів збільшуються в 3 рази, тобто  $\lambda_{12} = 3/\bar{x}$  (рис. 3.1, а). При роботі двох компресорів (стан S2)  $\lambda_{23} = 2/\bar{x}$ , одного (стан S3)  $\lambda_{34} = 1/\bar{x}$ . При стані S4 означає, що всі три компресори ремонтуються.

В запропонованій моделі враховується не тільки інтенсивність відказів, але і інтенсивність відновлення  $\mu$ , яка при експоненціальному законі розподілу тривалості відновлення дорівнює зворотній середній тривалості ремонту  $1/t_p$ , тобто при роботі одного компресора  $\mu_1 = \lambda_{21} = 1/t_p$ , двох  $\mu_2 = \lambda_{32} = 2/t_p$ , трьох  $\mu_3 = \lambda_{34} = 3/t_p$ . З урахуванням рівняння (3.1) і для  $\bar{x} = 50$  год і  $t_p = 4$  год маємо:

$$P_1 = \frac{1}{1 + 3 \frac{t_p}{\bar{x}} + 3 \left(\frac{t_p}{\bar{x}}\right)^2 + \left(\frac{t_p}{\bar{x}}\right)^3} = 0,793;$$

$$P_2 = 3(t_p/\bar{x})P_1 = 3 \cdot 0,08 \cdot 0,793 = 0,1914;$$

$$P_3 = 3(t_p/\bar{x})^2 P_1 = 3 \cdot 0,8^2 \cdot 0,793 = 0,0152;$$

$$P_4 = (t_p/\bar{x})^3 P_1 = 0,8^3 \cdot 0,793 = 0,0004.$$

Середня продуктивність компресорної станції в стабільному режимі

$$\begin{aligned} \bar{W} &= P_1 W_1 + P_2 W_2 + P_3 W_3 + P_4 W_4 \approx 0,79 W_1 + \\ &+ 0,19 \cdot 0,7 \cdot W_1 + 0,015 \cdot 0,35 W_1 \approx 0,93 W_1. \end{aligned}$$

Якщо середнє напрацювання на відказ буде нижче, для прикладу, 32 години, то імовірності звітно складатимуть:  $P_1 = 0,702$ ;  $P_3 = 0,032$ ;

$P_2 = 0,265$ ;  $P_4 = 0,001$ , а середня продуктивність компресорної станції буде знижена до  $0,89W_1$ .

В таблиці 3.1 наведені контрольні варіанти задач з визначенням потоків відказів роботи систем автомобіля або технологічного обладнання за допомогою «Марковських» процесів з безперервним часом.

Таблиця 3.1 – Варіанти задач з визначенням потоків відказів роботи систем автомобіля або технологічного обладнання за допомогою «Марковських» процесів з безперервним часом

Варіант	Технологічне обладнання	Продуктивність технологічного обладнання, %		
		$W_1$ ,	$W_2$	$W_3$
1	2	3	4	5
1	Підйомники	95	75	35
2	Мийна машина	90	70	40
3	Компресорна станція	99	88	58
4	Конвеєр	92	83	45
5	Кранбалка	80	60	30
6	Камера для фарбування	93	74	60
7	Сушильний прилад	85	81	35
8	Балансировочний стенд	91	66	56
9	Вулканізаційний стенд	81	67	46
10	Гальмівний стенд	77	65	33
11	Газоаналізатор	94	74	59
12	Стенд для ДО стартерів	88	78	47
13	Стенд ДО генераторів	84	63	38
14	Колонки АЗС	98	89	79
15	Підйомники канавні	72	62	53
16	Зварювальні апарати	58	54	49
17	Кантувальний прилад	60	53	45
18	Мийний прилад	93	72	41
19	Компресорна станція	92	84	58
20	Гальмівний стенд	76	64	38

Показники безвідказності оцінюють теоретичними (точними) і статичними (наближеними) рівняннями для регламентованих умов експлуатації, ТО, ремонту, зберігання і транспортування. Неминучі коливання якості матеріалів виробничих факторів та умов експлуатації призводить до різних проявів показників, які характеризують надійність автомобіля. Внаслідок цього показники безвідказності розглядають як імовірнісні статистичні величини, що ґрунтуються на достатній інформації.

Безвідказність об'єкта оцінюють такими показниками: ймовірність безвідказної роботи, середнім напрацюванням до відказу, гамма-відсотковим напрацюванням до відказу, середнім напрацюванням на відказ, інтенсивністю відказів, параметром потоку відказів.

Імовірність безвідказної роботи полягає в тому, що в межах заданого напрацювання відказ об'єкта не виникає. Для режимів зберігання і (або) транспортування можна застосовувати аналогічно визначені показники безвідказності, наприклад імовірність безвідказного зберігання (транспортування).

Конкретне кількісне значення ймовірності безвідказної роботи має певний зміст лише тоді, коли воно поставлене у відповідність із заданим напрацюванням, протягом якого може виникнути відказ. Імовірність безвідказної роботи визначається, виходячи з припущення, що в початковий момент часу обчислення заданого напрацювання об'єкт був робото здатним. В інтервалі від 0 до  $l_0$  імовірність безвідказної роботи становить

$$P(l_0) = f - F(l_0),$$

де  $F(l_0)$  – функція розподілу напрацювання до відказу.

Крім поняття «ймовірність безвідказної роботи» можна ввести поняття «ймовірність відказу», визначивши його як імовірність того, що об'єкт відкаже хоча б один раз протягом заданого часу роботи як робото здатний у початковий момент часу. В інтервалі від 0 до  $l_0$  ймовірність відказу

$$Q(l_0) = F(l_0) = 1 - P(l_0).$$

Середнє напрацювання до відказу – математичне сподівання напрацювання об'єкта до першого відказу. Середнє напрацювання до відказу визначають за формулою

$$l = \int_0^{\infty} l f(l) dl = \int_0^{\infty} l dF(l) = \int_0^{\infty} [1 - F(l)] dl,$$

де  $f(l)$  – щільність розподілу напрацювання до відказу;

$F(l)$  – функція розподілу напрацювання до відказу.

Гамма-відсоткове напрацювання до відказу – напрацювання, протягом якого відказ об'єкта не виникає з імовірністю  $\gamma$ , вираженою у відсотках. Показник гамма-відсоткового напрацювання до відказу визначають із рівняння

$$1 - F(l_\gamma) = 1 - \int_0^{l_\gamma} f(l) dl = \frac{\gamma}{100},$$

де  $l_\gamma$  – гамма-відсоткове напрацювання до відказу.

При  $\gamma = 100\%$  величина  $l_\gamma$  називається установленим безвідказним напрацюванням, при  $\gamma = 50\%$  – медіанним напрацюванням. Середнє напрацювання на відказ – відношення напрацювання відновлюваного об'єкта до математичного сподівання кількості його відказів протягом цього напрацювання. Термін «середнє напрацювання на відказ» означає напрацювання відновлюваного об'єкта, що припадає в середньому на один відказ у розглядуваному інтервалі сумарного напрацювання або певної тривалості експлуатації. Інтенсивність відказу – умовна щільність імовірності виникнення відказу невіднолюваного об'єкта, що визначається для розглядуваного моменту часу за умови, що до цього моменту відказ не виник. Інтенсивність відказів  $\lambda(l)$  визначають за формулою

$$\lambda(l) = \frac{f(l)}{P(l)} = -\frac{1}{P(l)} \frac{d}{dl} P(l) = \frac{1}{1 - F(l)} \frac{d}{dl} F(l).$$

Інтенсивність відказів не є щільністю розподілу випадкової величини, оскільки не має потрібних властивостей щільності розподілу:

$$\int_0^{\infty} \lambda(l) dl \neq 1.$$

Параметр потоку відказів – відношення середньої кількості відказів відновлюваного об'єкта за довільно мале його напрацювання до параметра цього напрацювання. Параметр потоку відказів використовують як показник безвідказності відновлюваних об'єктів, експлуатація яких може бути описана таким чином: у початковий момент часу об'єкт починає роботу і працює до відказу, після відказу відновлюється робота здатність і об'єкт знову працює до відказу і т.д. (при цьому час відновлення не враховують).

Для таких об'єктів моменти відказів на осі сумарного напрацювання, або на осі неперервного часу, утворюють потік відказів. Як характеристику потоку відказів використовують функцію  $\Omega(l)$  цього потоку – математичне сподівання відказів на пробіг  $l$ :

$$\Omega(l) = M[r(l)],$$

де  $M$  – математичне сподівання;

$r(l)$  – кількість відказів за пробіг  $l$ .

Рівняння для визначення показників безвідказності в статичній формі наведені в таблиці 3.2. Параметр потоку відказів  $\omega(l)$  характеризує середню кількість відказів, очікуваних у малому інтервалі пробігу:

$$\omega(l) = \Omega(l) = \lim_{\Delta l \rightarrow 0} \frac{M[r(l + \Delta l)] - M[r(l)]}{\Delta l}$$

Таблиця 3.2 – Рівняння для визначення показників безвідказності

Показник	Розрахункова формула	Умовні позначення
Імовірність безвідказної роботи $P(l)$	$P(l) = (N_0 - \sum n_i) / N_0$	$N_0$ – кількість елементів автомобіля на початок експерименту; $\sum n_i$ – сумарна кількість елементів автомобіля, що мали відкази за пробіг $l$
Інтенсивність відказів $\lambda(l)$	$\lambda(l) = \frac{N(l) - N(l + \Delta l)}{\Delta l N(l)}$	$N(l)$ – кількість робото здатних елементів автомобіля під час пробігу $l$ ; $N(l + \Delta l)$ – кількість робото здатних елементів автомобіля під час пробігу $(l + \Delta l)$ ; $\Delta l$ – достатньо малий інтервал пробігу
Середнє напрацювання до відказу $\bar{l}_1$	$\bar{l}_1 = \frac{1}{N_0} \sum_{i=1}^{N_0} l_i$	$l$ – напрацювання $i$ -го елемента до відказу
Середнє напрацювання на відказ $\bar{l}_2$	$\bar{l}_2 = \frac{(\sum N_i l_i)}{n} = \frac{L}{n}$	$N_i$ – кількість випробуваних елементів автомобіля; $l_i$ – напрацювання $i$ -го елемента на відказ; $n$ – сумарна кількість відказів елементів автомобіля за пробіг $L$
Параметр потоку відказів $\omega(l)$	$\omega(l) = \Delta n_i / (N_0^e \Delta l_i)$	$\Delta n_i$ – кількість відказів за одиницю часу (пробігу) $\Delta l_i$ ; $N_0^e$ – кількість випробуваних елементів автомобіля
Параметр потоку відновлення $\beta(t)$	$\beta(t) = \frac{m}{n \Delta t}$	$m$ – кількість відремонтованих агрегатів автомобілів; $n$ – кількість агрегатів, що підлягають ремонту в інтервалі $\Delta t$
Імовірність справно-го стану $P(t)$ з урахуванням відновлення при $t \rightarrow \infty$	$P(t) \rightarrow K_2$	$K_2$ – коефіцієнт готовності

Параметр потоку відказів пов'язаний із провідною функцією співвідношенням

$$\Omega(l) = \int_0^l \omega(x) dx.$$

Параметр потоку відказів  $\omega(l)$  характеризує середню кількість відказів, очікуваних у малому інтервалі пробігу:

$$\omega(l) = \Omega(l) = \lim_{\Delta l \rightarrow 0} \frac{M[r(l + \Delta l)] - M[r(l)]}{\Delta l}.$$

Параметр потоку відказів пов'язаний із провідною функцією співвідношенням

$$\Omega(l) = \int_0^l \omega(x) dx.$$

Розглянемо деякі приклади визначення показників безвідказності в статичній формі.

**Приклад 2.** На випробуванні було 10 елементів автомобіля. В інтервалі 10 тис.км відказали 3 елементи. Визначити імовірність безвідказної роботи елементів автомобіля.

Розв'язання:

$$P(l) = (N_o - \sum n_i) / N_o = (10 - 3) / 10 = 0,70.$$

**Приклад 3.** На випробуванні було 3 елементи автомобіля. Перший елемент вийшов із ладу на пробізі 5 тис. км, потім відновлений і знову відказав на пробігу 3 тис. км, та був відновлений знову. Другий елемент відказав на пробізі 9 тис. км, потім відновлений. Третій відказав на пробізі 11 тис. км, відновлений, і автомобіль працював далі. Визначити середнє напрацювання на відказ елементів автомобіля.

Розв'язання:

$$l_2 = (\sum l_i N_i) / n = (5 \cdot 1 + 3 \cdot 1 + 9 \cdot 1 + 11 \cdot 1) / 4 = 4,5 \text{ тис.км.}$$

**Приклад 4.** На момент пробігу автомобіля 10 тис.км було на випробуванні 10 елементів автомобіля. Через 5 тис.км залишилось 6 справних елементів автомобіля. Визначити інтенсивність потоку відказів автомобіля в інтервалі пробігу 5 тис.км після 10 тис.км пробігу автомобіля.

$$\begin{aligned} \lambda(l) &= [N(l) - N(l + \Delta l)] / [N(l) \Delta l] = (10 - 6) / (10 \cdot 5000) = \\ &= 4 / 50000 = 0,8 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

**Приклад 5.** На випробуванні було 5 елементів автомобіля. Протягом 3 тис. км пробігу відказали 2 елементи. Визначити параметр потоку відказів в інтервалі пробігу 3 тис. км.

Розв'язання:

$$\omega(l) = \Delta n_i / (N_i \Delta l_i) = 2 / (5 \cdot 3000) = 2 / (15 \cdot 10^{-3}).$$

**Приклад 6.** На випробуванні було 10 елементів автомобіля. Вони вийшли з ладу на таких пробігах, тис.км: 5; 4; 3; 10; 11; 15; 7; 8; 9; 5. Визначити середнє напрацювання до відказу елемента автомобіля.

Розв'язання:

$$l_1 = \frac{1}{N_0} \sum_{i=1}^{N_0} l_i = \frac{1}{10} (5 + 4 + 3 + 10 + 11 + 15 + 7 + 8 + 9 + 5) = \frac{77}{10} = 7,7 \text{ тис.км.}$$

Варіанти вихідних даних для виконання лабораторного заняття №3 подані в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Варіанти вихідних даних для розв'язання задач 2, 3, 4, 5, 6.

№ Вар	Задача 1			Задача 2			Задача 3			Задача 4			Задача 5	
	$N_0$	$l_{i,км}$	$\sum n_i$	$\sum l_{i,тис.км}$	$n$	$N_i$	$N(l)$	$\Delta l,км$	$N(l+\Delta l)$	$\Delta l,км$	$\Delta n$	$N_i$	$N_0$	$\sum l_{i,тис.км}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	11	3000	4	5, 2, 8, 11	3	1	9	3000	6	3000	2	5	11	5,4,3,10, 11,12,6,7, 8,9
2	10	4000	2	4, 2, 8, 10	4	1	8	3000	5	4000	2	5	11	8,4,5,10, 11,12,6,7, 8,9
3	9	5000	2	6, 2, 8, 12	4	1	11	4000	5	5000	3	6	10	8,3,5,10, 11,12,6,17, 8,9
4	8	5000	4	5, 2, 7, 11	3	1	9	4000	7	4000	2	5	11	5,4,3,10, 11,12,6,7, 8,9
5	11	4000	3	4, 5, 8, 10	4	1	8	4000	6	5000	2	5	11	8,4,5,10, 11,12,6,7, 18,9
6	9	5000	3	6, 4, 8, 11	3	1	11	3000	6	4000	3	6	10	8,3,5,10, 11,12,6,7, 8,19
7	11	3000	4	5, 2, 8, 11	3	1	9	3000	6	3000	2	5	11	5,4,3,10,11 , 12,6,7,8,9
8	10	4000	2	4, 2, 8, 10	4	1	8	3000	5	4000	2	5	11	8,4,5,10, 11,12,6,7, 8,9
9	7	5000	2	6, 2, 8, 12	4	1	10	3500	5	4500	4	6	10	8,3,5,10, 11,12,6,17, 8,9

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10	9	5000	4	5, 2, 7, 6	3	1	8	4500	7	2500	3	5	11	5,4,3,14, 11,12,6,7, 8,9
11	12	4000	3	4, 3, 8, 7	4	1	8	3500	6	3500	3	5	11	8,4,5,15, 11,12,6,7, 18,9
12	11	5000	3	6, 4, 8, 9	3	1	9	2500	6	5500	4	6	10	8,3,5,10,9, 12,6,7,8, 11
13	11	3000	4	5, 2, 8, 11	3	1	9	3000	6	3000	2	5	11	5,4,3,10, 11,12,6,7, 8,9
14	10	4500	2	4, 2, 8, 11	4	1	8	3900	5	4000	2	5	11	8,4,5,10, 11,12,6,7, 8,9
15	9	5500	2	6, 4, 8, 12	4	1	11	4800	5	5000	3	6	10	8,3,5,10, 11,12,6, 17,8,9
16	8	6000	4	5, 4, 7, 11	3	1	9	4700	7	4000	2	5	11	5,4,3,10, 11,12,6,7, 8,9
17	11	4500	3	6, 5, 8, 10	4	1	8	4600	6	5000	2	5	11	8,4,5,10, 11,12,6,7, 18,9
18	9	6000	3	6, 4, 7, 11	3	1	11	4500	6	4000	3	6	10	8,3,5,10, 11,12,6,7, 8,19
19	11	3500	4	5, 2, 8, 12	3	1	9	3500	6	3000	2	5	11	5,4,3,10, 11,12,6,7, 8,9
20	10	4500	2	4, 12, 8, 10	4	1	8	2500	5	4000	2	5	11	8,4,5,10, 11,12,6,7, 8,9

### 3.2 Порядок виконання роботи:

Згідно варіанту по списку групи розв'язати задачі 2, 3, 4, 5, 6 і зробити висновки.

#### Контрольні запитання

1. Що називають потоком відказів у системах автомобіля та технологічного обладнання?
2. Дайте визначення інтенсивності потоку відказів та поясніть її фізичний зміст.
3. Які основні припущення лежать в основі використання марковських процесів для опису відказів?
4. Що таке марковський процес і в чому полягає його основна властивість?
5. Які стани системи зазвичай використовують у марковських моделях надійності?
6. Як формується граф станів системи для марковської моделі?
7. Який зв'язок між інтенсивністю відказів та ймовірностями переходів між станами?

## Лабораторне заняття №4 ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТЯГОВИХ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ

**Мета:** вивчити основні вимоги до експлуатації тягових акумуляторних батарей, набути практичних навичок технічного обслуговування тягових АКБ, зокрема контролю їх електричних параметрів, рівня та густини електроліту, навчитися оцінювати технічний стан акумуляторних батарей і визначати можливі несправності з метою забезпечення їх надійної та безпечної експлуатації.

### 4.1 Теоретичні положення

Акумуляторні батареї є основним джерелом енергії для електричних транспортних засобів, забезпечуючи тривалий час роботи та значний запас потужності. Вони дозволяють електромобілям подолати значні відстані без необхідності частих підзарядок. Однак, незважаючи на їхню важливість, акумуляторні батареї є дуже дорогим елементом електричних транспортних засобів, що значно впливає на загальну вартість автомобіля. Крім того, використання лише акумуляторних батарей як основного джерела живлення має свої недоліки. Зокрема, постійні цикли зарядки і розрядки призводять до швидкої деградації акумуляторів, в результаті чого їх термін служби зменшується.

Серед всіх видів АБ найкращими для електричного ТЗ є літієві батареї. Їхня невелика маса, висока питома енергія, висока питома потужність, що складає до 4000 Вт/кг та висока питома щільність – до 250 Вт·год/кг, а також відсутність складі таких токсичних елементів як ртуть або свинець, все це в сумі віддає перевагу літієвим батареям, незважаючи на їхню більшу вартість відносно інших систем накопичення енергії. Літієві батареї складаються з шарів різної довжини, форми, висоти, що щільно пов'язані між собою, а також відрізняються за формою, як показано на рисунку 4.1.

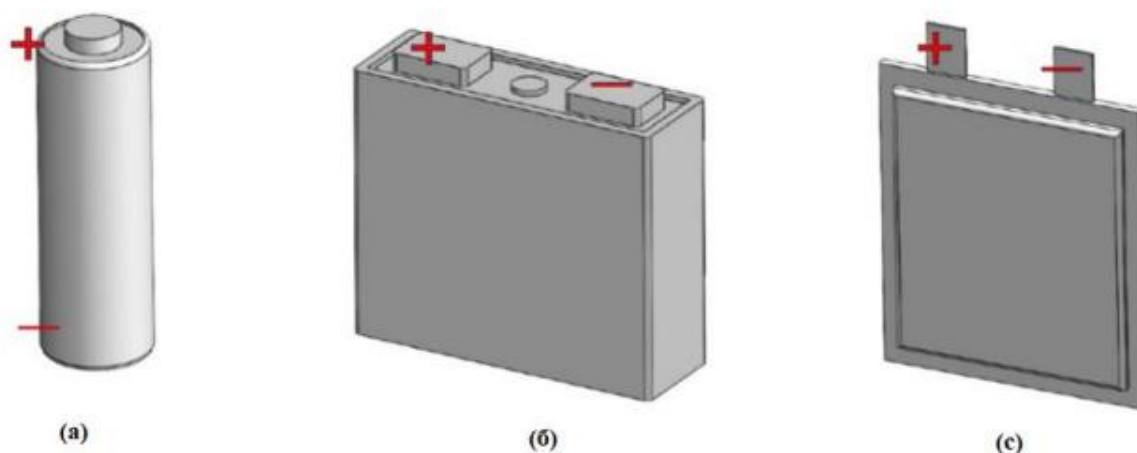


Рисунок 4.1 – форми Li батарей: а) циліндрична; б) призматична; с) мішечок

На стан літій-іонних акумуляторів (LiBs) безпосередньо впливають умови їх експлуатації. Деградація відбувається під час заряджання та розряджання як частина процесу старіння, а також під час зберігання через календарне старіння. В електромобілях (EV) деградація батареї призводить до зменшення ємності, що обмежує практичний запас ходу транспортного засобу, і зростання імпедансу, що зменшує корисну вихідну потужність батареї. Через хімічне, електрохімічне та механічне старіння літій-бальватних елементів очікується постійне зниження дальності пробігу протягом усього терміну служби акумуляторної батареї – до 25% приблизно через вісім років або приблизно 140 000 км.

Практична кількість циклів заряду батареї, згадана в літературі, коливається від 1000 до 3000 циклів, що забезпечує тривалий термін служби батареї. Нижня межа цього діапазону (1000 циклів) легко досягається виробниками для електромобілів із запасом ходу 200 км, що дозволяє автомобілю проїхати 200 000 км до закінчення терміну служби батареї. В Європі споживачі очікують запас ходу близько 300 км, чого складно досягти, використовуючи лише батареї. Обмежений запас ходу електромобіля є значною перешкодою для впровадження сталого автомобільного транспорту споживачами. Тому впровадження гібридних накопичувачів енергії, що поєднують батареї з суперконденсаторами (СК), може підвищити продуктивність і збільшити можливості щодо використання громадського транспорту на основі електромобілів.

Найбільшою особливістю акумуляторної батареї електробуса є її висока напруга. У той час як звичайна автомобільна батарея працює при напругах від 12 В до 24 В, напруга акумуляторів звичайного електромобіля може сягати 400 В. Проте, і це не межа. Електричні вантажівки та електробуси використовують батареї з робочою напругою до 1200 або навіть 1600 В. Використання таких високовольтних систем має декілька значних переваг.

По-перше, висока напруга дозволяє накопичувати більшу кількість енергії при меншій масі системи. Це означає, що електробуси можуть долати більші відстані на одному заряді, що є критично важливим для громадського транспорту та вантажоперевезень. Збільшення енергетичної щільності батарей сприяє ефективнішому використанню простору і ваги транспортного засобу, що позитивно впливає на його експлуатаційні характеристики.

По-друге, висока напруга сприяє значному прискоренню процесу заряджання електричних транспортних засобів. Чим вища напруга, тим швидше може здійснюватися зарядка, що є важливим фактором для зручності користування електробусами і вантажівками. Швидка зарядка дозволяє зменшити час простою транспортних засобів, підвищуючи їхню ефективність і продуктивність. Висока напруга, звичайно, несе з собою

підвищений ризик для безпеки людини. Напруга у 1200 або 1600 В може бути вкрай небезпечною, однак сучасні електричні транспортні засоби обладнані численними системами захисту і безпеки, що мінімізують ці ризики. Дотримання усіх правил техніки безпеки при користуванні такими транспортними засобами знижує ймовірність отримання ураження електричним струмом до мінімуму.

Крім того, конструктори транспортних засобів передбачають захисні механізми, такі як автоматичне відключення живлення у разі аварійної ситуації або пошкодження електричних систем. Таким чином, висока напруга акумуляторних батарей електробусів і електричних вантажівок забезпечує значні переваги у вигляді більшої енергоємності та швидкості заряджання, що підвищує загальну ефективність і зручність використання цих транспортних засобів, одночасно гарантуючи високий рівень безпеки при дотриманні відповідних норм та правил.

На рисунку 4.2 показано будову тягової акумуляторної батареї електричного ТЗ.

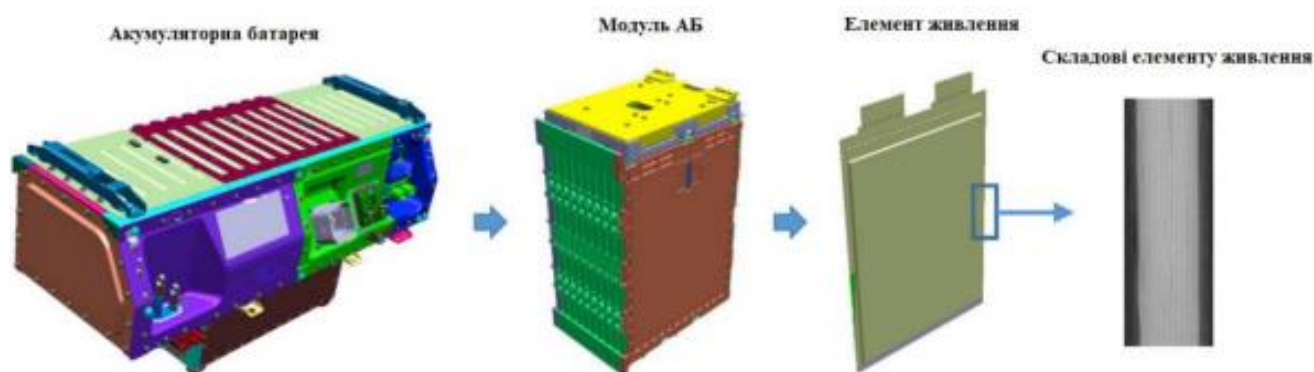


Рисунок 4.2 – загальна будова акумуляторної батареї електричного ТЗ

Тягова батарея електричного транспортного засобу – це складна система, яка по суті являє собою матрицю, що складається з низьковольтних елементів. Циклами заряду і розряду цих елементів керує мережа мікропроцесорів, розподілених на різних рівнях матриці. Кожна комірка батареї оснащена одним або двома температурними датчиками та власним контролером, які забезпечують безпечні умови експлуатації. Ці контролери захищають елементи від перенапруги, перезарядження та перегріву, що є критично важливим для підтримання оптимальної продуктивності та довговічності батареї. Зарядкою блоків, що можуть складатися з десятків і навіть сотень елементів, керує контролер ВМУ (Battery Management Unit). Основна роль контролера ВМУ полягає в балансуванні струмів між послідовними або паралельними елементами, щоб забезпечити рівномірний розподіл енергії та уникнути дисбалансу, який може призвести до

зменшення ємності або пошкодження елементів. Центральний контролер BMS (Battery Management System) відповідає за загальний контроль і розподіл енергії залежно від типу заряджання - повного, нормального, прискореного або надшвидкого. BMS забезпечує оптимальний розподіл навантаження між усіма модулями, що допомагає продовжити термін служби батареї та підвищити її ефективність. Рівні заряду 0% і 100%, що відображаються на приладовій панелі електромобіля або зарядній консолі, є дещо умовними. Виробники не заряджають батарею повністю, а залишають запас нижче номінального значення. Цей запас поступово використовується в міру старіння батареї, що дозволяє враховувати природне зменшення ємності з часом. Так само, не допускається повна розрядка батареї; навіть коли транспортний засіб припиняє рух, деяка енергія залишається в акумуляторі. Це запобігає незворотним хімічним реакціям, які можуть відбутися при повній розрядці і які можуть пошкодити елементи батареї, скоротивши її термін служби.

Система управління батареєю також включає різноманітні методи діагностики і моніторингу. Вона постійно відстежує стан кожного елемента, забезпечуючи виявлення потенційних проблем до того, як вони можуть вплинути на роботу транспортного засобу. Наприклад, система може виявити аномальне підвищення температури або падіння напруги в окремих елементах, що дозволяє вжити заходів для запобігання аварійній ситуації. Окрім безпеки і ефективності, система управління батареєю також відіграє важливу роль у забезпеченні економічності експлуатації електричного транспортного засобу. Вона допомагає оптимізувати витрати енергії, зменшуючи втрати і підвищуючи загальну продуктивність системи. Завдяки інтегрованому підходу до управління зарядкою і розрядкою, а також до моніторингу стану батареї, виробники можуть забезпечити надійну і довговічну роботу електричних транспортних засобів, що є ключовим фактором для розвитку і поширення екологічно чистого транспорту.

### **Критерії оцінки батареї електромобіля**

Є два загальноприйнятих критерії оцінки стану будь-якого АКБ:

1. SOH (State Of Health) – залишкова ємність акумулятора, яка виражається у відсотках від номінальної ємності.
2. EOL (End Of Life) – критерій показує кінець життєвого циклу акумулятора, що розраховується відносно числа минулих циклів зарядів/розрядів.

Перший критерій є основним тому що він дає розуміння про поточний стан батареї. Зниження SOH на практиці призводить до зменшення пробігу електромобіля після зарядки. На рисунку 4.3 показана залежність залишкової ємності акумулятора від критерію кінця життєвого циклу акумулятора.

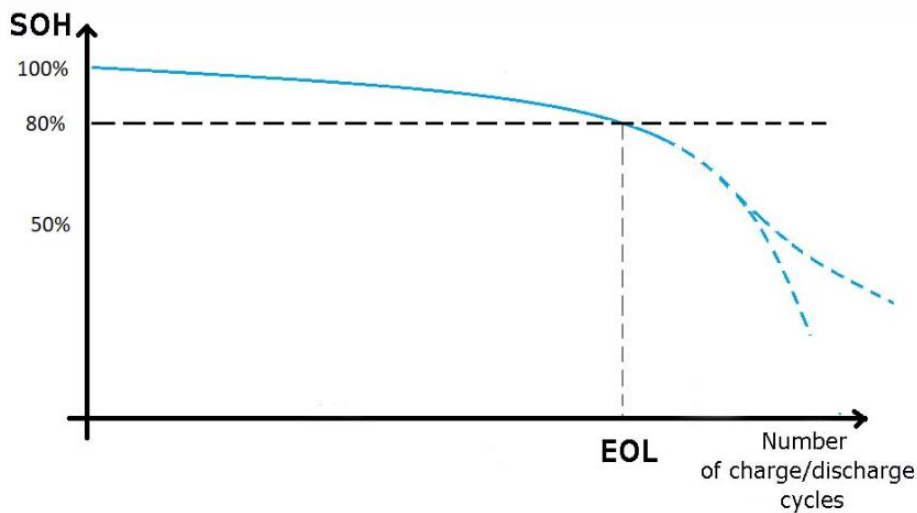


Рисунок 4.3 – залежність залишкової ємності акумулятора від критерію кінця життєвого циклу акумулятора  $SOH = f(EOL)$

Другий критерій EOL інформує нас про те, що після певного числа циклів заряду/розряду батарея може різко втрачати свою ємність. На практиці цей параметр оцінити дуже важко. Причина цього хаотичність у режимі розряд/заряд батареї..

Способи самостійного визначення стану батареї електромобіля:

- оцінка дальності ходу;
- ефективність зарядки;
- діагностичні інструменти самого автомобіля.

Першим способом оцінки стану батареї електромобіля є моніторинг дальності ходу автомобіля. Оцінка дальності ходу враховує такі фактори, як стиль водіння, рельєф місцевості та погодні умови. Якщо ви помітили значне зниження поточного запасу ходу порівняно з паспортним значенням, то це явна ознака погіршення стану батареї.

Зверніть увагу на витрату електроенергії, необхідну для повного заряджання батареї електромобіля. Збільшення витрат на зарядку електромобіля також може бути показником погіршення стану батареї.

Багато електромобілів оснащені діагностичними інструментами або програмним забезпеченням, які надають інформацію про стан батареї, наприклад, додаток Leaf Spy для Nissan Leaf. Такі інструменти можуть дати уявлення про напругу батареї, її температуру, баланс елементів та інші важливі параметри. Вивчення керівництва користувача автомобіля допоможе вам зрозуміти, які діагностичні функції доступні і як інтерпретувати отримані дані для оцінки стану батареї.

На станціях технічного обслуговування використовується спеціальні діагностичні сканери, які здатні зчитувати інформацію з блоку управління батареї (BMS) електромобіля. Наприклад, Consult 3+ – використовується для робіт з усією лінійкою електромобілів і гібридів Nissan, LOKI – працює

виключно з електромобілями Tesla, Xentry Diagnostic – дилерський діагностичний прилад для електромобілів і гібридів від Mercedes. Ці інструменти дають змогу фахівцям СТО зчитувати дані, за якими робиться висновок про стан батареї.

За останні кілька років розроблено технології діагностики та прогнозування стану акумуляторів за допомогою штучного інтелекту. Суть такого способу перевірки стану батареї полягає в наступному:

- підключається спеціальний прилад до порту OBD автомобіля.
- потім проводиться статичний тест, протягом якого зчитуються необхідні діагностичні дані;
- потім проводиться динамічний тест, під час якого збираються дані під час короткочасного прискорення автомобіля;
- на завершальному етапі за допомогою штучного інтелекту проводиться аналіз зібраної інформації та робиться висновок про поточний стан батареї;

Батарея електромобіля може вийти з ладу як двигун ДВЗ у класичного авто. У цьому випадку для визначення стану батареї застосовується тестер MS800. Даний тестер визначає ємність кожного модуля батареї і на підставі результатів вимірів, навченим фахівцем, робиться висновок про стан батареї в цілому. Перевірка батареї електромобіля тестером MS800 допомагає визначити, які комірки батареї втратили ємність. Що надалі дає розуміння як відремонтувати її і скільки це буде коштувати.

Технічне обслуговування тягових акумуляторних батарей включає комплекс заходів, спрямованих на підтримання їх працездатності та безпечної експлуатації. Насамперед проводиться зовнішній огляд батареї, під час якого перевіряється стан корпусу, клем і міжелементних з'єднань. Наявність механічних чи інших пошкоджень, слідів корозії або забруднень може свідчити про порушення умов експлуатації та потребує негайного усунення.

Важливою операцією технічного обслуговування є контроль електричних параметрів акумуляторної батареї. Вимірювання напруги окремих елементів і батареї в цілому дозволяє оцінити рівномірність їх роботи та своєчасно виявити ослаблені або несправні елементи. Не менш значущим показником є густина електроліту, яка характеризує ступінь зарядженості батареї. Відхилення густини від нормативних значень може призвести до зниження ємності або передчасного зносу АКБ.

Під час експлуатації тягових акумуляторних батарей особливу увагу приділяють контролю рівня електроліту. Зменшення його рівня негативно впливає на стан пластин і може спричинити їх руйнування. Для підтримання нормального рівня допускається використання лише дистильованої води, оскільки домішки можуть призвести до погіршення електрохімічних процесів усередині батареї.

Дотримання правил техніки безпеки є обов'язковою умовою під час обслуговування тягових АКБ. Електроліт є хімічно активною речовиною, а під час заряджання батареї можливе виділення вибухонебезпечних газів. Тому всі роботи слід виконувати з використанням засобів індивідуального захисту та в добре провітрюваних приміщеннях.

Отже, технічне обслуговування тягових акумуляторних батарей є необхідною складовою їх ефективною та безпечною експлуатації. Регулярний контроль технічного стану, дотримання рекомендацій виробника та правил безпеки дозволяють значно подовжити термін служби АКБ і забезпечити стабільну роботу електротехнічного обладнання.

Щодо вимог з техніки безпеки, то обов'язково необхідно працювати лише в захисних рукавичках та окулярах, забороняється використовувати відкритий вогонь поблизу АКБ, уникати короткого замикання клем. При потраплянні електроліту на шкіру або одяг негайно промити водою.

#### **4.2 Завдання до лабораторної роботи**

1. Ознайомитися з конструкцією тягової акумуляторної батареї.
2. Визначити номінальну напругу та ємність АКБ.
3. Перевірити:
  - напругу окремих елементів і батареї в цілому;
  - густину електроліту;
  - рівень електроліту в елементах.
4. Оцінити технічний стан АКБ за результатами вимірювань.
5. Виявити можливі несправності (сульфатація, нерівномірність напруг, зниження ємності тощо).
6. Запропонувати заходи з технічного обслуговування або усунення виявлених недоліків.

#### **4.3 Порядок виконання роботи**

1. Ознайомитися з правилами техніки безпеки під час роботи з АКБ.
2. Провести зовнішній огляд батареї (корпус, клеми, з'єднання).
3. Виміряти напругу АКБ та окремих акумуляторів.
4. За допомогою ареометра визначити густину електроліту.
5. Перевірити рівень електроліту та за потреби долити дистильовану воду.
6. Зафіксувати результати вимірювань у таблиці.
7. Проаналізувати отримані дані та зробити висновки.

#### **Контрольні запитання**

1. Яке призначення тягових акумуляторних батарей?
2. Чим тягові АКБ відрізняються від стартерних?
3. Які основні операції входять до технічного обслуговування АКБ?
4. Як впливає густина електроліту на роботу батареї?
5. Які основні несправності тягових АКБ та причини їх виникнення?

## Лабораторна робота № 5 ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ДВИГУНОМ

**Мета:** вивчити призначення, основні конструктивні схеми, особливості функціонування та технічного обслуговування систем управління автомобільних двигунів.

### 5.1 Загальні відомості

При вивченні систем керування автомобільних двигунів потрібно звернути увагу на те, що електронна система автоматичного керування двигуном складається з датчиків для постійного контролю за його параметрами і параметрами навколишнього середовища, електронного блока керування на основі мікропроцесора і виконавчих механізмів, за допомогою яких електронний блок керує двигуном за закладеною в його пам'яті програмою та відповідно до інформації від датчиків.

Електронне керування необхідне для задоволення високих вимог з екологічності, паливної економічності, експлуатаційних характеристик, зручності обслуговування і діагностування, що висуваються до сучасних автомобільних двигунів на законодавчому рівні і споживачами.

Автоматичне керування двигуном може включати в себе:

- електронну систему керування впорскуванням палива;
- систему керування запалюванням;
- систему керування клапанами циліндрів (регулювання фаз газорозподілу);
- систему керування рециркуляцією відпрацьованих газів;
- карбюратори з електронним керуванням;
- економайзер примусовою холостого ходу з електронним керуванням;
- електронні системи керування паливоподачею автомобільних дизелів;
- електромеханічні системи впорскування «Jetronik».

За своїм схемотехнічним рішенням електронні системи автоматичного керування двигуном поділяються на три типи:

- аналогові системи на операційних підсилювачах;
- цифрові регулятори, побудовані на елементах середнього ступеня інтеграції;
- мікропроцесорні системи.

Аналогові системи мають істотні недоліки:

- залежність якості регулювання від точності виготовлення елементів;
- залежність електричних параметрів елементів від зовнішніх факторів;
- вузька спеціалізація системи.

Цифрові регулятори складні в конструктивному відношенні, мають малу надійність, не перелаштовуються на інший тип двигуна. Функціональні задачі діагностики мікропроцесорних систем керування автомобілем, а також ідентичність функціональних систем керування та діагностування дозволяє за рахунок сумісного використання загальної апаратури (датчиків, виконавчих механізмів, пристроїв спряження, пристроїв відображення інформації та мікроЕОМ) забезпечити неперервний контроль системи та об'єкта керування як у функціональному, так і в тестовому режимах без використання будьяких спеціалізованих технічних засобів та уникнути тим самим необґрунтованого ускладнення конструкції автомобіля та необхідності розробки додаткового діагностичного обладнання.

Складні технічні системи, які працюють в реальному масштабі часу, повинні бути наділені властивістю відмово безпеки, тобто здатністю частково або повністю компенсувати недоліки звичайних пристроїв.

## **5.2 Завдання до лабораторної роботи**

Уважно прочитати й зрозуміти тему і мету лабораторного заняття. Ознайомитися з наведеною технічною інформацією у даних методичних вказівках та у рекомендованій літературі для даного практичного заняття.

На основі цього одержати уявлення про цілі і характер проведення даної лабораторної роботи. Користуючись підручниками, конспектом лекцій, альбомами, плакатами, інформаційними ресурсами ознайомитися з будовою і принципом роботи електронної системи яка розглядається на даному лабораторному занятті.

*Вивчити:* призначення та технічні вимоги до систем керування двигуном; оботи електронної системи керування бензиновим двигуном; особливості системи керування дизельним двигуном; призначення, будову, принцип дії і конструктивні особливості елементів електронних систем керування; переваги і недоліки різних конструктивних схем; методику виконання технічного обслуговування, діагностування і ремонту систем керування двигуном.

За допомогою діагностичного сканера MaxiDAS DS808, на лабораторному автомобілі кафедри, під керівництвом викладача, для електронної системи, яка вивчається на даному занятті, виконати:

- читання і розшифровку кодів помилок, визначених системою самодіагностики автомобіля і тих що зберігаються в пам'яті блоку управління;
- стирання з пам'яті кодів, але при цьому не усувати причину виникнення помилки;
- розглянути параметри роботи досліджуваної електронної системи автомобіля в реальному масштабі часу;

– при наявності технічної можливості за допомогою сканера MaxiDAS DS808 внести зміни до програми роботи досліджуваної електронної системи автомобіля (в межах своєї компетенції) і технічних можливостей сканера;

– оцінити і зрозуміти характер впливу змінюваних параметрів за допомогою сканера MaxiDAS DS808 на роботу датчиків та виконавчих механізмів досліджуваної електронної системи автомобіля.

У звіті про практичне заняття записати:

– марку і модель автомобіля, тип двигуна, кількість і розташування циліндрів;

– параметри зовнішньої швидкісної характеристики двигуна (максимальні потужність і крутний момент при відповідній кутовій швидкості колінчастою вала);

– назву системи керування та перелік її конструктивних елементів; особливості функціонування та технічного обслуговування системи;

накреслити:

– схему системи керування двигуном;

– робочі характеристики використовуваних в системі датчиків;

– алгоритм роботи електронного блока керування.

### **5.3 Порядок проведення лабораторного заняття**

Ознайомитися з загальною теоретичною частиною практичного заняття. Під час проведення практичного заняття, суворо дотримуючись правил безпеки, під наглядом і загальним керівництвом викладача, на лабораторному автомобілі кафедри за допомогою спеціального обладнання, виконати всі задачі вказані в завданні до лабораторної роботи. Оформити звіт з практичного заняття у відповідності до поставленої мети заняття та згідно вимог щодо звіту.

#### **Контрольні запитання**

1. Призначення та технічні вимоги до систем керування двигуном.
2. Принципові відмінності між системою керування бензиновим і дизельним двигуном.
3. Основні конструктивні складові систем керування.
4. Будова інжектора.
5. Види корекції впорскування палива.
6. Залежність викидів шкідливих речовин від складу горючої суміші.
7. Витратоміри повітря.
8. Датчики температури.
9. Датчики кута відкриття дросельної заслінки.
10. Датчики кута повороту колінчатого вала.
11. Датчик детонації.
12. Датчики якості палива і мастила.
13. Виконавчі механізми електронних систем керування двигуном.

## **Лабораторне заняття №6**

### **ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ**

### **ГОЛОВНОГО ОСВІТЛЕННЯ ФАР АВТОМОБІЛЯ**

**Мета:** вивчити конструкцію та призначення основних частин фар автомобіля, технологію розбирання та складання фар, оцінити технічний стан основних вузлів та елементів досліджуваних фар ближнього і далекого світла автомобіля, ознайомитися з типами ламп, їх характеристиками, конструкціями фар і ліхтарів.

#### **6.1 Теоретичні відомості**

На автомобілях застосовуються двох- і чотирифарні системи головного освітлення. При двофарній системі кожна фара створює дальнє і ближнє світло, що ускладнює конструкцію розсіювача. У чотирифарній системі дві внутрішні фари з однотонними лампами створюють тільки дальнє світло. Інші дві фари, розташовані ближче до площини бокового габариту автомобіля, мають двониткові лампи і забезпечують ближнє світло при зустрічному роз'їзді автомобіля і дальнє, одночасно з внутрішніми фарами при відсутності зустрічного транспорту. Раціональний розподіл ближнього і дальнього світла по окремих фарах дозволяє розрахувати оптичну систему в певному режимі роботи. Однак чотирифарна система має більшу вартість.

Крім обов'язкових фар головного освітлення з дальнім і ближнім світлом на автомобілях можуть бути встановлені протитуманні фари, фари-прожектори і фари робочого освітлення.

Противотуманні фари використовуються при русі в тумані, при великій заповненості повітря і під час снігопаду. Вони відрізняються спеціальним світлорозподілом і низьким співвідношенням до дорожнього полотна. Розсіювання протитуманних фар збільшено в горизонтальній і обмежено у вертикальних площинах. Розсіюючу дію туманного середовища на світловий потік протитуманних фар обмежується завдяки зменшенню довжини шляху світлових променів. Світловий пучок протитуманної фари повинен мати різану світлову межу в горизонтальній площині оптичної осі, щоб не висвітлювати частинки туману і пилу, що знаходяться вище цієї площини.

Технічне обслуговування систем освітлення включає слідуєчі операції:

- перевірку стану освітлювальних ламп та проведення;
- заміну несправних ламп;
- усунення пошкодження ізоляції дротів;
- огляд клем та їх кріплень;
- перевірку цілісності гумових втулок у місцях, де проводи проходять через отвори металевих деталей кузова;
- очищення від пилу та бруду відбивачів та розсіювачів фар та ліхтарів, перевірку їхньої дії;

- періодичне регулювання установки фар.
- Установку фар перевіряють та регулюють на окремому стенді або на лінії технічного обслуговування за допомогою настінного або переносного екрана (рис. 6.1) або спеціальних оптичних приладів.

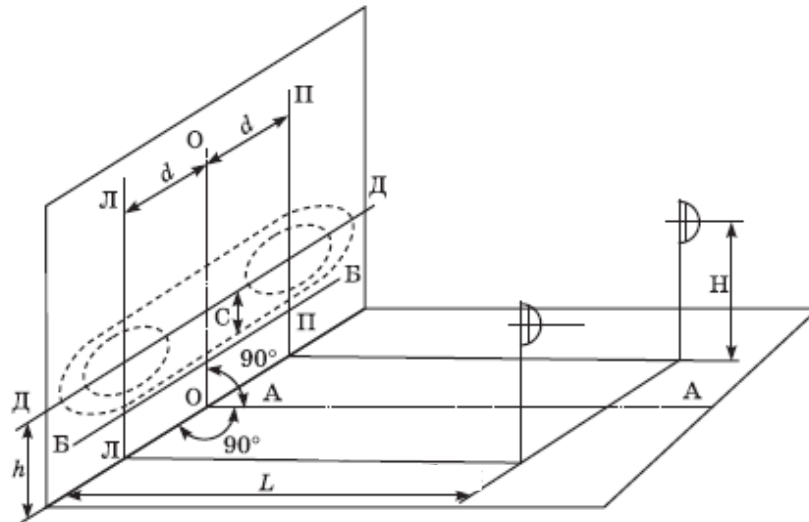


Рисунок 6.1 – Екран для регулювання фар автомобілів

На білому екрані розміром 2,5x1,5 м чорною фарбою наносять горизонтальну лінію Д-Д на висоті  $h$  від площини площадки, на якій встановлений автомобіль та дві вертикальні лінії Л-Л і П-П, віддалені від вертикальної осьової лінії екрана О-О на відстань  $d$ , що дорівнює половині відстані між центрами розсіювачів фар. Величину  $h$  визначають за формулою, яка враховує зниження кута нахилу світлового потоку фар при регулюванні їх на ненавантаженому автомобілі:

$$h = H - 0,014LH, \quad (6.1)$$

де  $H$  – висота центрів розсіювачів фар над майданчиком, на якій встановлений автомобіль, м;  $L$  – відстань від розсіювачів фар до площини екрана, м (вибирають у межах 10...12 м).

Розраховане за формулою (7.1) значення  $h$  забезпечує освітлення щонайменше 2 лк на відстані 100 м.

Нижче лінії Д-Д на відстані  $C$  наносять горизонтальну лінію Б-Б, яка слугує для перевірки ближнього світла фар.

Відстань між лініями Д-Д та Б-Б встановлюється в залежності від відстані  $L$ : для  $L = 10$  м відстань має скласти 0,495 м, для  $L = 12$  м – 0,525 м.

Для регулювання фар ненавантажений автомобіль (у легкових автомобілях водій повинен бути за кермом) з нормальним тиском у шинах встановлюють на рівній горизонтальній площадці підлоги перпендикулярно

площині екрану. При цьому поздовжня вісь автомобіля та лінія А-А повинні розташовуватися в одній вертикальній площині.

При регулюванні знімають у обох фар обідки, вмикають світло і, рухаючи перемикачем, переконуються у справності з'єднань та одночасності загоряння в лампочках ниток ближнього та дальнього світла. Потім праву фару закривають світлонепроникним матеріалом і вмикають дальнє світло. Центр світлової плями овальної форми, що відкидається на екран лівою фарою, при правильній установці повинен збігатися з точкою перетину вертикальної лінії Л-Л та горизонтальної Д-Д. При відхиленні світлової плями від зазначеного положення встановлення фари регулюють залежно від конструкції. Потім таким самим способом перевіряють праву фару автомобіля.

Далі перевіряють розташування світлової плями ближньої світла. Центр світлової плями повинен розташовуватись на пересіченні ліній Б-Б і Л-Л (для лівої фари) і Б-Б і П-П (для правої фари). У разі неправильного розташування світлового плями ближнього світла роблять заміну лампи чи всього оптичного елемента.

## **6.2 Програма роботи**

1. Позааудиторна підготовка до роботи у лабораторії.

1.1. Використовуючи конспекти лекцій, підручники та навчальні посібники, справжні методичні вказівки, а також доступний довідковий матеріал:

– ознайомитися з призначенням фар та ліхтарів автомобіля та принципом їх роботи;

– вивчити пристрій фари автомобіля і призначення її вузлів і елементів;

– ознайомитися з основними технічними характеристиками сучасних ламп автомобіля;

– вивчити технологію розбирання та складання фари головного освітлення.

1.2. У процесі попередньої підготовки до роботи у лабораторії знайти відповіді контрольні питання методичних вказівок.

1.3. Підготувати таблицю оцінки технічного стану вузлів фари за зразком, наведеним у посібнику з виконання лабораторної роботи.

2. Робота у лабораторії.

2.1. Отримати у викладача або чергового лаборанта набір інструментів, необхідних для розбирання та складання досліджуваних фар автомобіля.

2.2. Визначити тип, призначення та основні характеристики фари, призначеної для розбирання.

2.3. Розібрати фару в такій послідовності:












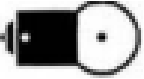
– відвернути три гвинти внутрішнього обода кріплення оптичного елемента;

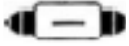
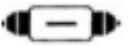

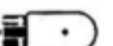


- відвести оптичний елемент;
- звільнити вузол кріплення лампи та вийняти лампу з цоколя.

#### 2.4. Визначити тип лампи та її цоколя.

Позначення ламп наведено в таблиці 6.1

Таблиця 6.1 – Тип цоколя та характеристики ламп

Застосування	Категорія	Напруга, В	Потужність, Вт	Світловий потік, Лм	Тип	Позначення
Дальнє-ближнє світло	R2	6 12 24	45/40 45/40 55/50	600 400-550	P45 t- 41	
Протитуманні фари, додаткові фари, ближнє-дальнє світло для чотирьохфарних авто	H1	6 12 24	55 55 70	1350 1550 1900	P14,5 e	
Дальнє світло, ближнє світло фар у Франції	H2	6 12 24	55 55 70	1300 1800 2150	X511	
Протитуманні фари, додаткові фари	H3	6 12 24	55 55 70	1050 1450 1750	PK22	
Дальнє світло, ближнє світло фар	H4	12 24	60/55 75/70	1650 1000 1900/1200	P43t-38	
Ближнє-дальнє світло для чотирьохфарних авто, протитуманна фара	H7	12	55	1500	PX26d	
Ближнє світло для чотирьох-фарних авто	HВ4	12	55	1100	P22d	
Дальнє світло для чотирьохфарних авто	HВ3	12	60	1900	P20d	
Сигнал гальмування та заднього ходу	P21W PY21 W	6 12 24	21	460	BA 15 s	
Сигнал гальмування	P21/5 W PY21 W	6 12 24	21/5 21/5 21/5	440/35 440/35 440/40	BAY 15 d	
Передній і задній габаритні вогні	R 5 W	6 12 24	5	50	BA 15 s	
Задній габаритний вогонь	R 10W	6 12 24	10	125	BA 15 s	

Лампа підсвітки номерного знаку	C 5W	6 12 24	5	45	SV 8,5	
Лампа заднього ходу	C 21W	12	21	460	SV 8,5	
Передній габаритний вогонь	T 4W	6 12 24	4	35	BA 15 s	
Передній габаритний вогонь, лампа підсвітки номерного знаку	W 5W	6 12 24	5	50	W2.1x9.5d	
Передній габаритний вогонь, лампа підсвітки номерного знаку	W 3W	6 12 24	3	22	W2.1x9.5d	
Ближнє світло для чотирьохфарних авто	DIS	12	35...40	3200	PK32d2	

2.5. Вивчити конструкцію лампоутримувача.

2.6. Накреслити ескізи вузлів лампоутримувача.

2.7. Оцінити технічний стан корпусу фари. Для чого:

– провести візуальний контроль корпусу та сполучних проводів фари автомобіля;

– оглянути лампу фари та перевірити, чи немає нагару на її контактах.

2.8. Оцінити технічний стан оптичного елемента. Для чого:

– перевірити цілісність скла, відсутність тріщин та сколів;

– перевірити у місцях кріплення відсутність задирок та надломів.

2.9. Оцінити технічний стан лампи фари. Для чого:

– візуально перевірити цілісність нитки розжарювання.

– перевірити працездатність лампи, для чого протестувати за допомогою омметра нитку розжарювання.

– перевірити замикання цоколя лампи на корпус. Для цього виміряти омметром опір між цоколем і корпусом - воно має бути не менше 10 кОм.

2.10. Результати оцінки технічного стану вузлів та елементів фари занести до таблиці 6.2 (згідно з наведеним зразком), і зробити висновок.

Таблиця 6.2 – Оцінка технічного стану вузлів та елементів фари

№ п/п	Найменування	Опис технічного стану вузла чи елемента	Висновок
1	Оптичний елемент	Робоча поверхня рівна, не має слідів чорноти та сколів	Придатний для подальшої експлуатації
2	Корпус фари	...	...
3	Лампа	...	...

2.11. Зібрати фару та провести її візуальний огляд.

3. За результатами виконаної роботи зробити узагальнені висновки та оформити звіт.

### **Контрольні запитання**

1. Яке призначення фар автомобіля?
2. Що таке фокусна відстань відбивача фари?
3. Яке призначення відбивача, екрану, лінзи, і яку функцію виконує цей вузол?
4. Що таке однофокусні і багатофокусні відбивачі?
5. Основні характеристики ламп.
6. Які фактори зумовлюють вибір конструкції фар ближнього і дальнього світла автомобіля?
7. Специфіка технічного обслуговування головного освітлення фар автомобіля.

### **Лабораторне заняття №7**

## **ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ КОНТРОЛЬНО-ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛЯ З ВИБОРОМ ТА РОЗРАХУНКОМ ДІАГНОСТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ**

**Мета:** ознайомитися з призначенням і структурою інформаційних контрольно-діагностичних систем (ІКДС) сучасного автомобіля, вивчити основні методи технічного обслуговування та діагностики електронних систем автомобіля, навчитися обирати діагностичне обладнання відповідно до параметрів електронних систем.

### **7.1 Теоретичні відомості**

Інформаційні контрольно-діагностичні системи автомобіля призначені для моніторингу технічного стану, виявлення несправностей та інформування водія або сервісного персоналу про відхилення в роботі електронних і електромеханічних вузлів.

Автомобільна ІКДС є складовою частиною сучасного автомобіля і призначена для збирання, обробки, зберігання та відображення інформації про режим руху і технічний стан автомобіля, а також про навколишні зовнішні фактори. В інформаційну систему входять декілька підсистем, включаючи бортові засоби діагностування, навігаційну систему, систему зв'язку автомобіль – дорога, цифровий аудіота відеокomплекc, систему передачі термінової інформації водію по радіо.

На бортовий комп'ютер поступають також сигнали від компаса, датчика обертання коліс, датчика положення керма та багатьох інших. Сучасні інформаційні системи водія з їх широкими можливостями усе частіше називають телепатичними (утворено від слів телекомунікації та

інформатика). Телематичні системи – це пристрої для обміну інформацією між системами автомобіля, водієм та навколишнім світом: бортовий комп'ютер, навігаційна система, засоби зв'язку та моніторингу і т.д. Електронні блоки керуванні агрегатами автомобіля (двигун, трансмісія, гальма з АБС та інші) видають інформацію системам телематики по шинах даних, наприклад через бортовий контролер CAN та автомобільну мультиплексну систему зв'язку.

З 2010 року практично всі автомобілі мають мінімальний пакет телематики. Вбудовані засоби діагностування контролюють технічний стан агрегатів, вузлів і автомобіля в цілому. В результаті формуються рекомендації щодо продовження роботи автомобіля на лінії або постановлення його на технічне обслуговування і поточний ремонт, виконання дрібного ремонту самим водієм в межах щоденного обслуговування. Вбудовані засоби діагностування підрозділяються на:

- системи датчиків і контрольних точок, які забезпечують виведення сигналів на зовнішні засоби діагностування;
- бортові системи контролю для допускового контролю параметрів функціонування і технічного стану з виведенням результатів тільки на дисплеї в кабіні водія;
- автономні вбудовані засоби, які можуть також комплексно працювати зі стаціонарними інформаційними центрами керування.

До складу ІКДС входять:

- електронні блоки керування (ECU);
- датчики (температури, тиску, положення, швидкості тощо);
- виконавчі механізми;
- комунікаційні шини (CAN, LIN, FlexRay);
- інтерфейси діагностики (OBD-II, UDS).

Функціонування КДС базується на:

- безперервному зборі сигналів з датчиків;
- аналізі параметрів ECU у реальному часі;
- порівнянні значень з еталонними;
- формуванні кодів несправностей (DTC);
- передачі діагностичної інформації через стандартні інтерфейси.

Сучасні системи підтримують On-Board Diagnostics (OBD-II) та розширені протоколи UDS (ISO 14229), що дозволяє здійснювати глибоку діагностику.

Технічне обслуговування КДС включає:

- перевірку працездатності датчиків;
- контроль цілісності електропроводки та роз'ємів;
- зчитування та аналіз кодів помилок;
- перевірку сигналів на шинах CAN/LIN;

- оновлення програмного забезпечення ECU (калібрування, прошивки).

Регламентне ТО дозволяє зменшити кількість відмов та підвищити надійність електронних систем автомобіля.

До основного діагностичного обладнання належать:

- OBD-II сканери;
- автомобільні осцилографи;
- мультиметри;
- CAN-аналізатори;
- стенди для перевірки ECU.

Вибір та розрахунок діагностичного обладнання.

Для діагностики електронних систем легкового автомобіля обираємо:

- OBD-II сканер з підтримкою CAN (ISO 15765);
- цифровий мультиметр;
- двоканальний автомобільний осцилограф.

Розрахунок параметрів та вибір мультиметра.

Очікувані параметри сигналів:

- напруга датчиків: 0...5 В;
- напруга бортової мережі: 12...14,4 В;
- струм кіл: до 10 А.

Вимоги до мультиметра:

- діапазон вимірювання напруги  $\geq 20$  В;
- точність не гірше  $\pm (0,5...1) \%$ ;
- клас безпеки CAT III.

Вибір осцилографа

Сигнали CAN-шини:

- амплітуда:  $\sim 2,5...3,5$  В;
- швидкість: до 1 Мбіт/с.

Мінімальна смуга пропускання осцилографа:

$$f_{min} \geq 5 \cdot f_{signal}$$

$$f_{min} \geq 5 \cdot 1 \text{ МГц} = 5 \text{ МГц}$$

Отже, обирається електронний осцилограф зі смугою пропускання не менше 20 МГц.

## 7.2 Завдання на роботу

1. Описати структуру інформаційної контрольно-діагностичної системи автомобіля.
2. Навести приклади основних датчиків та їх параметрів.
3. Обґрунтувати вибір OBD-II сканера для сучасного автомобіля.
4. Виконати розрахунок мінімальної смуги пропускання осцилографа для CAN-шини.

5. Зробити висновки щодо ефективності технічного обслуговування ІКДС.

### **Контрольні запитання**

1. Яке призначення інформаційних контрольно-діагностичних систем автомобіля?
2. Що таке OBD-II та які функції він виконує?
3. Які основні протоколи обміну даними використовуються в автомобільних мережах?
4. Які параметри необхідно враховувати при виборі діагностичного осцилографа?
5. Чим відрізняється поточна та глибинна діагностика ECU?
6. Які типові несправності виявляються контрольно-діагностичними системами?

## Список використаної літератури

1. Артюх О. М., Дударенко О. В., Кузьмін В. В. та ін. Електронні системи керування транспортними засобами : навч. посіб. / Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. 556 с.
2. Мигаль В.Д., Корогодський В.А., Воронков О.І., Нікітченко І.М. Практичні основи діагностування автомобільних двигунів. Навчальний посібник. Харків, ХНАДУ, 2021. 412 с.
3. Nam Kwang Hee. AC motor control and electrical vehicle applications. Boca Raton, FL : CRC Press, 2021. 575 p.
4. Xiong Rui, Welxiang Shen. Advanced battery management technologies for electric vehicles. West Sussex, UK : John Wiley & Sons Ltd., 2022. 390 p.
5. Zhongjing Ma. Decentralized charging coordination of large-scale plug-in electric vehicles in power systems. Cham, Switzerland : Springer Nature, 2020. 252 p.
6. Бевз О.В., Магопець С.О., Красота М.В., Осін Р.А., Шепеленко І.В.. «Новітні методи та технології експлуатації автомобілів». Методичні вказівки до виконання практичних робіт для магістрантів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт». Кропивницький: ЦНТУ, 2023. 31 с.
7. Чернета О.Г. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня денної та заочної форми навчання за напрямом 274 «Автомобільний транспорт». Кам'янське, ДДТУ, 2024. 53 с.

Т-38

Технічне обслуговування електронних систем автомобілів.  
Методичні вказівки до лабораторних занять для здобувачів  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми  
«Автомобільна електроніка» галузі знань 17 (G5) Електроніка,  
автоматизація та електронні комунікації спеціальності 171  
Електроніка (Електроніка, електронні комунікації,  
приладобудування та радіотехніка) денної та заочної форм  
навчання / уклад. В.В. Лишук. Луцьк: ЛНТУ, 2026. 44 с.

Комп'ютерний набір  
Редактор

В.В.Лишук  
В.В.Лишук

Підп. до друку “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2025 р.  
Формат 60x84/16.  
Папір офс. Гарн. Таймс.  
Ум. друк. арк.2,75. Обл. – вид. арк.2,5.  
Тираж \_\_\_ прим. Зам. \_\_\_\_\_.

Відділ іміджу та промоції  
Луцького національного технічного університету  
43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75  
Друк – ВІП Луцького НТУ