

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ  
ІМЕНІ ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: **„ Досліджень надійності автомобілів-тягачів Mercedes-Benz Actros Is 1844”**

Виконав: студент 6 курсу групи Ат-61  
Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”  
(шифр і назва)

Деріглазов Павло Юрійович  
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Василь РИС  
(Прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доц. Мирон МАГАЦ  
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**  
**ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ**  
**ТЕХНОЛОГІЙ**  
**КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ**  
**ІМЕНІ ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

к.т.н., доцент Андрій ШАРИБУРА  
“ 12 ” вересня 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я**

на кваліфікаційну роботу студенту  
Деріглазову Павлу Юрійовичу

1. Тема роботи: **„ Досліджень надійності автомобілів-тягачів Mercedes-Benz Actros ls 1844”**

Керівник роботи: Рис Василь Іванович, к.т.н., доц.

Затверджена наказом по університету 12.09.2024 року № 616/К-С

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 05.12.2024 року.

3. Вихідні дані: Науково-технічна література з питань надійності автомобілів. Показники стану охорони праці в базовому підприємстві.

4. Перелік питань, які необхідно розробити

Вступ

1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНІВ РОЗПОДІЛУ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ

3. АНАЛІЗ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛІВ-ТЯГАЧІВ MERCEDES-BENZ ACTROS LS 1844

4. ВИКОРИСТАННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ПОРУШЕНЬ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ АВТОМОБІЛІВ ПІД ЧАС ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

5. ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ  
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ДОДАТКИ

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 4	Рис В.І. к.т.н., доц. кафедри агроінженерії та технічного сервісу імені професора Олександра Семковича			
5	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 12.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	Написання розділу: «Аналіз стану питання досліджень»	12.09.24-15.09.24	
2.	Виконання розділу «Теоретичні дослідження законів розподілу випадкових процесів»	16.09.24-01.10.24	
3.	Виконання розділу «Аналіз експериментальних досліджень надійності автомобілів-тягачів mercedes-benz actros ls 1844»	15.10.24-30.10.24	
4.	Написання розділу: «Використання закономірностей порушень працездатності автомобілів під час їх експлуатації»	02.10.24-14.11.24	
5.	Написання розділу: «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	15.11.24-24.11.24	
6.	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки	25.11.24-30.11.24	
7.	Завершення роботи в цілому	01.12.24-5.12.24	

Студент \_\_\_\_\_ Павло ДЕРІГЛАЗОВ  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Василь РИС

## АНОТАЦІЯ

Магістерська робота: 49 с. текст. част., 28 рис., 3 табл., 26 джерел.

Досліджень надійності автомобілів-тягачів Mercedes-Benz Actros Ls 1844

Деріглазов П.Ю. Кафедра АТС ім. проф. Олександра Семковича. – Дубляни, Львівський НУП, 2024.

У цій роботі досліджується надійність автомобілів-тягачів Mercedes-Benz Actros LS 1844, які є одним із провідних представників сучасного автопарку для перевезення вантажів. Основна увага приділяється аналізу експлуатаційних характеристик, частоти та причин відмов окремих вузлів і агрегатів, а також оцінці впливу технічного обслуговування на довговічність транспортного засобу.

Робота включає статистичний аналіз даних про відмови, зібраних під час реальної експлуатації, і розробку рекомендацій для підвищення надійності роботи тягачів. У дослідженні також враховано специфіку використання автомобілів у різних кліматичних і дорожніх умовах, що дозволяє адаптувати підхід до оптимізації обслуговування в залежності від регіону експлуатації.

Результати дослідження можуть бути використані як автовиробниками, так і транспортними компаніями для зниження експлуатаційних витрат, підвищення ефективності автопарків і забезпечення безпеки перевезень.

Проаналізовано умови праці, побуту і профілактики травматизму у підприємстві, розроблено логіко-імітаційноу модель травм на виробництві.

## ЗМІСТ

ЗМІСТ .....	4
ВСТУП.....	6
1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	8
1.1 Основні поняття надійності.....	8
1.2 Об'єкт дослідження .....	9
1.3 Закономірності опису технічного стану автомобілів .....	12
Висновки до розділу 1 .....	14
2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНІВ РОЗПОДІЛУ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ .....	16
2.1 Нормальний закон розподілу .....	17
2.2 Закон розподілу Вейбулла-Гнеденко .....	18
2.3 Експоненційний закон розподілу .....	21
Висновки до розділу 2 .....	23
3. АНАЛІЗ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛІВ-ТЯГАЧІВ MERCEDES-BENZ ACTROS LS 1844 .....	24
3.1 Статистичні дослідження та аналіз відмов блоків і систем.....	28
3.1.1 Двигун внутрішнього згоряння .....	28
3.1.2 Трансмісія автомобіля .....	29
3.1.3 Рульове керування .....	31
3.1.4 Ходова частина автомобіля.....	32
3.1.5. Електро- та електронне обладнання .....	33
3.1.6 Гальмівна система .....	34
3.1.7 Інші несправності автомобілів .....	35
Висновки до розділу 3 .....	35

4. ВИКОРИСТАННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ПОРУШЕНЬ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ АВТОМОБІЛІВ ПІД ЧАС ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ .....	36
4.1 Аналіз закономірностей порушень працездатності автомобілів.....	36
4.2 Визначити зручність зберігання запчастин на складі автосервісного підприємства .....	37
4.3 Розробка планувальних рішень придорожного автосервісу .....	39
Висновок до розділу 4 .....	40
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	35
5.1. Положення охорони праці на ремонтних підприємствах .....	35
5.3. Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм .....	40
5.4. Безпека в надзвичайних ситуаціях .....	42
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	46
ДОДАТКИ.....	49

## ВСТУП

Автомобільна техніка відіграє ключову роль у забезпеченні логістичних процесів сучасного суспільства. Одним із важливих елементів автомобільного транспорту є тягачі, які забезпечують перевезення значних обсягів вантажів на великі відстані. Серед багатьох моделей, представлених на ринку, автомобілі-тягачі Mercedes-Benz Actros LS 1844 заслужили визнання завдяки своїй потужності, технологічності та ефективності. Однак, як і будь-яка складна технічна система, ці транспортні засоби потребують ретельного дослідження надійності для забезпечення їх безперебійної експлуатації та зниження експлуатаційних витрат.

**Актуальність.** Під час перевезення вантажів на великі відстані автомобілі піддаються інтенсивній експлуатації, що призводить до накопичення значного пробігу, скорочення ресурсу їх агрегатів і виникнення несправностей. Розуміння закономірностей виникнення цих відмов дозволяє скоротити час простою транспортних засобів у зоні технічного обслуговування. У зв'язку з цим особливо важливо впроваджувати сучасні схеми обслуговування вантажного автотранспорту. У роботі запропоновано концепцію придорожньої сервісної станції для автопоїздів, що дозволить усувати несправності без повернення автомобіля до місця базування. Такий підхід забезпечить зростання пробігу автомобілів, а також створить сприятливі умови для залучення міжнародних перевізників до використання цієї сервісної системи.

**Мета.** Метою дослідження є підвищення ефективності та економічності експлуатації автопоїздів шляхом забезпечення їхнього належного технічного стану. Для цього передбачено аналіз закономірностей виникнення несправностей і розробку концепції автосервісних підприємств уздовж основних транспортних коридорів.

**Завдання наукової роботи.** На основі визначеної мети поставлено такі завдання:

- здійснити аналіз характерних несправностей і відмов агрегатів та вузлів автомобільного тягача Mercedes-Benz Actros LS 1844, а також виявити закономірності їх розподілу;
- дослідити сучасний стан інвестицій у розвиток придорожніх автосервісних станцій в Україні;
- визначити шляхи оптимізації складу запасних частин і матеріально-технічної бази СТО;
- розробити планувальне рішення для придорожніх автосервісних комплексів.

**Методи.** У ході дослідження застосовувалися методи статистичного аналізу, порівняння, узагальнення, синтезу та моделювання.



# 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

## 1.1 Основні поняття надійності

Виявлення і використання резервів підвищення надійності автомобілів, має величезне господарське значення.

Надійність є однією з ключових характеристик технічних систем, яка визначає їх здатність виконувати задані функції впродовж певного часу в заданих умовах експлуатації. У контексті автомобільної техніки, зокрема тягачів Mercedes-Benz Actros LS 1844, надійність набуває особливого значення, оскільки від неї залежить безперебійність транспортного процесу, витрати на обслуговування та ремонт, а також загальна ефективність перевезень [9,19].

Надійність автомобілів характеризується їх безвідмовністю, довговічністю, ремонтпридатністю і збереженістю в регламентованих умовах експлуатації, технічного обслуговування, поточного і капітального ремонту, зберігання і транспортування [3,4,7].

Безвідмовність – це властивість системи зберігати працездатність без виникнення відмов упродовж певного часу або після виконання заданого обсягу роботи. Для автомобілів-тягачів безвідмовність є критичною характеристикою, оскільки вона впливає на час виконання транспортних завдань і витрати, пов'язані з простоем.

Довговічність – здатність системи зберігати працездатність до настання граничного стану за умови дотримання правил експлуатації. Граничний стан визначається технічними, економічними або експлуатаційними міркуваннями, наприклад, вичерпанням ресурсу основних агрегатів.

Ремонтпридатність – властивість системи, що визначає її здатність до відновлення працездатності шляхом проведення технічного обслуговування або ремонту. У сучасних тягачах ремонтпридатність забезпечується конструктивними рішеннями, доступністю запасних частин і рівнем кваліфікації персоналу.

Збережуваність – здатність системи зберігати свої характеристики у заданих умовах зберігання та транспортування. Для автотранспортної техніки

це означає мінімізацію деградації матеріалів та компонентів у неробочому стані.

Для кількісної оцінки надійності застосовуються такі показники:

Середній час безвідмовної роботи (MTBF) – середній час, протягом якого система працює без відмов.

Інтенсивність відмов – імовірність виникнення відмови за одиницю часу.

Коефіцієнт готовності – відношення часу, коли система перебуває в працездатному стані, до загального часу експлуатації.

Надійність автомобіля залежить від низки чинників, серед яких:

якість виготовлення та складання;

відповідність умов експлуатації рекомендаціям виробника;

періодичність і якість проведення технічного обслуговування;

конструктивні особливості та використані матеріали.

Таким чином, надійність автомобільного тягача Mercedes-Benz Actros LS 1844 є багатогранною характеристикою, яка визначається поєднанням безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності та збережуваності. Її дослідження дозволяє визначити шляхи оптимізації експлуатаційних процесів, скоротити витрати на обслуговування та підвищити ефективність роботи автопарку.

## **1.2 Об'єкт дослідження**

Об'єктом дослідження є автомобіль-тягач Mercedes-Benz Actros 1844 LS – одна з найпопулярніших моделей європейських тягачів, що активно експлуатуються на вітчизняних дорогах. За роки використання цього автомобіля було накопичено значний обсяг статистичних даних щодо його технічного стану, які дозволяють зробити висновки про сильні та слабкі сторони моделі.

З моменту своєї появи у 1996 році Mercedes-Benz Actros відзначився складністю електричної системи, яка значно відрізнялася від систем попередніх моделей. Ця особливість спершу викликала занепокоєння серед механіків, оскільки електросхема стала суттєво складнішою. Окрім того, перші випуски

**Actros** мали певні проблеми з надійністю електроніки, що вплинуло на формування репутації моделі як менш надійної порівняно з іншими тягачами.

Модель Mercedes-Benz Actros 1844 LS (рис. 1.1) є сучасним сідловим тягачем, який належить до серії Actros, відомої своєю економічністю, комфортом і технологічними рішеннями. Автомобіль широко застосовується як для далеких перевезень, так і для регіональних маршрутів. До його основних характеристик належать висока вантажопідйомність, паливна ефективність і вдосконалені системи безпеки, що робить його одним із найпопулярніших виборів у сфері транспортних перевезень.



Рисунок 1.1 – Mercedes-Benz Actros 1844 LS

Основні технічні параметри:

1. Двигун:
  - Тип: Дизельний.
  - Робочий об'єм: 12 літрів (OM 501 LA).

- Потужність: 435 кінських сил (320 кВт).
- Максимальний обертовий момент: близько 2100 Н·м.
- Відповідність екологічним стандартам: Євро-5 (можливі варіанти Євро-3 або Євро-4 залежно від модифікації).

2. Трансмісія:

- Тип: Автоматизована коробка передач Mercedes PowerShift (12-ступенева).

- Привід: Задній.

3. Паливна система:

- Система впорскування: Common Rail.
- Середня витрата пального: від 30 до 35 літрів на 100 км (залежить від навантаження і умов експлуатації).

4. Шасі та підвіска:

- Колісна формула: 4x2.
- Передня підвіска: ресорна.
- Задня підвіска: пневматична (Air Suspended Axle), що забезпечує плавність руху навіть при великих навантаженнях.

5. Кабіна:

- Простора кабіна з високим рівнем комфорту.
- Комплектація включає спальне місце, клімат-контроль, ергономічну панель приладів і якісну шумоізоляцію.

- Наявність системи навігації та мультимедіа (у варіанті з розширеною комплектацією).

6. Вантажопідйомність та експлуатаційні характеристики:

- Максимальна повна маса автопоїзда: 44 тонни.
- Висока маневреність завдяки вдосконаленій системі рульового керування.

Додаткові можливості:

- Системи безпеки:
  - ABS (антиблокувальна система).
  - ASR (система проти пробуксовки).

- Електронна система стабілізації руху (ESP).
- Система допомоги при старті на схилі.
- Економічність:
  - Низька витрата пального завдяки інтелектуальній трансмісії та аеродинамічному дизайну.
  - Тривалі міжсервісні інтервали (до 120 000 км залежно від умов експлуатації).

Mercedes-Benz Actros 1844 LS є оптимальним вибором для перевізників, які шукають баланс між економічністю, продуктивністю та комфортом водія. Цей автомобіль забезпечує надійну роботу в різних умовах і є одним із найпопулярніших моделей у своєму класі.

### **1.3 Закономірності опису технічного стану автомобілів**

Автомобіль – це складна система, яка містить велику кількість деталей, виготовлених з різних матеріалів з різним призначенням і робочим ресурсом, тому відбувається певний процес зміни технологічного стану.

З кожним роком збільшується кількість автомобільних перевезень, збільшується швидкість і інтенсивність руху, вимоги до надійності автотранспорту стають все більш високими, оскільки несправні автомобілі є джерелом дорожньо-транспортних пригод.

Інтервали його технічного обслуговування та ремонту залежать від інтенсивності зміни характеристик агрегатів, вузлів і деталей автомобіля. Розуміння закономірностей зміни технічного стану деталей вашого автомобіля може допомогти вам запобігти їх поломці. Процеси, що відбуваються в техніці, можна розділити на дві великі категорії: процеси, що описуються функціональними залежностями, і стохастичні або імовірнісні (стохастичні) процеси [16,21,24,25].

Імовірнісні процеси відбуваються під впливом багатьох змінних, наслідки яких часто невідомі. Тому результат імовірнісного процесу може приймати різні кількісні значення і називається випадковою величиною. Наприклад, напрацювання автомобіля або пристрою є випадковою величиною, яка

залежить від багатьох факторів: початкової якості матеріалу деталі; якості складання автомобіля, агрегатів, механічних пристроїв ;якість технічного обслуговування та ремонту;кваліфікація персоналу;якість використовуваних матеріалів тощо.

До найважливіших закономірностей технічних операцій відносяться: зміни технічного стану автомобіля, агрегату, деталі напруцювання автомобіля (напруцювання або пробіг); виконання технічної операції, наприклад, тривалість профілактичних робіт, загальна кількість забракованих вагонів;

У більшості автомобілів процес зміни технічних умов за пробігом має плавний, монотонний характер. При цьому природа залежності може бути різною. Проведені дослідження та накопичений досвід показують, що при поступовому виході з ладу зміни параметрів технічного стану добре аналітично описуються двома типами функцій: повністю раціональними функціями  $n$ -го порядку.

$$Y=a_0+a_1l+a_2l^2+a_3l^3+\dots+a_nl^n, \quad (1.1)$$

де  $a_0$  - початкове значення параметра технічного стану;

$l$  - напруцювання, тобто пробіг або час роботи;

$a_1, a_2, \dots, a_n$ , - коефіцієнти, що визначають характер залежності  $y$ , або степеневою функцією

$$Y=a_0+a_1l^b, \quad (1.2)$$

де  $a_1$  і  $b$  - коефіцієнти, що визначають інтенсивність і характер зміни параметра технічного стану.

Закономірність зміни технічного стану визначає середній час роботи деталі, механізму або вузла до досягнення граничного стану.

Під впливом різних факторів інтенсивність і характер зміни параметрів технічного стану різних виробів (автомобілів) будуть відрізнятися. Отже, якщо значення параметра фіксоване, наприклад рівень  $Y_d$ , момент досягнення різними продуктами цього стану  $lp$  буде різним  $lp_1, lp_2, \dots, lp_n$ , тобто накопичення відмов буде випадковою величиною і змінити. Тут виникає питання, як

встановити моменти контролю та обслуговування продукції?

Рішення цієї проблеми багато в чому залежить від змін випадкових величин.

Характеристики випадкової величини  $x$  [1,6,11,26]:

математичне очікування

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n-1} \quad (1.3)$$

середньоквадратичне відхилення

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (1.4)$$

Дисперсія

$$D = \sigma^2 \quad (1.5)$$

коефіцієнт варіації

$$v_x = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (1.6)$$

Якщо випадковою величиною є тривалість будь-якої операції з технічного обслуговування або ремонту (яка також є випадковою величиною), то вираз  $P(x_i > X\gamma) = F(x) = 1 - \gamma$  означає, що в  $(1 - \gamma)$  випадках це операція буде виконана за час, менший за  $X\gamma$ , а у випадку  $\gamma$  потрібен час, більший за  $X\gamma$ .

Диференціальну функцію розподілу  $f(x)$  іноді називають законом розподілу випадкової величини. Розуміння розподілу випадкових величин дозволяє точніше планувати терміни і трудомісткість робіт з обслуговування і ремонту, визначати кількість необхідних запасних частин, вирішувати інші технічні та організаційні завдання [1,6,11,26].

### Висновки до розділу 1

У більшості автомобілів зміна технічного стану з часом має плавний і поступовий характер, що зазвичай призводить до поступового виникнення відмов. Однак залежність технічного стану від пробігу може мати різний

характер залежно від умов експлуатації, конструктивних особливостей та інших факторів.

Основним завданням є вивчення та аналіз основних законів розподілу випадкових величин, які характеризують надійність автомобілів, і визначення способів їх застосування для оптимізації експлуатаційних процесів. Розуміння цих закономірностей дозволить краще прогнозувати відмови, знижувати витрати на технічне обслуговування та підвищувати ефективність використання транспортних засобів.

1. Закономірності змін технічного стану: Дослідження показують, що технічний стан автомобілів змінюється відповідно до певних закономірностей, які залежно від умов експлуатації можуть бути як плавними, так і різкими. Ці закономірності мають критичне значення для прогнозування часу відмов і планування технічного обслуговування.

2. Роль випадкових величин: Розподіл випадкових величин, таких як час до відмови чи інтенсивність відмов, є важливим інструментом для аналізу надійності автомобілів. Найпоширенішими законами розподілу в таких випадках є експоненціальний, нормальний і Вейбуллів розподіли.

3. Практичне застосування: Знання основних законів розподілу дозволяє прогнозувати відмови і оптимізувати процеси технічного обслуговування. Це дозволяє скоротити час простою автомобілів, зменшити витрати на ремонт і покращити загальну ефективність експлуатації автопарку.

4. Перспективи подальших досліджень: Вивчення закономірностей розподілу випадкових величин в контексті надійності автомобілів відкриває можливості для розробки нових методів діагностики та вдосконалення системи управління технічним станом транспортних засобів.

Загалом, дослідження законів розподілу та їхнього впливу на надійність автомобілів є важливим кроком для підвищення ефективності транспортної системи та зниження витрат на її обслуговування.



## 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНІВ РОЗПОДІЛУ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ

При дослідженні надійності та оцінці технічного стану машин широко застосовуються різноманітні статистичні моделі, які описують закони розподілу випадкових величин [2-4,7]. Використання таких моделей дає змогу визначати закономірності виникнення відмов, прогнозувати технічний стан об'єктів у майбутньому та планувати заходи з технічного обслуговування й ремонту.

Закони розподілу випадкових величин, які застосовуються для аналізу надійності технічних систем, залежать від характеру об'єкта, умов його експлуатації та конструктивних особливостей. Основними серед них є:

1. Нормальний закон розподілу (закон Гауса): Використовується для опису розподілу випадкових величин, які залежать від сукупності багатьох незалежних факторів. Цей закон характерний для систем із поступовим зношенням, де ймовірність виникнення відмов збільшується ближче до завершення експлуатаційного ресурсу. Нормальний закон широко застосовується в оцінці довговічності та ремонтпридатності технічних систем.

2. Закон розподілу Вейбулла: Даний закон є універсальним і охоплює широкий спектр можливих сценаріїв змін технічного стану машин. Він використовується для опису як поступових, так і раптових відмов. Завдяки гнучкості параметрів, цей розподіл дозволяє адаптувати модель під різні типи технічних систем і умов експлуатації.

3. Експоненційний закон розподілу: Цей закон застосовується до систем, відмови яких є випадковими і не залежать від їхнього попереднього стану. Експоненційний розподіл є характерним для технічних систем у період нормальної експлуатації, коли інтенсивність відмов залишається постійною.

Окрім зазначених, у дослідженнях надійності іноді застосовуються й інші статистичні моделі, наприклад:

- Логнормальний розподіл, який використовується для аналізу часів відмов у складних системах із тривалим перехідним процесом.

- Гамма-розподіл, що підходить для опису сукупності взаємопов'язаних відмов.

Закони розподілу випадкових величин дозволяють:

- Оцінити ймовірність відмови окремих компонентів і систем у різні періоди експлуатації.
- Оптимізувати графіки технічного обслуговування для мінімізації часу простою і витрат.
- Покращити конструктивні рішення шляхом аналізу надійності окремих вузлів.

Використання цих моделей є важливим інструментом для інженерів і технічних спеціалістів, які займаються прогнозуванням і управлінням надійністю технічних систем, таких як автомобільні тягачі.

## 2.1 Нормальний закон розподілу

Нормальний закон розподілу виникає тоді, коли на досліджуваний процес і його результат впливає значна кількість незалежних факторів, кожен з яких окремо має невеликий вплив у порівнянні з сукупним впливом усіх інших (рис. 2.1). Наприклад, тривалість напрацювання до проведення технічного обслуговування складається з багатьох (десяти і більше) окремих пробігів, які можуть відрізнятися між собою. Однак вплив кожного окремого пробігу на загальну тривалість напрацювання є незначним, тому періодичність технічного обслуговування підпорядковується нормальному закону розподілу, який описується такою залежністю [2-4,7, 26]:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} \quad (2.1)$$

$$R(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2a^2}} dx \quad (2.2)$$

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \int_x^{\infty} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2a^2}} dx \quad (2.3)$$

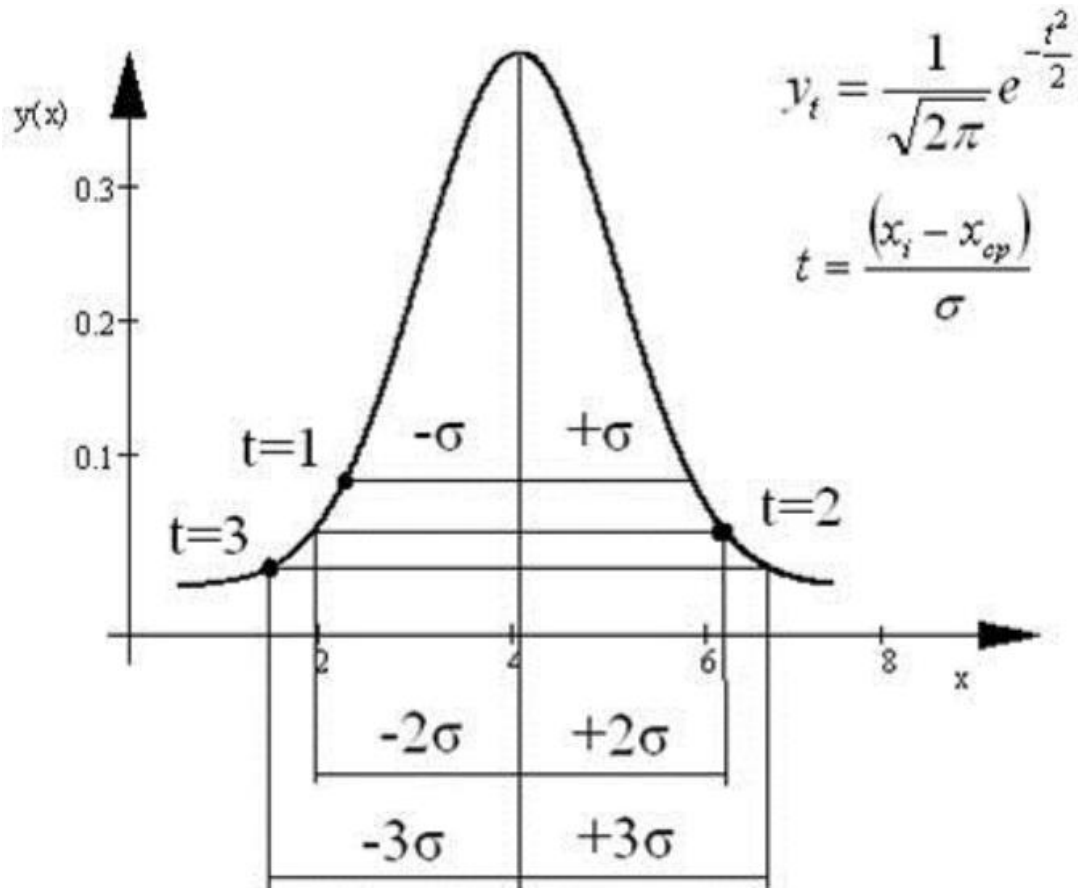


Рисунок 2.1 – Нормальний закон розподілу

Для регулярних законів у розрахунках часто використовують поняття нормованої функції  $\Phi(z)$ , для якої береться нова випадкова величина  $z = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$  при  $x = \bar{x} + z\sigma$  :

$$\varphi(z) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\bar{x}+z\sigma} e^{-\frac{z^2}{2}} d(\bar{x} + z\sigma) = \int_{-\infty}^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz . \quad (2.4)$$

## 2.2 Закон розподілу Вейбулла-Гнеденко

Ця закономірність проявляється в так званій моделі «слабкої ланки». Якщо система складається з набору незалежних елементів, де відмова або несправність кожного елемента призводить до відмови всієї системи, то ймовірність її безвідмовної роботи визначається граничним розподілом крайніх членів послідовності як самостійні величини (рис. 2.2).

Тому в цій моделі розподіл часу (або пробігу) досягнення системою граничного стану вважається розподілом мінімального значення  $x_i$ , що

відповідає кожному елементу:  $x_c = \min(x_1, x_2, \dots, x_n)$ . Функцію розподілу величини  $x_c$  можна виразити наступним співвідношенням:  $F_n(x) = P(x_c < x) = 1 - P(x_1 \geq x, x_2 \geq x, \dots, x_n \geq x)$ .

Прикладом використання розподілу Вейбулла-Гнеденка є розподіл ресурсів або інтенсивність зміни параметрів технічного стану виробів, установ, частин, що складаються з багатьох елементів.

Наприклад, ресурс підшипника кочення обмежений одним із його елементів (кулька або ролик, певна частина сепаратора тощо), який описується заданим розподілом.

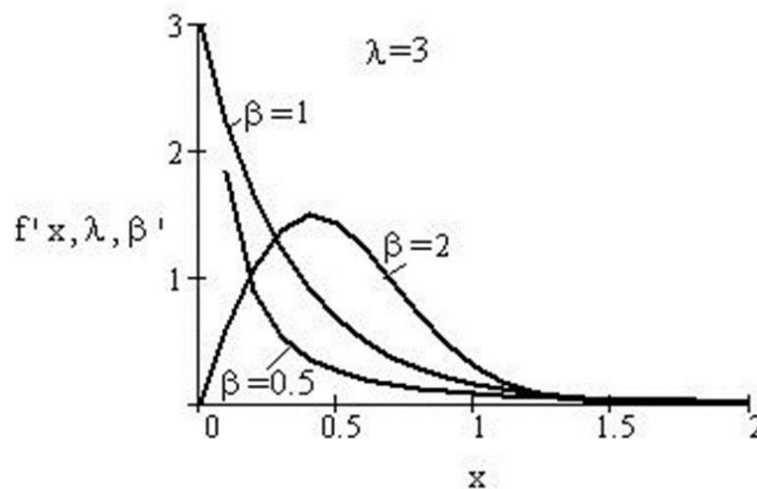


Рисунок 2.2 – Закон розподілу Вейбулла-Гнеденко

Випадкова величина  $\zeta$  має нормальний розподіл з параметрами  $(m, \sigma^2)$ , якщо

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}, \quad x \in (-\infty, \infty). \quad (2.5)$$

На додаток до наведеного вище представлення щільності нормального розподілу також використовується наступне [2-4,7]:

$$f(x) = \frac{\rho}{\sqrt{\pi E}} \exp\left\{-\frac{\rho^2 (x-m)^2}{E^2}\right\}, \quad (2.6)$$

де  $\rho=0,4769$  є рішенням рівняння.

$$\int_0^{\rho} e^{-x^2/2} dx = \sqrt{\pi}, \quad (2.7)$$

а  $E = \rho\sqrt{2\sigma}$  визначення зі співвідношення

$$P(|\xi - m| \leq E) = P(|\xi - m| > E) = 0.5 \quad .$$

і називається серединним (або імовірнісним) відхиленням

Характеристична функція:

$$\varphi(t) = \exp\left\{imt - \frac{t^2\sigma^2}{2}\right\}. \quad (2.8)$$

Моменти:

$$\mu_{2k+1} = 0, \quad \mu_{2k} = 1 \cdot 3 \cdot \dots \cdot (2k-1) \sigma^{2k},$$

де  $\mu_k = M(\xi - M\xi)^k$ ,  $M\xi = m$ ,  $D\xi = \sigma^2$  для  $k \geq 2$ ,

$$M\xi^k = m M\xi^{k-1} + (k-1)\sigma^2 M\xi^{k-2}.$$

Коефіцієнти асиметрії та ексцесу для нормального розподілу дорівнюють нулю, а мода і медіана збігаються зі значенням  $m$ .

Фундаментальне значення нормального розподілу зумовлене його властивістю: за широких припущень, суми випадкових величин зі збільшенням кількості доданків мають асимптотично нормальний розподіл (рис. 2.2). Це положення є основою центральної граничної теореми.

Нормальний розподіл з довільними параметрами може бути приведений до стандартного нормального розподілу з параметрами  $(0,1)$  за допомогою лінійного перетворення. Його функція розподілу описується формулою:

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-z^2/2} dz. \quad (2.9)$$

Табулюється, як правило, функція співвідношенням  $\Phi_0(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^1 e^{-z^2/2} dz$ , зв'язана з  $\Phi(x)$  співвідношенням  $\Phi(x) = 1/2 + \Phi_0(x)$ .

Для обчислення  $\Phi(x)$  при малих  $x$  можна використовувати:

$$\Phi(x) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left( x - \frac{x^3}{2 \cdot 3} + \frac{x^5}{2! \cdot 2^2 \cdot 5} + \dots (-1)^n \frac{x^{2n+1}}{n! \cdot (2n+1) \cdot 2^n} + \dots \right) \quad (2.10)$$

або відношення Міллса  $R(x) = \sqrt{2\pi} \frac{1 - \Phi(x)}{e^{-x^2/2}} = \int_x^{\infty} e^{-(x^2-y^2)/2} dy$ , яке розкладається

в безперервну дріб:

$$R(x) = \frac{1}{x+} \cdot \frac{1}{x+} \cdot \frac{2}{x+} \cdot \frac{3}{x+} \cdot \dots \cdot \frac{n}{x+} \cdot \dots \quad (2.11)$$

Випадкова величина, що підпорядковується нормальному розподілу, з високою ймовірністю приймає значення, близькі до свого математичного сподівання. Це властивість відображається в так званому правилі сигм, серед яких найчастіше застосовується правило трьох сигм.

$$P\{|\xi - m| \geq k\sigma\} = \begin{cases} 0.3173\dots, & k = 1, \\ 0.0455\dots, & k = 2, \\ 0.0027\dots, & k = 3. \end{cases} \quad (2.12)$$

### 2.3 Експоненційний закон розподілу

Випадкова величина  $\xi$  має показниковий (експоненціальний) розподіл з параметром  $\lambda > 0$  (рис. 2.3), якщо її щільність розподілу визначається формулою [2-4,7]:

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x}, & x \geq 0, \\ 0, & x < 0 \end{cases}. \quad (2.13)$$

У цьому випадку математичне сподівання дорівнює  $1 / \lambda$ , а дисперсія Перемінна  $[\xi] = 1/\lambda^2$ . Експоненціальний розподіл характеризується відсутністю пам'яті, тобто ймовірність настання події залежить лише від поточного моменту часу, а не від попередньої історії.

Характеристична функція:

$$\varphi(t) = \frac{\lambda}{\lambda - it} \quad (2.14)$$

Моменти:

$$M_{\xi^k} = \frac{k!}{\lambda^k}, \quad D_{\xi} = \frac{1}{\lambda^2}. \quad (2.15)$$

Медіана:  $m = \frac{\ln 2}{\lambda}$ ; коефіцієнт асиметрії:  $\gamma_1=2$ ; коефіцієнт ексцесу:  $\gamma_1=6$

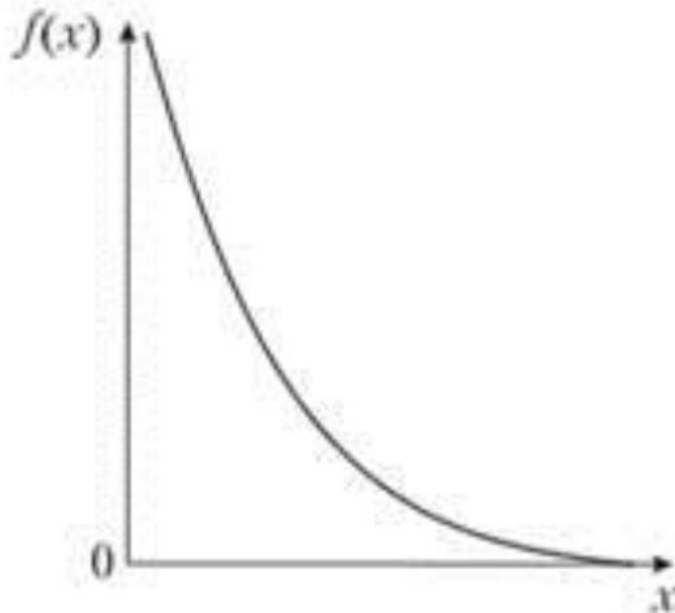


Рисунок 2.3 – Графік експоненційного закону розподілу

Експоненціальний розподіл є безперервним аналогом геометричного розподілу. Його ключовою владою є показ пам'яті, що означає, що ймовірність настання подій у майбутньому не від часу, що вже минуло.

Ця властивість формалізується таким чином:

$$P(\xi > t + s | \xi > s) = P(\xi > t), \quad (2.16)$$

де  $\xi$  - випадкова величина,

$t$  і  $s$  — додаткові числа.

В зв'язку з чим є основним в теорії стрибкоподібних Марковських процесів.

Іншими словами, час очікування до настання події є незалежним від того, скільки часу вже пройшло. Це робить експоненціальний розподіл інструментом у моделюванні процесів, що характеризуються випадковими інтервалами між подіями, такими як час відмови в системах або міжприбутковими інтервалами в потоках обслуговування.

## Висновки до розділу 2

Основним завданням теорії надійності є визначення математичних законів розподілу параметрів надійності, серед яких найчастіше досліджується ймовірність відмови. До основних законів розподілу випадкових величин, які застосовуються в теорії надійності, належать:

- Нормальний закон розподілу (закон Гауса);
- Закон розподілу Вейбулла;
- Експоненційний закон розподілу.

У межах даного дослідження ставиться завдання проаналізувати застосування цих законів розподілу до оцінки надійності агрегатів і вузлів автомобілів-тягачів MERCEDES-BENZ ACTROS LS 1844. Такий аналіз дозволить виявити закономірності виникнення відмов і визначити шляхи підвищення надійності цих транспортних засобів.



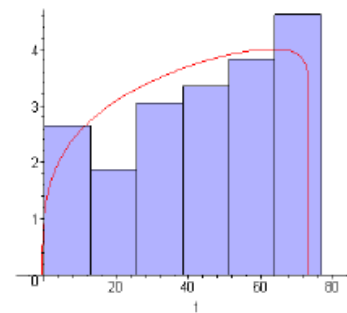
### **3. АНАЛІЗ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛІВ-ТЯГАЧІВ MERCEDES-BENZ ACTROS LS 1844**

Підвищення ефективності автомобільного транспорту значною мірою залежить від експлуатаційної надійності рухомого складу. Тягачі Mercedes-Benz Actros LS 1844 є поширеним типом вантажних автомобілів, які використовуються в міжнародних перевезеннях, і аналіз надійності цих вантажівок в умовах експлуатації допоможе розробити рекомендації щодо підвищення ефективності, управління та планування транспортних підприємств. Рационально використовувати запасні частини та організувати технічне обслуговування [10,17,19,20].

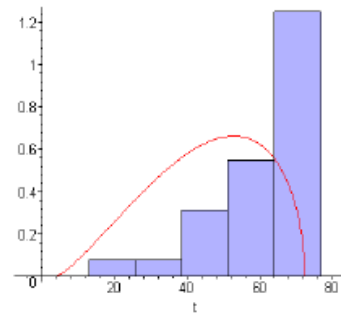
Дослідження [10,17,19,20], проведені під час гарантійного терміну експлуатації цих автомобілів, виявили менш надійні компоненти, і їм можна приділяти більше уваги. Було спостережено 160 автомобілів із середнім річним пробігом 76 800 кілометрів. кілометрів (мінімум - 1135 тис. км; максимум - 12127 тис. км), середній пробіг до першої поломки визначено 31 000 км. км, на кожен автомобіль, що потребує гарантії, було виявлено в середньому 4,9 несправності. Топ-10 000 кілометрів, сімнадцять автомобілів відвідали сервісний центр

«Мерседес» один раз, п'ять автомобілів – 2-4 рази (заміна паливного бака, коробки передач, опалювача, турбокомпресора, реєстратора ходу, сальника вала головної передачі, рульової тяги, блоку керування двигуном) (рисунок 3.1, 3.2, Таблиця 3.1).

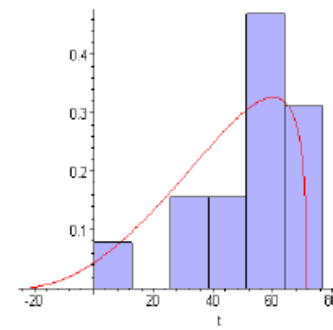
Виробник і замовник протягом першого року роботи спільними зусиллями виявляють та усувають недоліки в технології виготовлення автомобіля, визначають подальшу організацію профілактичної роботи.



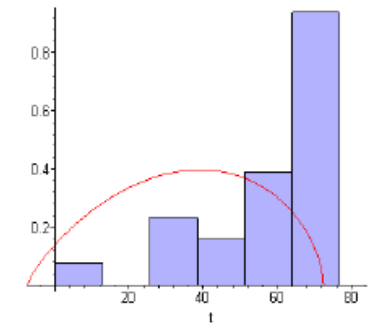
а



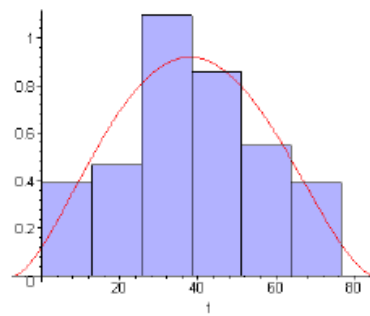
б



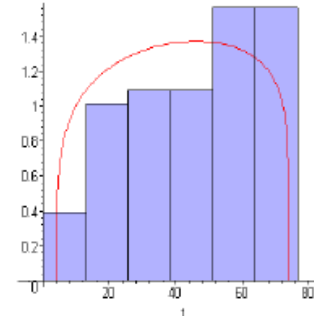
а



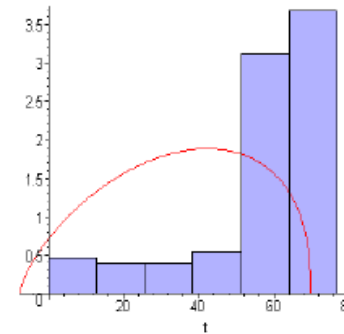
б



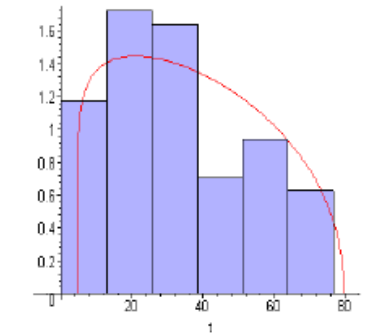
в



г



в



г

Рисунок 3.1 Розподіл порушень технічного стану Mercedes-Benz Actros LS 1844LS в гарантійний період експлуатації: а - агрегати; б - підвіска; в - рульове керування; г – електрообладнання

Рисунок 3.2 Розподіл порушень технічного стану Mercedes-Benz 1844 ACTROS LS в гарантійний період експлуатації: а - паливний бак; б - сальник ведучої шестерні головної передачі; в – автономний опалювач; г – ослаблення кріпильних з'єднань

Таблиця 3.1 – Статистична характеристика появи несправностей і відмов на гарантійному етапі експлуатації

Найменування елементів системи	Закон розподілу	Математичне очікування, М	Середньоквадратичне відхилення	Коефіцієнт асиметрії	Коефіцієнт ексцесу	Щільність розподілу
Агрегати	Бета-розподіл	38,400	18,29	-0,021	-0,711	$0,17518 \cdot 10^{-5} (8,71+t)^{1,75} (84,06-t)^{1,67}$
Підвіска		43,665	21,87	-0,352	-1,117	$1,05381 (0,52+t)^{0,29} (73,43-t)^{0,04}$
Рульове керування		60,690	13,30	-1,416	1,450	$0,000879 (-3,89+t)^{1,30} (72,46-t)^{0,52}$
Електрообладнання		45,544	20,03	-0,333	-1,086	$0,37718 (-4,11+t)^{0,21} (73,88-t)^{0,14}$
Паливний бак		52,480	17,36	-1,173	0,876	$0,00001 (25,06+t)^{2,05} (71,09-t)^{0,26}$
Сальник ведучої шестерні головної передачі		57,600	17,29	-1,374	1,146	$0,002168 (7,60+t)^{0,82} (72,45-t)^{0,58}$
Автономний опалювач		56,553	17,86	-1,559	1,585	$0,31385 (7,92+t)^{0,71} (69,80-t)^{0,39}$
Ослаблення кріпильних з'єднань		32,736	19,92	0,435	-0,895	$0,15905 (-,458+t)^{0,126} (79,64-t)^{0,45}$

Для оцінки надійності цих вантажівок із середнім пробігом 900 000 км проводились дослідження [19]. Кілометри, категорії експлуатації автомобіля - I - III.

За весь період експлуатації на один транспортний засіб було виявлено в середньому 21,8 несправностей. В результаті аналізу визначено характер розподілу несправностей за агрегатами та системами (табл. 3.2, рис. 3.3).

Для обох груп нанесено графік розподілу кількості автомобілів за пробігом та кількістю наслідків технічного обслуговування (рис. 3.4).

Таблиця 3.2 – Розподіл відмов автомобілів-тягачів Mercedes-Benz Actros LS 1844

Група агрегатів	Кількість відмов і несправностей на проміжку пробігу 0-900 тис.км.
ДВЗ	349
Трансмсія	441
Рульове курування	221
Ходова частина	819
Електрообладнання	961
Гальмівна система	30
Інше	670

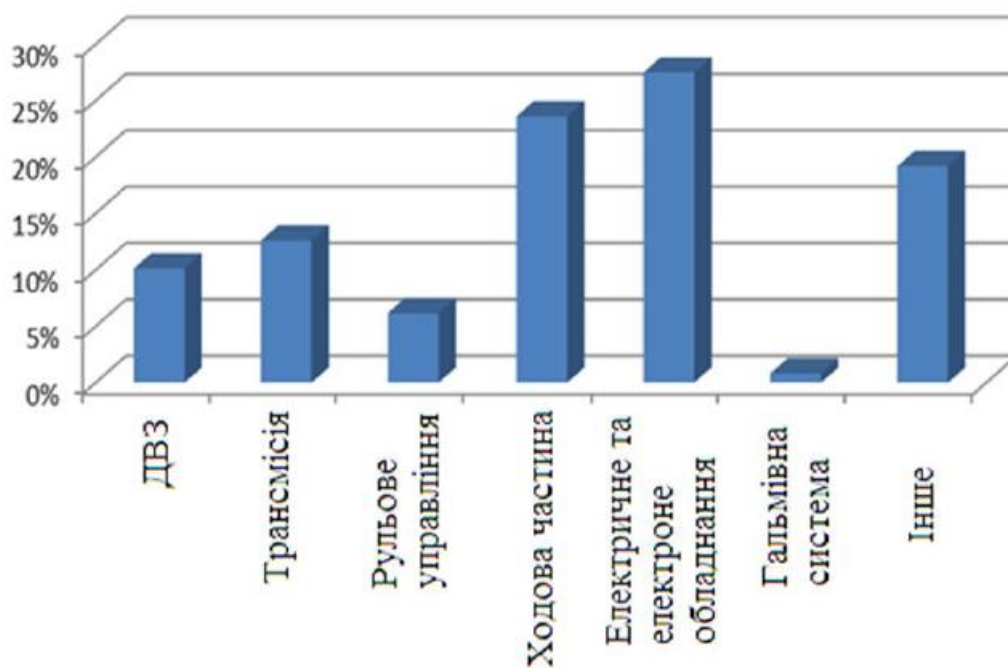


Рисунок 3.3 – Розподіл відмов автомобіля-тягача Mercedes-Benz Actros LS 1844

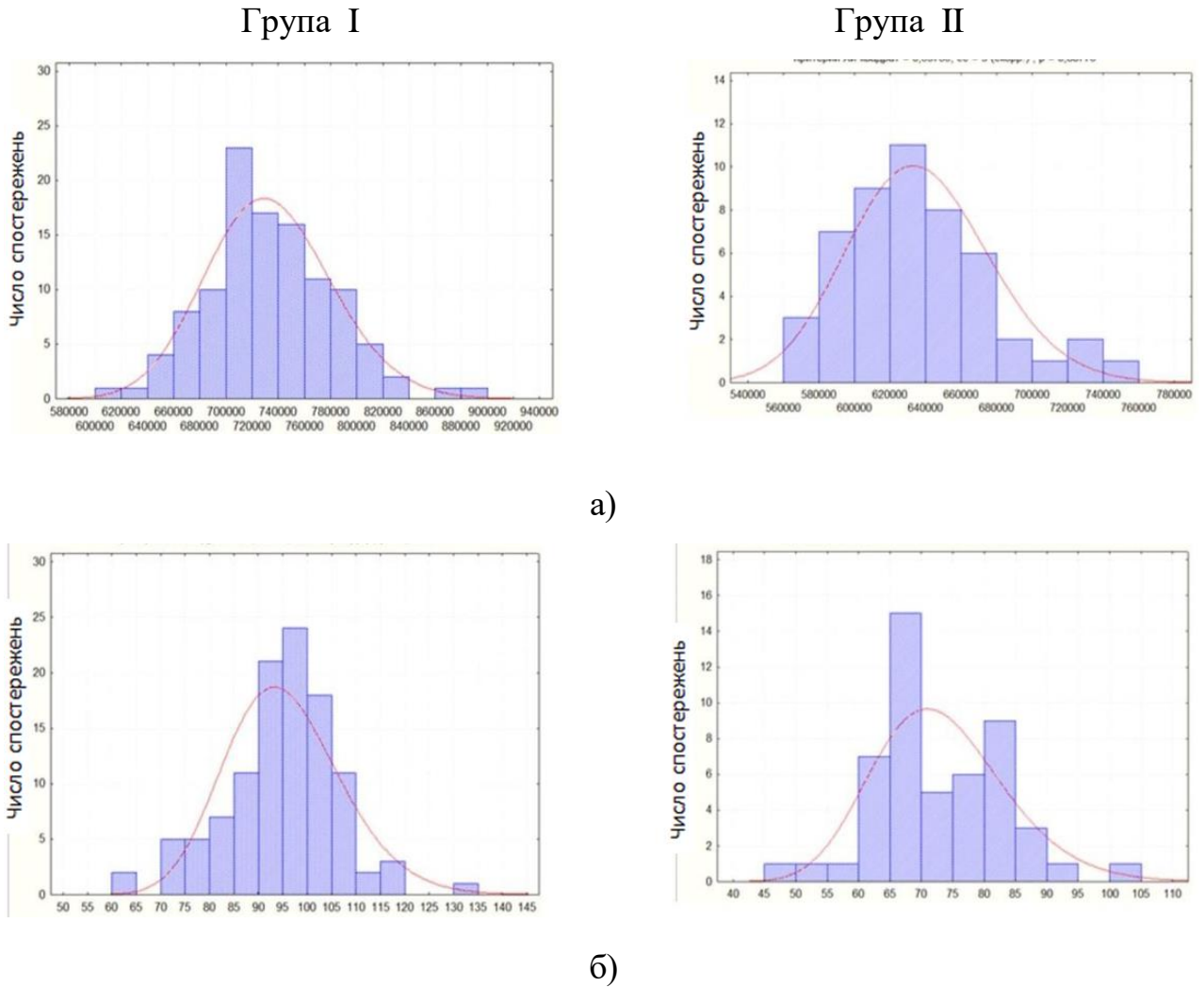


Рисунок 3.4 – Розподілу кількості автомобілів за пробігом (а) і за числом ремонтних втручань (б)

### 3.1 Статистичні дослідження та аналіз відмов блоків і систем

#### 3.1.1 Двигун внутрішнього згоряння

Відмови двигунів складають 10% від загального трафіку відмов. Серед них поломка проміжного охолоджувача склала 137 разів, що склало 32,6% від загальної кількості поломок розпилювача двигуна, що вплинуло на прогорання прокладки циліндра, що вплинуло на 11 разів збій, що впливає 15 разів (рисунок 3.5-3.7, додаток А).

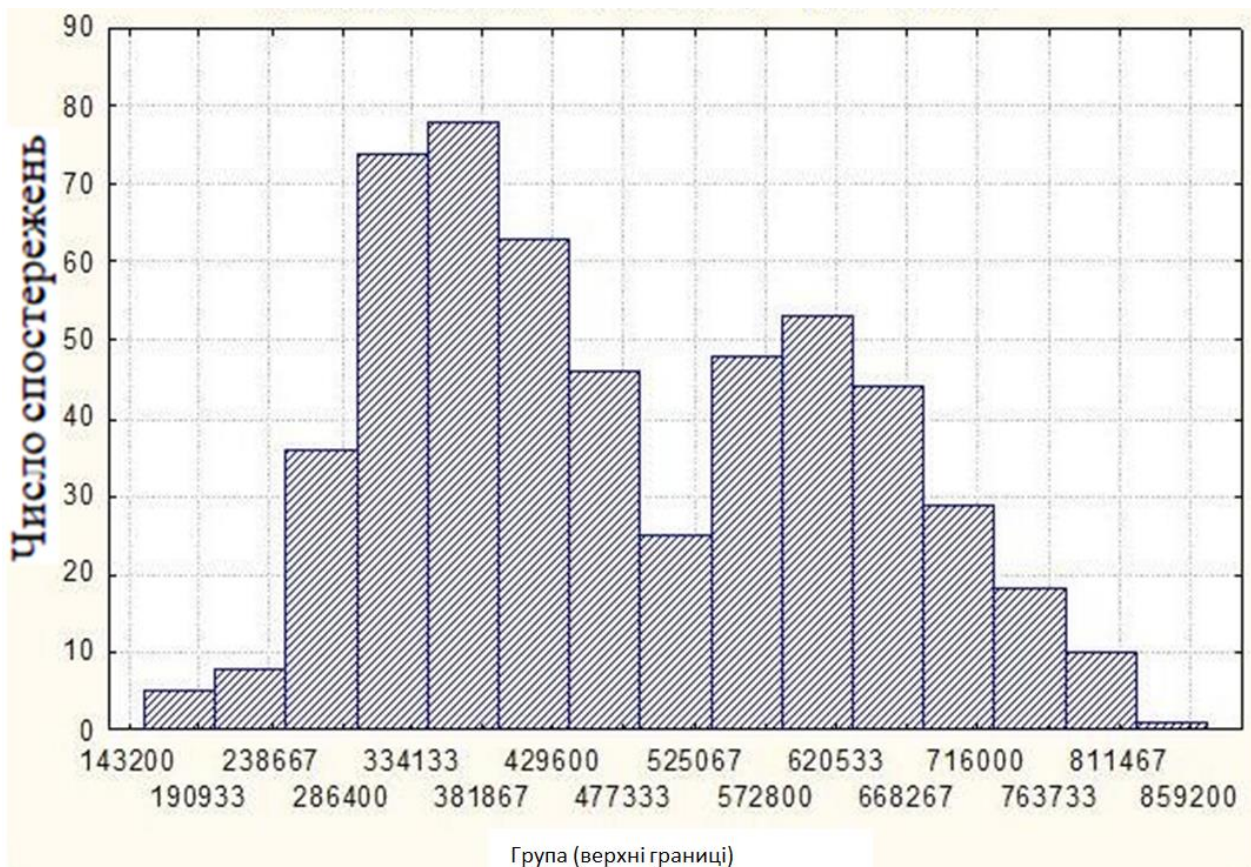


Рисунок 3.5 – Загальний розподіл несправностей двигунів внутрішнього згоряння

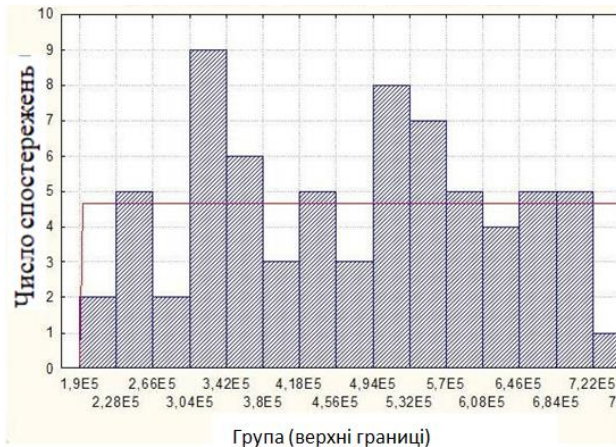


Рисунок 3.6 – Прокладки

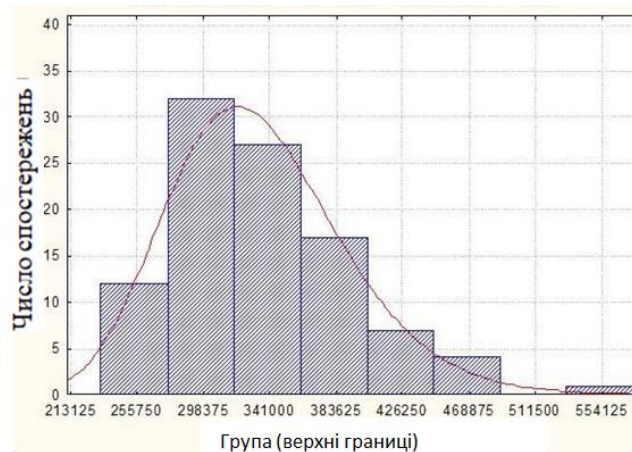


Рисунок 3.7 – Інтеркулер

### 3.1.2 Трансмісія автомобіля

Несправності трансмісії проявляються у вигляді заміни вижимних підшипників (41,5% всіх несправностей трансмісій) і дисків зчеплення (24,1%). Відмови важеля коробки передач складають 9,1% від загальної кількості поломок коробки передач. Крім того, за всю експлуатацію двічі замінено



редуктор заднього моста та коробку передач в зборі (рисунок 3.8). Серед інших відмов трансмісії відмова газогідравлічного підсилювача зчеплення становить 10,5%, а відмова корзини зчеплення та механізму перемикання передач не перевищує 4% (рис. 3.9-3.10, додаток Б) [19].

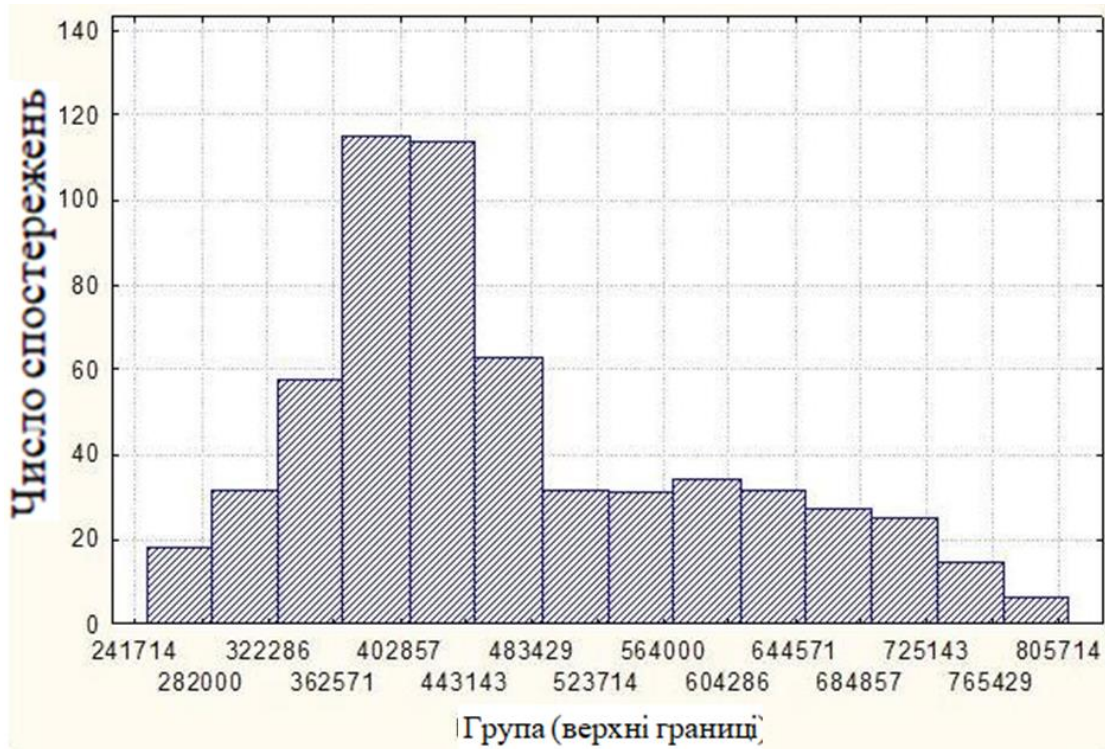


Рисунок 3.8 – Загальний розподіл несправностей трансмісії автомобіля

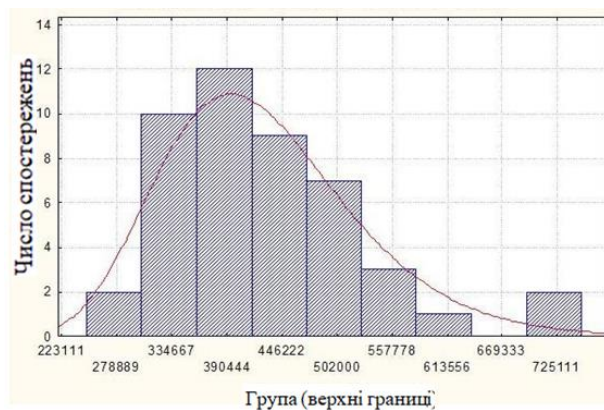


Рисунок 3.9 – Вижимний підшипник



Рисунок 3.10 – Блок керування коробкою передач

### 3.1.3 Рульове керування

Система рульового управління посіла п'яте місце в загальному рейтингу несправностей. 32% всіх несправностей керма припадає на гідропідсилювач керма та його комплектуючі (замінити шланги гідропідсилювача та сальники), заміна насоса ГУР проводиться один раз. Інші несправності рульового управління включали заміну рульових тяг (14 шт.) та рульових валів (12 шт.) (рис. 3.11-3.13, Додаток Б) [11].

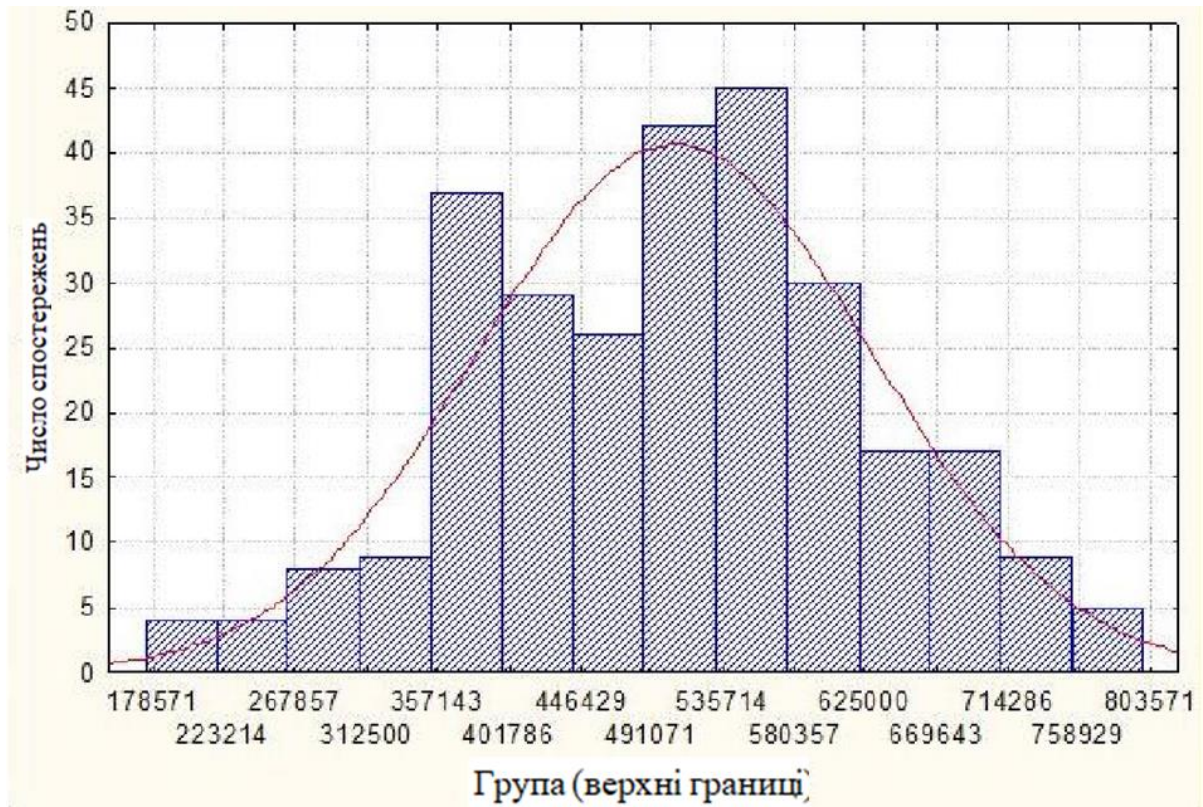


Рисунок 3.11 – Загальний розподіл несправностей рульового керування

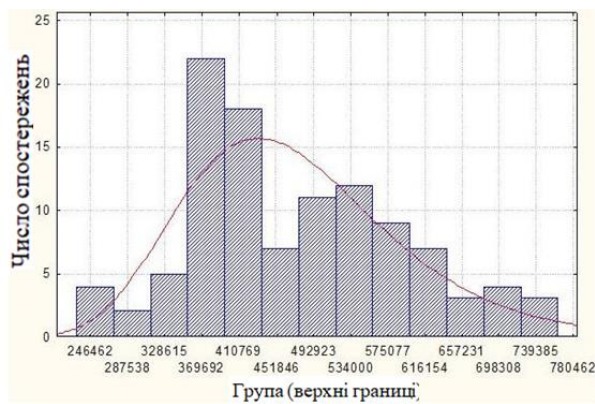


Рисунок 3.12 – Наконечник повздовжньої тяги

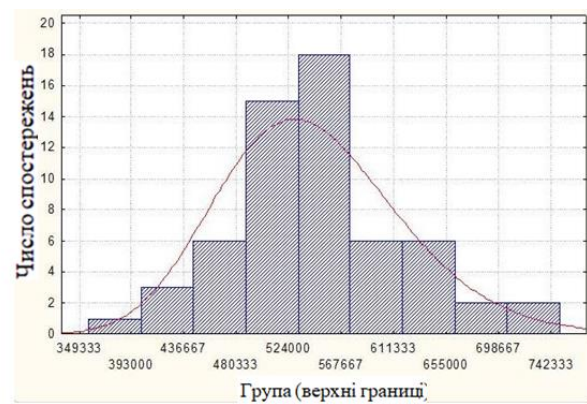


Рис. 3.13 – Шланг гідропідсилювача



### 3.1.4 Ходова частина автомобіля

Більшість поломок ходової частини в досліджуваних транспортних засобах була пов'язана із заміною пневматичних ресор – 321 випадок (39% від загальної кількості несправностей компонентів ходової частини), потім із заміною торсіонних втулок – 279 випадків (34%). Серед інших несправностей шасі були відзначені втулки стабілізатора (11%) та амортизатори задньої осі (2%) (рис. 3.14-3.16, Додаток D) [11].

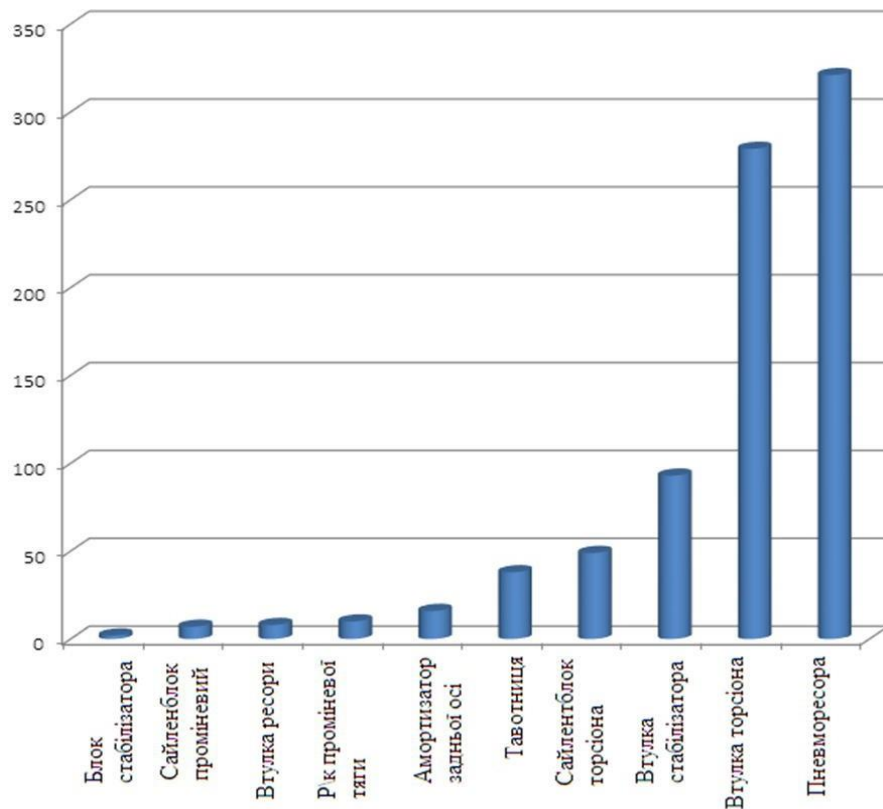


Рисунок 3.14 – Розподіл несправностей ходової частини автомобіля

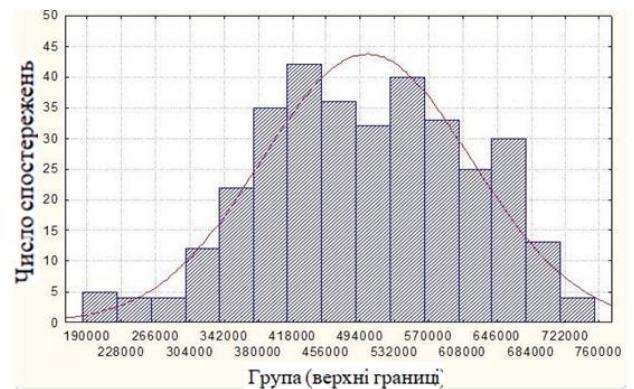
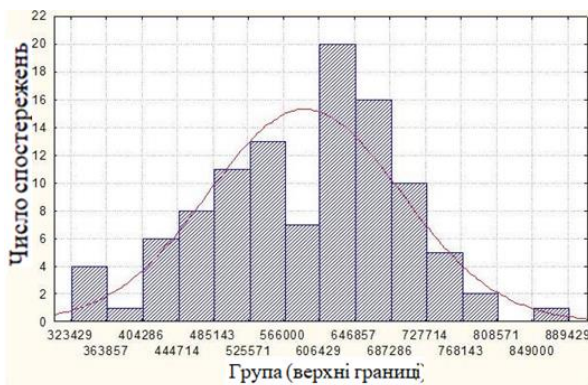


Рисунок 3.15 – Втулки стабілізатора Рисунок 3.16 – Втулки торсіону

### 3.1.5. Електро- та електронне обладнання

Найбільша кількість відмов (958) спостерігалася в системах електричного та електронного обладнання, більшість з яких – 178 – через заміну натяжного ролика ремня генератора, 124 – заміну підшипників генератора, 119 – заміну ремінь генератора. За час експлуатації автомобіля було замінено 58 генераторів – фактично один на кожні 3 машини. Крім того, зафіксовано 115 ремонтів реєстраторів, 10 з яких – заміна компонентів реєстраторів (рис. 3.17-3.19, додаток Е) [19].

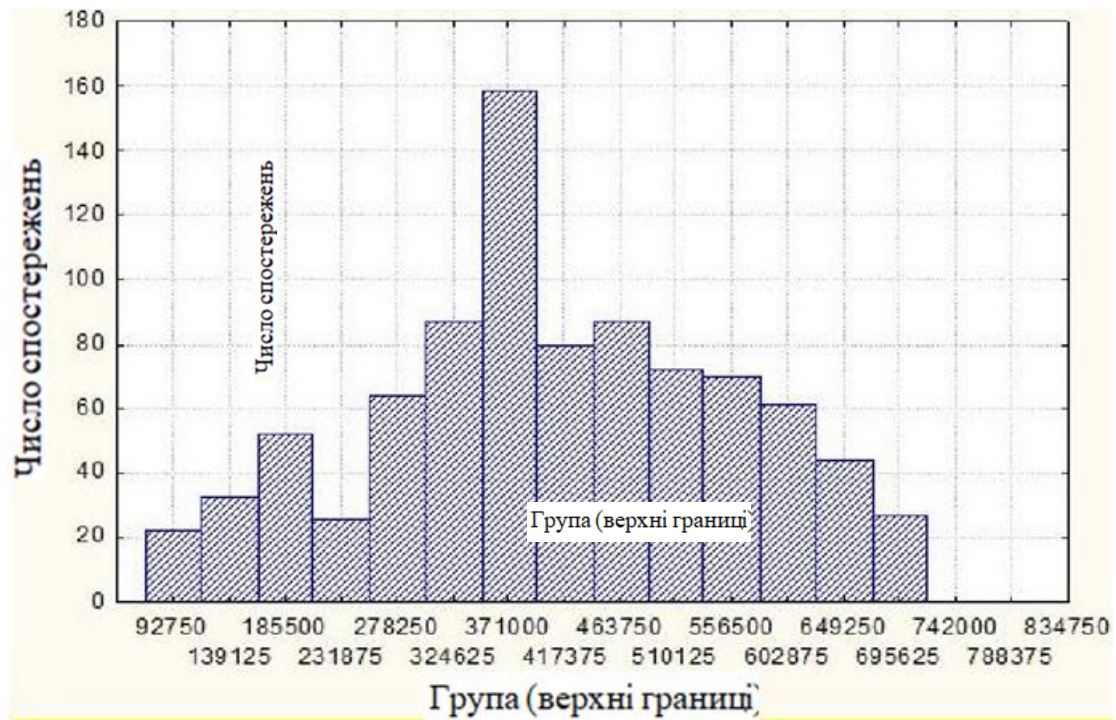


Рисунок 3.17 – Загальний розподіл елементів електрообладнання

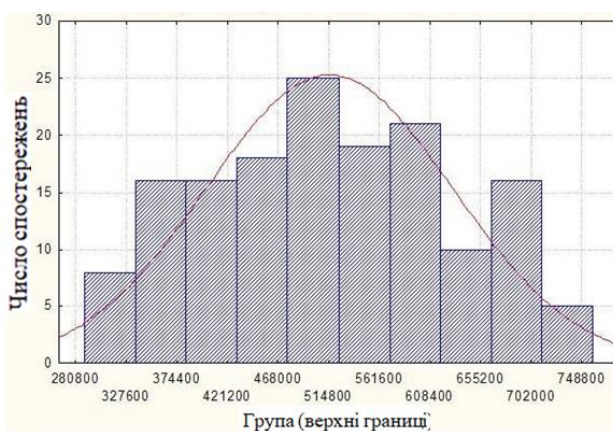


Рисунок 3.18 – Натяжний ролик

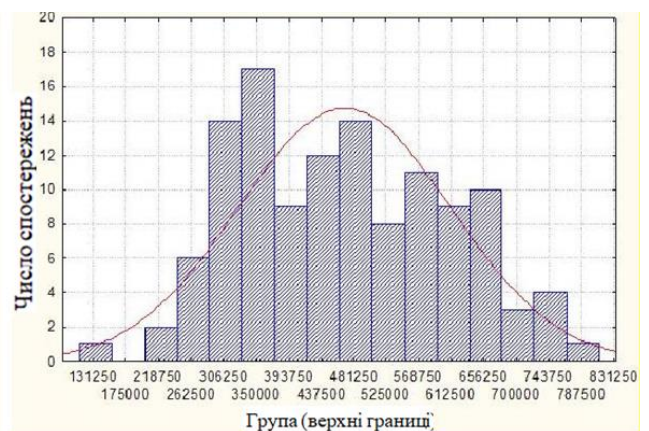


Рисунок 3.19 – Ремінь генератора



### 3.1.6 Гальмівна система

Однією з найнадійніших систем автомобіля є гальмівна система, на яку припадає не більше 1% від загальної кількості несправностей. 41,3% від загальної кількості несправностей гальмівної системи викликані гальмівними модуляторами та акумуляторами. Також було двічі замінено гальмівні шланги та встановлено три ремкомплекти гальмівних супортів (Рис. 3.20-3.22, Додаток К)[19].

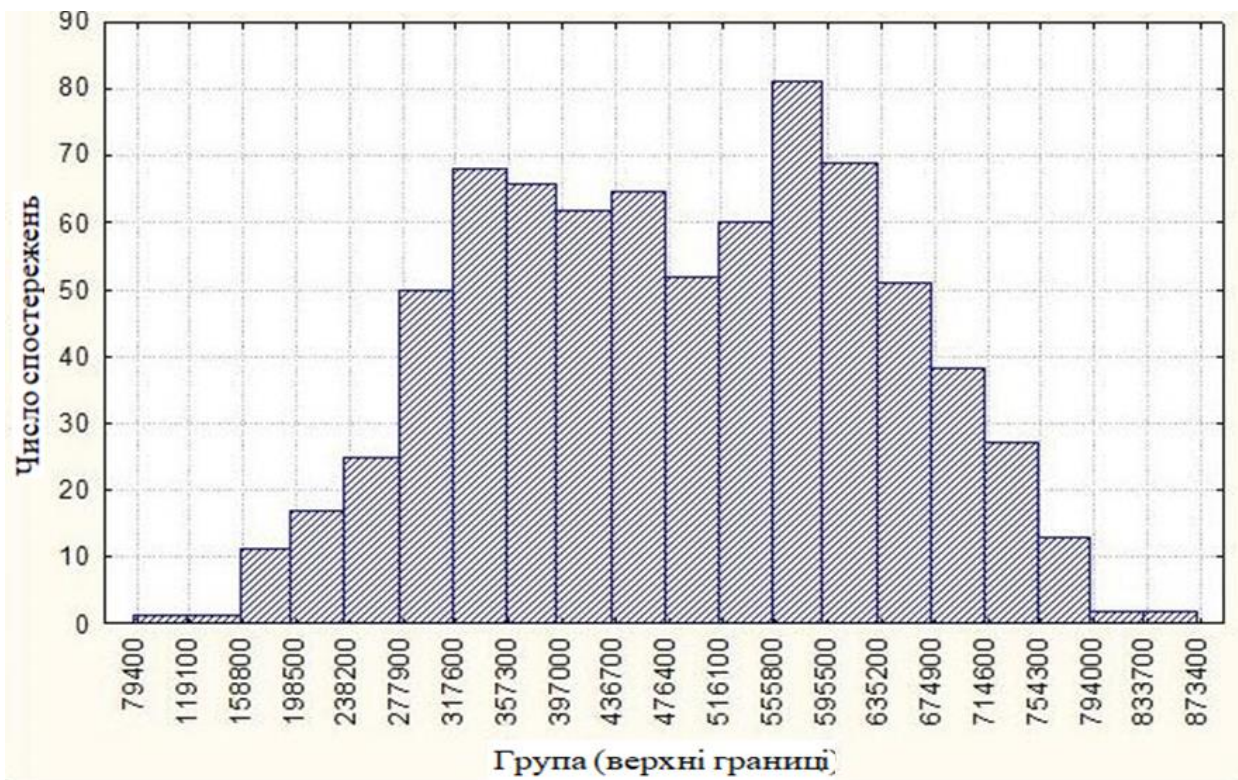


Рисунок 3.20 – Загальний розподіл несправностей гальмівної системи

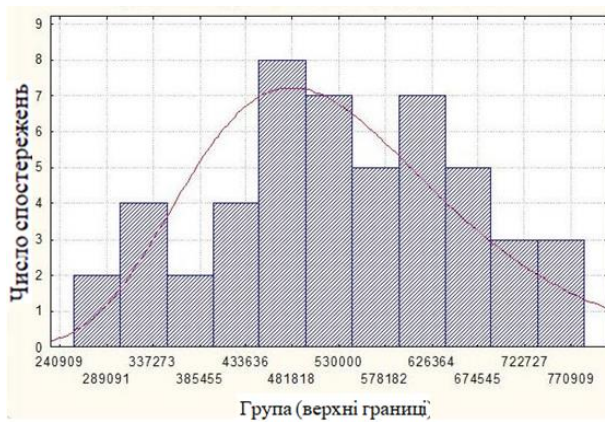


Рисунок 3.21 – Модулятор

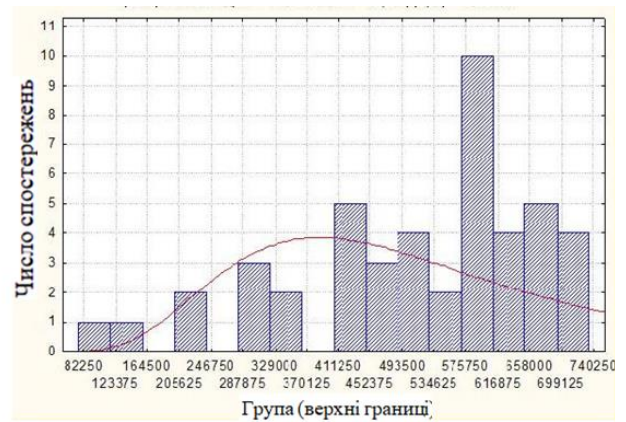


Рисунок 3.22 – Датчик ABS

### **3.1.7 Інші несправності автомобілів**

Збої в інших системах склали 19% від загальної кількості збоїв. Серед них найбільшу частку займали несправності амортизаторів кабіни – 13,9% від загальної кількості. Загалом несправності елементів підвіски кабіни - таких як подушки кабіни та сидіння водія, торсіони та стабілізатори кабіни та інші елементи підвіски кабіни становлять 50,5% усіх несправностей цієї групи. У 179 разів (26,8%) припадає на відмову система опалення кабіни та її складових [10,17,19,20].

### **Висновки до розділу 3**

Аналіз результатів проведених досліджень показує, що найбільш слабкими ланками є елементи підвіски автомобіля.

У діапазоні пробігу від 0 до 900 000 кілометрів кількість ремонтних ударів не збільшується зі збільшенням пробігу.

Виникнення порушень продуктивності під час гарантійного етапу експлуатації автомобіля описано бета-розповсюдженням, яке є новим порівняно з відомими дослідницькими зусиллями.

Загалом, основні закономірності розподілу пошкодження включають нормальний розподіл, логарифмічний нормальний розподіл, рівномірний розподіл і розподіл Вейбулла.

## **4. ВИКОРИСТАННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ПОРУШЕНЬ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ АВТОМОБІЛІВ ПІД ЧАС ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

### **4.1 Аналіз закономірностей порушень працездатності автомобілів**

Попередження та виявлення несправностей, їх причин і прогнозування ресурсу є одними з основних завдань експлуатації автомобільної техніки. Вирішення цього завдання невіддільне від встановлення закономірності зміни технічних умов у процесі експлуатації. Варто зазначити, що встановлені залежності дозволяють більш повно зрозуміти взаємозв'язки між різними параметрами, які характеризують не тільки технічний стан, а й інші характеристики об'єкта. Показники надійності, пов'язані з конкретними причинами відмови окремих груп виробів, мають певні закономірності, що описуються математичними моделями та законами розподілу.

Нормальний розподіл несправностей означає, що несправності спричинені великою кількістю факторів, які мало залежать один від одного, і жоден фактор не відіграє домінуючої ролі, а раптові несправності складають невелику частку. Цей закон описує нормальний процес зношування деталей і поступове відхилення структурних параметрів від нормативних значень.

Розподіл Вейбулла описує явища, пов'язані з появою відмов через структурні дефекти в компоненті або погіршення продуктивності елементів конструкції автомобіля через поєднання зносу та пошкодження від втоми.

Експоненціальний закон розподілу несправностей характерний для автомобілів і їх вузлів і агрегатів, тобто складних систем, що складаються з великої кількості вузлів, несправності яких (у тому числі раптові) викликані різними причинами, в тому числі технічними порушеннями при складанні, робота виробника і складні умови експлуатації.

Розуміння режимів відмов може вирішити реальні завдання в галузі автомобільного виробництва та його експлуатації. Тому симетричний розподіл робіт і відмов зазвичай вказує на деяку досконалість конструкції і збільшення роботи; це досягається за рахунок удосконалення методів і техніки технічного обслуговування і ремонту. Крім того, ця інформація може бути використана для

визначення обсягу ремонтних робіт для усунення супутніх несправностей.

У багатьох випадках розподіл робочого часу є несиметричним, що свідчить про наявність конструктивних дефектів у відповідних вузлах і вузлах, а також про некваліфіковане керування транспортним засобом або інші порушення правил технічної експлуатації, що призводять до раптової поломки транспортного засобу. відмови) частин.

Тому вивчення закону розподілу робочого часу кожної відмови має не тільки описове, але й важливе практичне значення: дозволяє отримати глибше розуміння природи відмови та її фізичної природи; сформулювати профілактичні заходи; зробити більш точні розрахунки надійності та ефективності ремонту.

#### **4.2 Визначити зручність зберігання запчастин на складі автосервісного підприємства**

Технічний стан рухомого складу автомобільного транспорту забезпечується фондом запасних частин. Розмір і назва вашого запасу відіграють важливу роль в операційних витратах підприємства. Тому виникають серйозні проблеми із зручністю зберігання деталей, вузлів чи агрегатів на складах компанії. Визначення цього завдання заощадить ресурси компанії. За основу методики розрахунку може бути прийнята стандартна методика показників якості роботи підприємства.

Підприємства повинні мати склад запасних частин, але кошти, витрачені на закупівлю та зберігання запчастин на складі, часто приносять дуже значне фінансове навантаження самому підприємству. Тому необхідно розглянути доцільність зберігання певних комплектів запчастин на складі автосервісного підприємства.

При формуванні складу запасних частин необхідно враховувати планові витрати на технічне обслуговування та регулярну заміну необхідних деталей (мастильних матеріалів, гальмівних колодок, акумуляторів, шин тощо). Видно, що метод повинен враховувати обмеженість фінансових ресурсів підприємства для підтримки запасів запасних частин і ефективно розподіляти ці ресурси в

запаси запасних частин для планового обслуговування та позапланової заміни. Принципи визначення, номенклатура та кількість принципово відрізняються .

Використовуючи методику [19] На прикладі технічної готовності зміни парку тракторів Mercedes-Benz Actros LS 1844 отримано результати техніко-економічного обґрунтування зберігання запчастин на складі автосервісного підприємства (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Доцільність зберігання запасних частин автомобілів-тягачів Mercedes-Benz Actros LS 1844

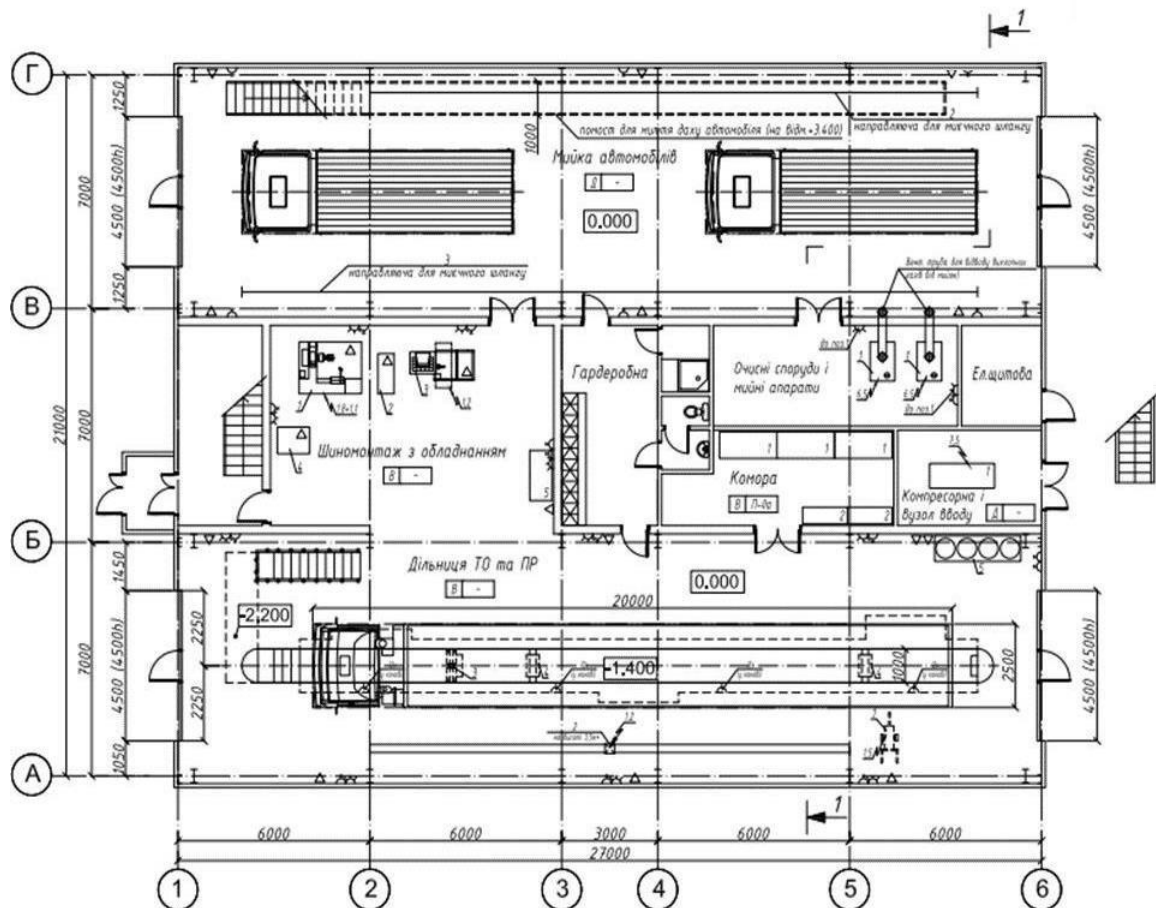
Запасні частини	Час доставки, годин	Вартість, грн.	Вірогідність відмови	Доцільність зберігання
Гільзи ДВЗ	24	8131,26	0,0000319	не зберігати
Термостат	1	276,72	0,0000536	не зберігати
Гальмівний шланг	1	748,98	0,0000540	не зберігати
Енергоакумулятор	1	8891,52	0,0000551	не зберігати
Диск гальмівний	24	3482,46	0,0000645	не зберігати
Підшипники маточини	1	2363,28	0,0000646	не зберігати
Кришка клапанів	24	458,52	0,0000484	зберігати
Наконечник поперечної тяги	24	1725,48	0,0000495	зберігати
Супорт	336	30235,56	0,0000531	зберігати
Датчик рівня підлоги	24	2037,72	0,0000576	зберігати
Модуль управління гальмами	336	22313,34	0,0000600	зберігати
Датчик ABS	24	1071,96	0,0000613	зберігати
Комплект ЦПГ	24	8808,84	0,0000618	зберігати
Диск зчеплення	24	2599,00	0,0000634	зберігати
Стартер	24	22010,16	0,0000671	зберігати
Розпилювач форсунки	72	1083,78	0,0000679	зберігати

### 4.3 Розробка планувальних рішень придорожного автосервісу

На основі проведеного аналізу виконано розрахунки для проекту комплексу придорожного сервісу для вантажних автомобілів та автопоїздів (рис. 4.1). Комплекс складається з двох виробничих ліній: клінінгової та технічно-ремонтної.

Мийка автомобіля включає в себе зовнішню мийку автомобіля і салон автомобіля. Під час прання використовуйте спеціальний негорючий шампунь і рідину для миття. Помийте автомобіль за допомогою мийки високого тиску та гарячої води. Проектом передбачено облаштування спеціального майданчика для миття дахів автомобілів.

Станція технічного обслуговування планує мати СТО вантажних автомобілів та окрему оглядову канаву. Головний вхід в траншею здійснюється через спеціальний тунель. Станції технічного обслуговування та ремонту автомобілів виконують роботи з технічного обслуговування та ремонту: заміна масла, контрольно-налагоджувальні роботи, демонтажно-складальні роботи та ін.







## **5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **5.1. Положення охорони праці на ремонтних підприємствах**

Охорона праці досліджує трудовий процес з позиції забезпечення життя та здоров'я працівників. Основні принципи державної політики в галузі охорони праці ґрунтуються на забезпеченні координації діяльності державних органів, установ, організацій та громадських об'єднань, що вирішують різні проблеми охорони праці, гігієни та безпеки праці, а також співробітництва і проведення консультацій між власниками та працівниками, між усіма соціальними групами при прийнятті рішень з охорони праці на місцевому та державному рівнях.

Шкідливі виробничі чинники – це такі, дія яких на працівника за певних умов призводить до захворювання чи зниження працездатності. Залежно від рівня й часу впливу такі чинники можуть стати небезпечними. Це шум, вібрація машин та устаткування, недостатня освітленість, запиленість і загазованість виробничого середовища, надмірне нервово-психічне та нервово-емоційне навантаження що в більшості випадків присутньої в ремонтних майстернях автотракторних бригад, центрах технічного обслуговування та ремонту, станції технічного обслуговування. Дія шкідливих виробничих чинників на людину призводить до такого негативного явища, як професійне захворювання. Для уникнення впливу таких чинників треба починати з конструювання машин і обладнання керуючись загально встановленими нормами та правилами.

Основними вимогами безпеки, що ставляться до конструкцій машин та механізмів, є безпека для здоров'я та життя людей, надійність та зручність експлуатації. [12,15,18].

Безпека виробничого оснащення забезпечується:

- вибором безпечних принципів дії, елементів конструкції, конструктивних схем;
- використанням засобів механізації, автоматизації та дистанційного управління;

- використанням у конструкції засобів для захисту працівників;
- дотриманням ергономічних правил;
- включенням вимог безпеки праці в технічну документацію з технічного обслуговування та ремонту, монтажу, експлуатації, транспортування та зберігання устаткування;
- використанням у конструкціях обладнання відповідних матеріалів.

Інструменти, машини, апарати, та інше обладнання, яке застосовується на підприємствах по ремонту устаткування, різні за конструкцією, принципом дії, типом і розмірами. Але існують певні загальні вимоги, дотримання яких дозволяє забезпечити безпеку його використання (ДСТ 12.3.003-74 «ССБТ. Обладнання виробниче. Загальні вимоги безпеки».)

Вимоги до основних елементів конструкцій:

1. Матеріали, які застосовуються в конструкції обладнання, не повинні бути шкідливими і небезпечними.
2. Інструменти та обладнання повинні бути облаштовані необхідними технічними засобами безпеки.
3. Рухомі частини обладнання, що становлять небезпеку, повинні бути огорожені чи устатковані засобами захисту. Винятком є елементи огороження, котрих не допускається їхнім функціональним призначенням. У цьому випадку варто передбачати спеціальні заходи захисту.
4. Обладнання не повинно бути джерелом виділення в робочу зону виробничих приміщень шкідливих речовин вище гранично допустимих рівнів (концентрацій), великих кількостей теплоти і вологи.
5. Конструкція оснащення повинна забезпечувати виключення або зниження до регламентованих значень рівнів ультразвуку, шуму, інфразвуку та вібрацій.
6. Частини устаткування, з якими може контактувати людина, не повинні мати гострих країв, кутів, нерівних, легкозаймистих поверхонь.
7. Вхідні в конструкцію обладнання робочі місця та їх елементи повинні забезпечувати зручність і безпеку роботи. За необхідності пересування

працівника під час обслуговування обладнання, воно має бути обладнане безпечними проходами, східцями, майданчиками, переходами, поручнями та ін.

8. Конструкція устаткування повинна забезпечувати захист людини від ураження електричним струмом;

Органи керування обладнанням повинні відповідати таким основним вимогам:

- мати форму, розміри і поверхню, зручні і безпечні для роботи;
- бути розташованими в робочій зоні;
- розміщуватися з урахуванням необхідних для їхнього переміщення зусиль, що не перевищують встановлених стандартами. Відповідати послідовності та частоті використання;
- виключати можливість мимовільного і самовільного вмикання і вимикання обладнання.

Окрім вище сказаного слід зазначити, що робота в майстернях по ремонту є вельми небезпечною. Часто інструмент, який здавався повністю справним, не витримує більшого навантаження та руйнується піддаючи руки робітника травмуванню.

## **5.2. Моделювання процесів виникнення аварій і травм**

Для моделювання виникнення аварій і травм при роботі із установкою для дослідження процесу розбирання і складання підшипникових вузлів застосуємо метод логічного моделювання процесів формування виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків.

Побудуємо логіко-імітаційну модель травм при роботі із установкою для дослідження процесу розбирання і складання підшипникових вузлів (рисунок 5.1).

Під час роботи із установкою для дослідження процесу розбирання і складання підшипникових вузлів найнебезпечнішим явищем є ураження електричним струмом. Приймаючи подію «ураження» як головну і зв'язуючи цю подію шляхом логічного аналізу з наступною подією, що обумовлює її виникнення за допомогою логічних операторів "І", "АБО" та інших, приходимо

до кінцевих подій, з яких і починає формуватися головна подія: «ураження». За своєю формою така модель нагадує крону дерева, тому вона і одержала назву «дерево відмов і помилок». Кінцеві події називають базовими.

Як правило, побудова моделі починається з головної події - ураження електричним струмом, а наступні розміщують зверху вниз, аж до базових подій (рис. 5.1.). Кожен блок рисунка позначений відповідним номером, що означає подію (у загальному вигляді) або окремий етап побудови моделі:

- відмова (травма) системи - головна подія;
- послідовність подій, що призводять до відмови системи;
- послідовність подій зображується за допомогою логічних операторів "І", "АБО" та інших;
- прямокутник - подія, що виникає як результат дії символа-оператора;
- базові події зображають у вигляді кружечків із написами в середині, вони є межею аналізу побудованої моделі ("дерева помилок");
- ромб - нерозкрита подія (подія, яка вимагає проведення відповідних досліджень).

Головною подією є ураження електричним струмом під номером 13, вона виникає внаслідок події номер 11 - пробивання на корпус і внаслідок нерозкритої події номер 12 - до установки в цей момент торкався робітник.

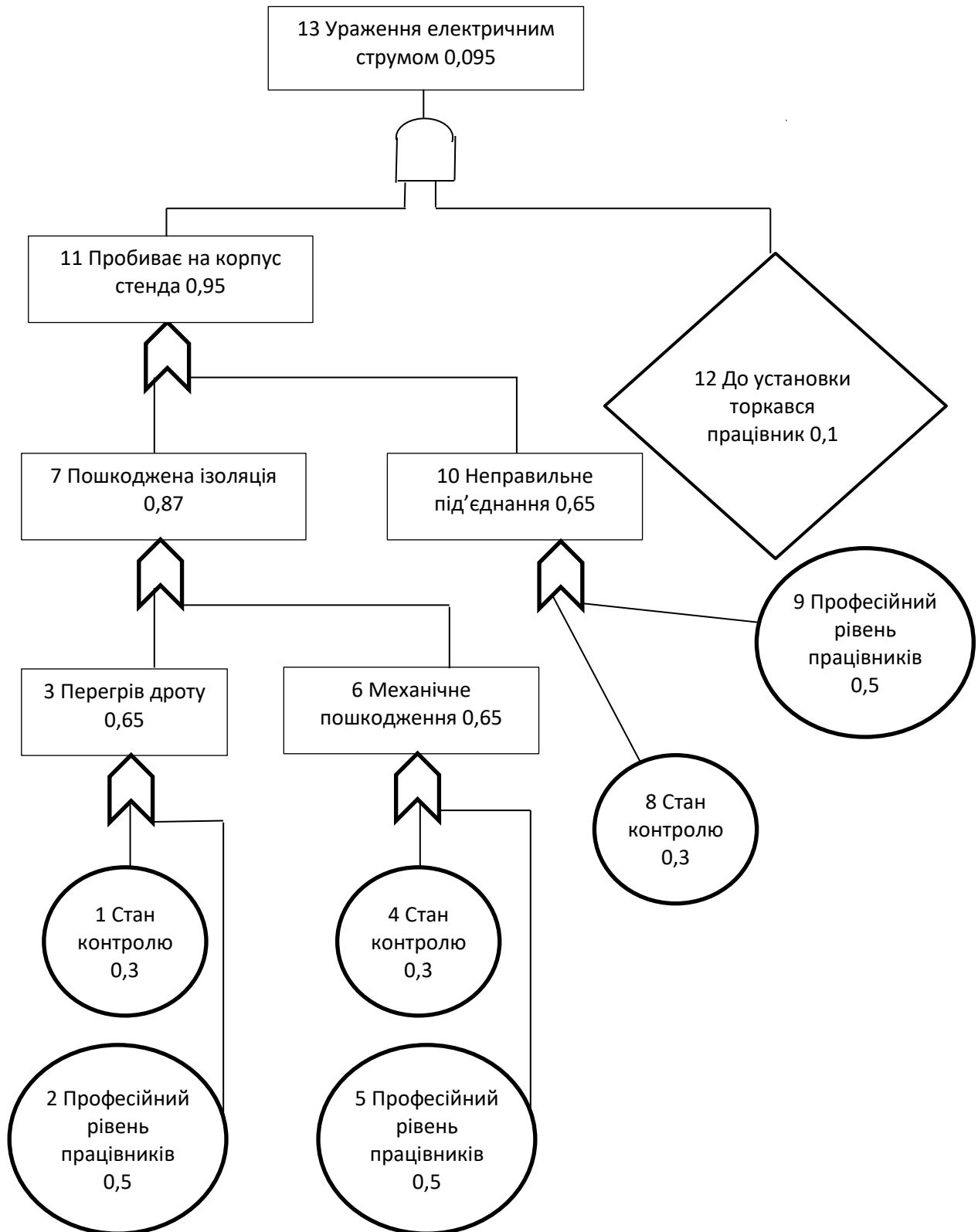


Рисунок 5.1 – Логіко – імітаційна модель процесу виникнення травми у працюючого під час роботи із установкою для дослідження процесу розбирання і складання підшипникових вузлів: 1,2,3...,12,13 – номери подій; 0,3; 0,5... - ймовірності подій. Контроль за станом ізоляції силового дроту, базова подія 2 – «професійний рівень» - це неправильний розрахунок діаметру дроту під час конструювання установки. Базова подія 4 – «стан контролю» для події 6 –

«механічне пошкодження» це контроль за станом ізоляції силового дроту, базова подія 5 - для події 6 це буде професійність проведених робіт в зоні силового кабелю і можливість його пошкодити. Базова подія 8 – «стан контролю» для події 10 – «неправильне під'єднання» це контроль за станом установки (ЩТО), базова подія 9 «професійний рівень» для події 10 - не проведення правильного включення установки працівником.

Подія 11 пробивання на корпус установки виникає через подію номер 7 - пошкоджена ізоляція, або подію номер 10 - неправильне під'єднання установки до мережі. Подія номер 7 - пошкоджена ізоляція виникає внаслідок події номер 3 - перегрів дроту, або події номер 6 - механічне пошкодження. Подія номер 10 - неправильне під'єднання до мережі виникає внаслідок базової події номер 8 - стан контролю, або базової події номер 9 - професійний рівень робітників. Подія номер 3 - перегрів дроту виникає внаслідок базової події номер 1 - стан контролю, або базової події номер 2 - професійний рівень робітників. Подія номер 6 - механічне пошкодження виникає внаслідок події номер 4 - стан контролю, або базової події номер 5 - професійний рівень працівників 15.

### **5.3. Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм**

Методикою оцінки рівня небезпеки робочих місць, машин, виробничих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію (показника) рівня небезпеки для конкретного об'єкта. Таким показником вибрана ймовірність виникнення аварій або травм залежно від досліджуваного явища [12,15,18].

Для оцінки рівня небезпеки установки для дослідження процесу розбирання і складання підшипникових вузлів можна застосувати метод обчислення ймовірності виникнення будь-якого випадкового явища, який широко застосовують в закордонній інженерній практиці.

Ймовірність базових подій визначаємо за даними виробництва. Наприклад, базова подія «стан контролю з охорони праці». Для визначення ймовірності ми повинні встановити, наскільки (%) від ідеального рівня

здійснюється відповідний контроль на об'єкті. Якщо прийmemo, що такий рівень контролю становить 30 %, то ймовірність відповідно дорівнює 0,3. При відсутності контролю ймовірність «не здійснення контролю» становитиме 1, якщо контроль ідеальний, то ймовірність дорівнює 0.

Для базових подій 1; 4; 8 «стан контролю» ймовірність приймаємо 0,3, для базових подій 2; 5; 9 «професійний рівень» ймовірність приймаємо 0,5.

На цьому можна вважати, що дана модель (рис. 5.1.) підготовлена до математичної обробки. Для виконання математичних обчислень ймовірностей випадкових подій логіко-імітаційної моделі застосовують формули.

Для проведення обчислень ймовірності травми використовуємо логіко-імітаційну модель процесу її формування.

1. Ймовірність події  $P_3$ :

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2, \quad (5.1)$$

Умовно приймаємо, що ймовірність базових подій  $P_1 = 0,3$ , а  $P_2 = 0,5$ .

Підставивши дані ймовірностей базових подій, одержимо:

$$P_3 = 0,3 + 0,5 - 0,3 \cdot 0,5 = 0,65$$

Слід зауважити, що обчислення ймовірностей випадкових подій проводяться відповідно до положень Булевої алгебри.

Подібно обчислюємо ймовірність інших подій залежно від їх номера.

$$P_6 = P_4 + P_5 - P_4 \cdot P_5 = 0,65; \quad (5.2)$$

$$P_7 = P_3 + P_6 - P_3 \cdot P_6 = 0,87; \quad (5.3)$$

$$P_{10} = P_8 + P_9 - P_8 \cdot P_9 = 0,65; \quad (5.4)$$

$$P_{11} = P_7 + P_{10} - P_7 \cdot P_{10} = 0,95; \quad (6.5)$$

$$P_{13} = P_{11} \cdot P_{12} = 0,095. \quad (5.6)$$

Таким чином, на робочому місці під час роботи установки для дослідження процесу розбирання і складання підшипникових вузлів при наявності тих недоліків з охорони праці, які відображені у базових подіях на 100 таких місць, можна очікувати 9,5 травми. Звичайно це значення заокруглюємо до цілого числа так як кожна травма це є одне ціле і відповідно отримаємо 10 травм з базових подій охорони праці на 100 робочих місць.

На даному робочому місці можуть бути й інші недоліки, які призведуть



до травми з інших причин. Але складовими причинами іншої травми також можуть бути такі недоліки, як не ефективний контроль чи низький професійний рівень знань працюючих. Тоді треба побудувати значно складнішу модель і відповідно під час обчислення цієї моделі з врахуванням всіх факторів отримаємо результат.

#### **5.4. Безпека в надзвичайних ситуаціях**

Для запобігання виникненню пожеж кожен працівник зобов'язаний суворо дотримуватись встановлених правил щодо їх попередження як у побуті, так і на підприємствах та в інших місцях.

На об'єктах народного господарства, встановлюється протипожежний режим і розробляються інструкції як для всього об'єкта, так і для окремих цехів, дільниць, бригад. Потрібно знати, що для гасіння вогню не завжди можна користуватися водою. Не можна направляти водяний струмінь на електропровід, що горить, або на електрообладнання, бо людину може вразити струм, оскільки вода є провідником. Ефективним засобом гасіння загорянь є вогнегасник.

У задимлене приміщення слід заходити обов'язково удвох. Йти, тримаючись за стіни, щоб не втратити орієнтир. Працювати в ізольованих або фільтрувальних протигазах, але з гопкалітовим патроном. Двері в палаюче приміщення відкривати обережно і користуватися ними як прикриттям. Людей із задимленого, палаючого приміщення вивести назовні, попередньо накинувши їм на голову вологу тканину або одяг.

В разі виникнення виробничої аварії начальник цивільної оборони об'єкта терміново організовує оповіщення керівництва і всіх працівників підприємства про небезпеку. Якщо трапилося витікання СДОР, то оповіщається також населення, яке мешкає поблизу об'єкта і в напрямі об'єкта і в напрямі можливого поширення отруйних газів. Населення повинно слухати повідомлення штабу ЦО і діяти за його вказівкою. Організовується розвідка, котра встановлює місце аварії, вид СДОР, ступінь зараження території та повітря, стан людей у зоні зараження, кордони зон забруднення,

напрям і швидкість вітру в приземному шарі, напрям поширення зараженого повітря. Уражених після надання їм допомоги доставляють у незаражений район, а в разі необхідності — до лікувального закладу.

Дії населення під час радіоактивного забруднення місцевості. Радіоактивне зараженою може виявитися місцевість не тільки після ядерного вибуху, а й внаслідок аварії на атомній електростанції, на інших об'єктах, що виробляють або використовують розщеплені матеріали. Характерна особливість радіоактивного зараження місцевості після ядерного вибуху – швидкий спад рівнів радіації через безперервний розпад радіоактивних речовин. Так, через 7 годин після вибуху рівень радіації на місцевості зменшується у 10 разів, через добу – приблизно у 40 разів, через 49 годин – у 100 разів. У тих населених пунктах і районах, де виявлено радіоактивне зараження, мешканці повинні надягнути респіратори, протипилові тканинні маски, ватно-марлеві пов'язки або протигази. Взяти документи, запас їжі і води, медикаменти, предмети першої необхідності й піти до захисної споруди.

Із службових приміщень і житлових будинків треба виходити швидко, не заважаючи іншим. Виведення населення у безпечні місця проводиться організовано, з урахуванням обстановки.

Під час землетрусу не можна залишатися поблизу об'єктів, що мають легкозаймисті і сильнодіючі отруйні речовини, на мостах і шляхопроводах. Якщо сильні підземні поштовхи застали вас на вулиці, слід якнайдалі відійти від будинків. Не можна триматися за високі стовпи і паркани, ховатись на нижніх поверхах та в підвальних приміщеннях будинків. Усі транспортні засоби зупиняються. Пасажири залишають їх і відходять на безпечну відстань. Особливу організованість варто проявити, виходячи з вокзалів, театрів, магазинів.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи одержано такі кінцеві висновки та практичні результати:

1. Закономірності змін технічного стану: Дослідження показують, що технічний стан автомобілів змінюється відповідно до певних закономірностей, які залежно від умов експлуатації можуть бути як плавними, так і різкими. Ці закономірності мають критичне значення для прогнозування часу відмов і планування технічного обслуговування.

2. Роль випадкових величин: Розподіл випадкових величин, таких як час до відмови чи інтенсивність відмов, є важливим інструментом для аналізу надійності автомобілів. Найпоширенішими законами розподілу в таких випадках є експоненціальний, нормальний і Вейбуллів розподіли.

3. Практичне застосування: Знання основних законів розподілу дозволяє прогнозувати відмови і оптимізувати процеси технічного обслуговування. Це дозволяє скоротити час простою автомобілів, зменшити витрати на ремонт і покращити загальну ефективність експлуатації автопарку.

4. Перспективи подальших досліджень: Вивчення закономірностей розподілу випадкових величин в контексті надійності автомобілів відкриває можливості для розробки нових методів діагностики та вдосконалення системи управління технічним станом транспортних засобів.

5. У межах даного дослідження ставиться завдання проаналізувати застосування цих законів розподілу до оцінки надійності агрегатів і вузлів автомобілів-тягачів MERCEDES-BENZ ACTROS LS 1844. Такий аналіз дозволить виявити закономірності виникнення відмов і визначити шляхи підвищення надійності цих транспортних засобів.

6. Загалом, основні закономірності розподілу пошкодження включають нормальний розподіл, логарифмічний нормальний розподіл, рівномірний розподіл і розподіл Вейбулла.

7. На основі проведеного аналізу досліджень можна детальніше вивчити природу та фізичні аспекти відмов автомобілів-тягачів Mercedes-Benz Actros LS 1844, систематизувати причини втрати працездатності та розробити стратегії для запобігання несправностям, а також прогнозувати можливі відмови, оптимізувати та вдосконалити систему профілактичного обслуговування, сформувавши оптимальний перелік запасних частин для придорожніх автосервісних станцій, обрати ефективне планувальне рішення для організації роботи автосервісного центру вантажних автомобілів і автопоїздів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Васильків І. М. Основи теорії ймовірностей і математичної статистики : навч. посібник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2020. 184 с.
2. Гайдучок В. М., Затхей Б. І., Лінник М. К. Теорія і технологія наукових досліджень. Навчальний посібник. Львів : Афіша, 2005. 232 с.
3. Грабар І.Г. Основи надійності машин: Навчальний посібник. Житомир: ЖІТІ, 1998. 298 с.
4. Гранкін С. Г., Малахов В. С., Черновол М. І., Черкун В. Ю. Надійність сільськогосподарської техніки. Київ: Урожай, 1998. 208 с.
5. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. [Чинний від 1996-01-01]. Вид. офіц. Київ, 1996. 75 с.
6. Єременко В. С., Куц Ю. В., Мокійчук В. М., Самойліченко О. В. Статистичний аналіз даних вимірювань: навч. посіб. Київ: НАУ, 2013. 320 с.
7. Канарчук В.Є., Полянський С.К., Дмитрієв М.М. Надійність машин: Підручник. Київ: Либідь, 2003. 424 с.
8. Кравченко А.П. Аналіз експлуатаційної надійності автомобілів-тягачів VOLVO FH 1242 / А.П. Кравченко, Е.А. Верительник // Міжвуз. зб. «Наукові нотатки». Луцьк : ЛНТУ, 2012. Вип. 36. С. 165–168.
9. Кравченко А.П., Верительник Е.А. Дослідження експлуатаційної надійності автомобілів-тягачів Mercedes-Benz 1844 ACTROS LS / Матеріали ІV міжнародної науково-практичної конференції «Логістика промислових регіонів» (23 – 25 квітня 2012, Донецьк – Святогірськ). Збірник наукових праць. – Донецьк: ЛАНДОН-XXI, 2012. С. 160 – 164.
10. Кравченко А.П., Шкварок О.И. Про деяких закономірностях затрат часу гарантійного відновлення автомобілів-тягачів MERCEDES- BENZ / Вісник СНУ ім. В. Даля, № 8(90). Луганськ; СНУ ім. В. Даля, 2005. С. 173 – 176.
11. Кузьмінський Р.Д. Організаційно-технологічна сумісність процесів ремонту об'єктів у спільному потоці. *Пр. ін-ту Львів. с.-г. ін-т.* Львів, 1992. С. 17–29.

12. Лехман С.Д. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ: Урожай, 1993. 220 с.
13. Науменко О.А. Порівняльний аналіз організації технічного сервісу в Україні і за кордоном. *Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства*. Вип. 8 "Підвищення надійності відновлюваних деталей машин". Т.І. Харків. 2001. С.3–6.
14. Основи наукових досліджень. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт №2 і №3 для студентів факультету механізації сільського господарства. Львів. 1998. 38с.
15. Охорона праці. Методичні рекомендації до виконання розділу з охорони праці у дипломних проектах. Львівський національний аграрний університет, 2012 р.
16. Ремонт машин і обладнання : підруч. / Сідашенко О. І. та ін.; за ред. О. І. Сідашенка, О. А. Науменка. Київ : Аграр Медіа Груп, 2014. 632 с.
17. Сімонєць В.А., Шаповалов В.В., Без'язичний Д.В., Кравченко О.П. Визначення надійності систем активної безпеки автомобілів-тягачів VOLVO FH 1242 та доцільності збереження запасних частин // Тези Всеукраїнської науково-практичної on-line конференції аспірантів, молодих учених та студентів, присвяченої Дню науки 16–18 травня 2018 року Житомир: ЖДТУ, 2018. С. 66.
18. Стеблюк М.І. Цивільна оборона. Київ: Урожай. 1994. 360 с.
19. Ступак Д.І., Кравченко О.П. Дослідження експлуатаційної надійності ДВЗ автомобілів-тягачів Mercedes-Benz 1844 ACTROS LS // Збірник тез доповідей XI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Підвищення надійності машин», 20-21 квітня 2017 р. Кропивницький: МОВ ЦНТУ, 2017. С. 67-70
20. Ступак Д.І., Шаповалов В.В., Кравченко О.П. Експлуатаційна надійність гальмівної системи автомобілів-тягачів VOLVO FH 1242 // Збірник тез доповідей XI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Підвищення надійності машин», 20-21 квітня 2017 р. Кропивницький: МОВ ЦНТУ, 2017. С. 64-67

21. Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів : навч. посібн. / Р.Д. Кузьмінський, А.О. Шарибура. Львів : Сполом, 2017. 376 с.
22. Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій. / Сідашенко О.І. та інші. Навч. посібник. Харків: ХНТУСГ, 2017. 361 с.
23. Ткач Є. І., Сторожук В. П. Загальна теорія статистики: підручник [для студ. вищ. навч. закл.]. Київ: Центр учбової літератури, 2009. 442 с.
24. Форнальчик Є.Ю., Качмар Р.Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів: навч.посібник. 2-ге вид., змін та допов. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. 324 с.
25. Форнальчик Є.Ю., Оліскевич М.С., Мاستикаш О.Л., Пельо Р.А. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: Навчальний посібник. / За загальною ред. Є.Ю. Форнальчик. Львів : Афіша, 2004. 492 с.
26. Шарибура А.О., Левчук О.В., Рис В.І., Барабаш Р.І. Оцінення випадкових процесів зміни технічного стану АТЗ. Методичні рекомендації до виконання практичної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни «ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ АВТОМОБІЛІВ». Дубляни, 2023. 20 с.



## **ДОДАТКИ**

## Результати статистичної обробки даних інтеркулера та прокладки

Змінна	Вид розподілу	D[x]	$\beta_1$	$\beta_2$	Щільність імовірності
Інтеркулер	Логнормальний	3539711000	1,168	2,124	$f(x) = \frac{1}{x \cdot 5949,55\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \ln 334310)^2}{2 \cdot 5949,55^2}}$
Прокладки	Рівномірний	21895280000	-	-	$f(x) = \frac{1}{760000 - 574000}$

## Результати статистичної обробки даних блоку керування КПП та джойстика КПП

Змінна	Вид розподілу	D[x]	$\beta_1$	$\beta_2$	Щільність імовірності
Блок керування КПП	Логнормальний	14073090000	0,887	0,9612	$f(x) = \frac{1}{x \cdot 118630\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \ln 414116,7)^2}{2 \cdot 118630^2}}$
Джойстик КПП	Логнормальний	10982800000	1,193	10,845	$f(x) = \frac{1}{x \cdot 104798,8\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \ln 427782,6)^2}{2 \cdot 104798,8^2}}$

## Результати статистичної обробки даних наконечника повздовжньої тяги та шланг гідропідсилювача

Змінна	Вид розподілу	D[x]	$\beta_1$	$\beta_2$	Щільність імовірності
Загальний розподіл	Нормальний	15244120000	-0,092	-0,225	$f(x) = \frac{1}{123467,1\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-505666,7)^2}{2 \cdot 123467,1^2}}$
Наконечник повздовжньої тяги	Логнормальний	13716770000	0,4005	-0,319	$f(x) = \frac{1}{x \cdot 117118,6\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \ln 474392,5)^2}{2 \cdot 117118,6^2}}$
Рукав гідропідсилювача	Логнормальний	5,747511000	0,404	0,723	$f(x) = \frac{1}{x \cdot 75812,34\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \ln 544152,5)^2}{2 \cdot 75812,34^2}}$

## Результати розрахунку втулки стабілізатора та втулки торсіону

Змінна	Вид розподілу	D[x]	$\beta_1$	$\beta_2$	Щільність імовірності
Втулка стабілізатора	Нормальний	12003430000	-0,214	-0,181	$f(x) = \frac{1}{109560,2\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-590240,4)^2}{2 \cdot 109560,2^2}}$
Втулка торсіону	Нормальний	1361880000	-0,167	-0,436	$f(x) = \frac{1}{116699,8\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-501163,2)^2}{2 \cdot 116699,8^2}}$

## Результати натяжний ролик та ременя генератора

Змінна	Вид розподілу	D[x]	$\beta_1$	$\beta_2$	Щільність імовірності
Натяжний ролик	Нормальний	12949990000	0,0239	-0,846	$f(x) = \frac{1}{113798\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-515564.9)^2}{2 \cdot 113798^2}}$
Ремінь генератора	Нормальний	20515490000	0,183	-0,706	$f(x) = \frac{1}{143232.3\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-468925.6)^2}{2 \cdot 143232.3^2}}$

## Результати статистичної обробки даних датчика ABS та модулятора

Змінна	Вид розподілу	D[x]	$\beta_1$	$\beta_2$	Щільність імовірності
Датчик ABS	Логнормальний	25841450000	-0,969	0,404	$f(x) = \frac{1}{x \cdot 160752,8\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \ln 514717,4)^2}{2 \cdot 160752,8^2}}$
Модулятор	Логнормальний	17158050000	-0,1601	-0,606	$f(x) = \frac{1}{x \cdot 130988,7\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \ln 533460)^2}{2 \cdot 130988,7^2}}$