

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

01.11 – МР.1944«С»2022.12.30 016 ПЗ

ЗАБЛОЦЬКИЙ БОГДАН ЮРІЙОВИЧ

2023 р.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

УДК 631.372-027.45

ПОГОДЖЕНО Декан механіко-технологічного факультету
ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ Завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М.П. Момотенка

(підпис)

Вячеслав БРАТІШКО
(ім'я, прізвище)

(підпис)

Іван РОГОВСЬКИЙ
(ім'я, прізвище)

« » 2023 р. « » 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Удосконалення імітаційного моделювання виробничого процесу підрозділу техсервісу ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка»

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»
(код і назва)

Освітня програма «Автомобільний транспорт»
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

доктор технічних наук, професор
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Валерій ВОЙТЮК
(ім'я, прізвище)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

д.т.н., проф.
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Валерій ВОЙТЮК
(ім'я, прізвище)

Виконав:

(підпис)

Богдан ЗАБЛОЦЬКИЙ
(ім'я, прізвище)

КИЇВ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технічного сервісу та
інженерного менеджменту ім. М.П.Момотенка

д.т.н., проф.

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

Іван РОГОВСЬКИЙ

(ім'я прізвище)

2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Богдану ЗАБЛОЦЬКОМУ

(прізвище, ім'я по батькові)

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

(код і назва)

Освітня програма «Автомобільний транспорт»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи Удосконалення імітаційного моделювання виробничого процесу підрозділу техсервісу ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «30» грудня 2022 р. № 1944 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи науково-технічна література; результати науково-дослідних робіт по літературних джерелах удосконалення імітаційного моделювання виробничого процесу підрозділу техсервісу ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка»

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз стану питання досліджень, мета, задачі дослідження
2. Теоретичний розрахунок значень удосконалення імітаційного моделювання виробничого процесу підрозділу техсервісу ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка»
3. Методика експериментальних досліджень удосконалення імітаційного моделювання виробничого процесу підрозділу техсервісу ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка»
4. Результати експериментальних досліджень, техніко-економічна ефективність виконаних досліджень

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 14 слайдах

Дата видачі завдання «11» листопада 2022 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Валерій ВОЙТЮК

(ім'я прізвище)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Богдан ЗАБЛОЦЬКИЙ

(ім'я прізвище)

УДК: 631.3.004

Магістерська робота: 74 с. текст. част., 18 рис., 10 табл., 12 слайдів,
33 джерела.

Виконано аналіз діяльності товариства з обмеженою відповідальністю «Аграрний комплекс Тернопільчанка» головний офіс якої розміщений у м. Тернопіль. Здійснено аналіз організаційної структури як самої компанії так і її регіональної сервісної служби.

Здійснено аналіз основних причин, що визначають надійність виробу та пов'язані з ним явища. Подано математичний апарат теорії ймовірностей який застосовується на практиці для опису показників експлуатаційної надійності.

Наведено методику виробничих експериментів щодо дослідження статистичних даних щодо відмов автомобілів сервісної служби, яка ґрунтується на відомих методах математичної статистики.

Встановлено середнє напрацювання на відмову та обґрунтовано ймовірність безвідмовної роботи автомобілів сервісної служби у ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка».

Здійснено аналіз умов праці, побуту та профілактики виробничого травматизму у підприємстві, розроблено логіко-імітаційну модель травм на виробництві.

Виконано техніко-економічну оцінку надійності автомобілів сервісної служби у ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка».

ЗМІСТ	
ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ	9
1.1. Аналіз діяльності підприємства	9
1.2. Організаційна структура та функціонування сервісної служби	11
1.3. Причини втрати робоздатності автотранспортними засобами	16
Висновки до розділу 1	20
2. ВИРОБНИЧІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	21
2.1. Робоздатність та надійність виробів	21
2.2. Показники оцінки безвідмовності виробу	24
2.3. Класифікація відмов	29
Висновки до розділу 2	32
3. МЕТОДИКА ЗБОРУ ТА ОПРАЦЮВАННЯ ПОЧАТКОВИХ ДАНИХ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАДІЙНОСТІ	33
3.1. Методика збору та опрацювання статистичної інформації	33
3.2. Методика кількісної оцінки властивостей надійності автотранспортного засобу	37
3.3. Методика математичного опрацювання статистичних даних	43
Висновки до розділу 3	47
4. РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛІВ СЕРВІСНОЇ СЛУЖБИ	48
4.1. Результати обґрунтування середнього напрацювання на відмову автомобілів сервісної служби	48
4.2. Результати обґрунтування імовірності безвідмовної роботи автомобілів сервісної служби	51
Висновки до розділу 4	54

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ

СИТУАЦІЯХ

5.1. Структурно функціональний аналіз травмонебезпечних ситуацій впродовж виконання робіт	55
---	----

5.2. Розробка логічно-імітаційної моделі травм на виробництві.....	57
--	----

5.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях	61
---	----

Висновки до розділу 5	62
-----------------------------	----

6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ

АВТОМОБІЛІВ СЕРВІСНОЇ СЛУЖБИ	63
------------------------------------	----

Висновки до розділу 6	66
-----------------------------	----

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	67
---	----

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	67
----------------------------------	----

ДОДАТКИ.....	72
--------------	----

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

Незважаючи на різноманітність машин та умов їх роботи, формування показників надійності відбувається за загальними законами, які підпорядковуються єдиній логіці подій і розкриття цих зв'язків є основою для оцінки, розрахунку та прогнозування надійності, а також для побудови раціональних систем виробництва, випробування та експлуатації машин.

Для виконання цього завдання необхідно створити ідеологію надійності, тобто розробити таку систему понять та поглядів, яка б дозволила різні сторони та взаємозв'язки цієї багатогранної проблеми об'єднати в одне ціле та встановити роль, значення та пропорції всіх складових частин. Надійність акумулює та синтезує все те, що сприяє підвищенню працездатності виробів та їх складових частин, вона є дзеркалом досягнень у галузі проектування, технології та експлуатації машин.

Надійність – це один з основних показників якості виробів, що проявляється в часі і відображає зміни, що відбуваються в машині протягом усього періоду її експлуатації.

Надійність повинна розраховуватися вже на стадії проектування оскільки це робиться для оцінки міцності, деформацій, теплових полив та інших характеристик відповідальних виробів.

Статистика відмов, що є до теперішнього часу основним джерелом інформації для оцінки надійності виробу – це лише сигнал зворотного зв'язку, що дає уявлення (на жаль, з великим запізненням) про те, наскільки конструкція, технологія та умови експлуатації забезпечили бажані показники надійності. Тому не статистичні дані, а розрахунок та прогнозування можливої поведінки машини у передбачуваних умовах експлуатації, технологічне забезпечення заданих показників якості спеціальні випробування та регламентація умов експлуатації машин є основою для управління надійністю та забезпечення її необхідного рівня.

Мета роботи – підвищити ефективність використання автомобілів сервісної служби у підприємстві.

Завдання дослідження:

– здійснити аналіз стан підприємства;
 – проаналізувати впливу умов експлуатації на технічний стан автомобілів сервісної служби;

– розробити програму виробничих експериментів та виконати опрацювання їх результати, що дасть змогу кількісно оцінити властивості надійності сервісних автомобілів;

– виконати прогноз динаміки показників надійності автомобілів сервісної служби в залежності від їх пробігу;

– виконати техніко-економічну оцінку надійності автомобілів сервісної служби.

Об'єкт дослідження: автомобілів сервісної служби компанії та їхній технічний стан.

Предмет дослідження: напрацювання автомобілів сервісної служби на відмови.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що вперше:

– встановлено розподіл та статистичні характеристики середнього напрацювання на відмову автомобілів сервісної служби у підприємстві;

– визначено теоретичну ймовірність безвідмовної роботи автомобілів сервісної служби у підприємстві.

Практичне значення результатів полягає у тому, що:

– встановлений розподіл та статистичні характеристики середнього напрацювання на відмову автомобілів сервісної служби є важливою умовою для оцінки їхнього ефективного використання у «Аграрний комплекс Тернопільчанка».

– досліджена залежність динаміки прогнозованої теоретичної ймовірності безвідмовної роботи автомобілів сервісної служби «Аграрний комплекс Тернопільчанка» від пробігу, що дало змогу оцінити ймовірність безвідмовної роботи для заданого напрацювання.

1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

1.1. Аналіз діяльності підприємства

Товариство з обмеженою відповідальністю (ТОВ) «Аграрний комплекс Тернопільчанка» була створена у 2004 році. Основною метою було створення сучасного підприємства, яке стало б надійним та відповідальним партнером для інших сільськогосподарських підприємств у розвитку аграрного бізнесу. І як видно із розвитку компанії дана мета успішно втілюється уже понад сімнадцять років. На сьогодні ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка» – це лідер у сфері продажу, обслуговування, реалізації запасних частин та ремонту техніки відомих світових машинобудівних компаній таких як: CLAAS, Lemker, Amazone, SCHMOTZER, BEDNAR та OPALL-AGRI.

Також ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка» є представником світового лідера з виробництва доїльних залів, систем та засобів гігієни для тварин компанії GEA Farm Technologies.

Головний офіс компанії розміщений у м. Тернопіль за адресою вулиця Степана Будного, 4а. (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Розташування головного офісу та сервісної служби у ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка»

Виконаний нами аналіз організаційної структури Товариства з обмеженою відповідальністю «Аграрний комплекс Тернопільчанка» дає нам змогу зробити висновок про те, що управління підприємством здійснюється за трьома основними напрямками, а саме: продажу та маркетингу; фінансово-юридичний та розвитку. Відповідно за кожним із них закріплено визначене поле відповідальності (рис. 1.2).

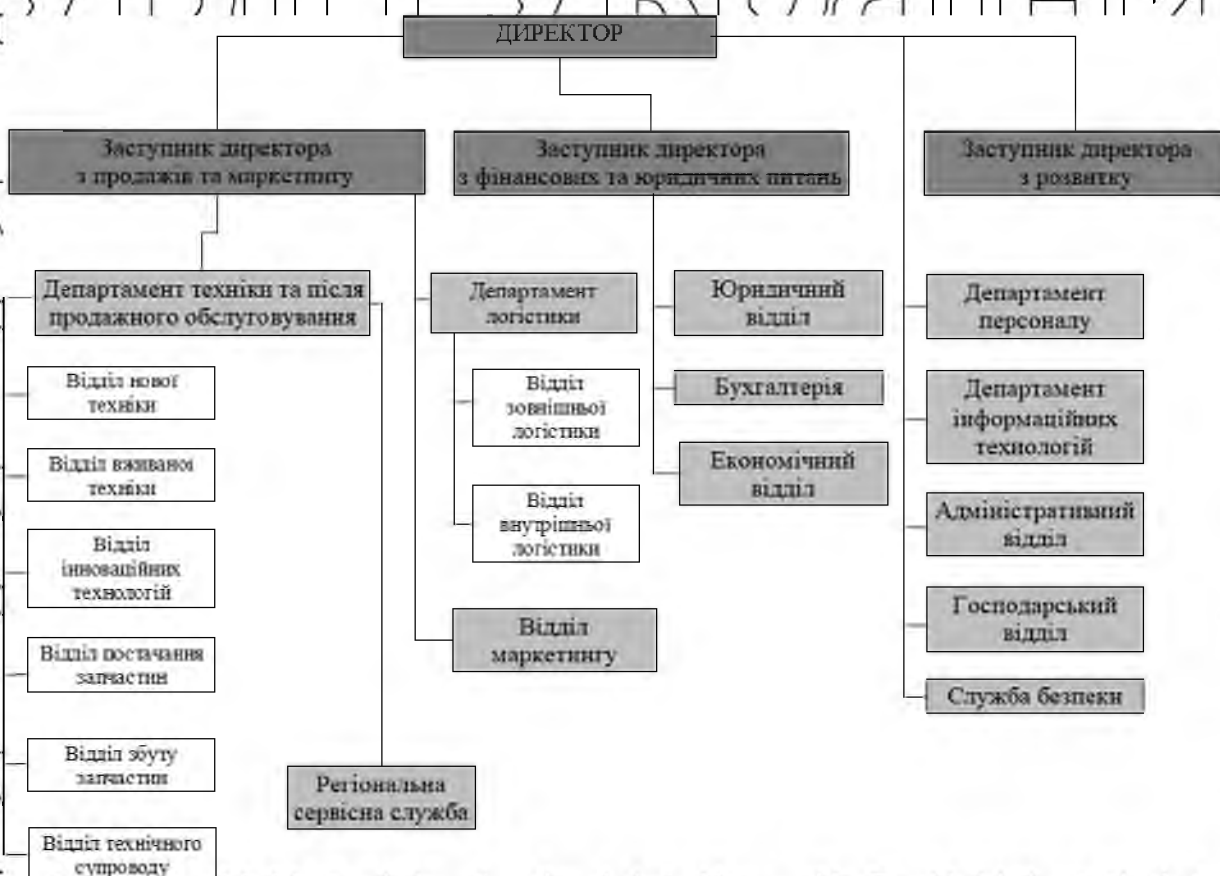


Рисунок 1.2 – Організаційна структура Товариства з обмеженою відповідальністю «Аграрний комплекс Тернопільчанка»

В структурі компанії знаходяться три департаменти (техніки та після продажного обслуговування; персоналу та логістики). Так підрозділи як відділи можуть функціонувати окремо (маркетингу, адміністративний, юридичний, економічний та інші), а також можуть бути об'єднаними у певні департаменти (наприклад «департамент техніки та після продажного обслуговування» включає в себе такі відділи: нової техніки та вживаної техніки; відділ інноваційних технологій; відділ постачання запчастин; відділ збуту запчастин; відділ технічного супроводу, а також він відповідає за регіональну сервісну службу.

1.2. Організаційна структура та функціонування сервісної служби

Подальший аналіз структури підприємства дав змогу дослідити такий виробничий підрозділ як сервісна служба. В результаті цього нами було встановлено, що ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка» має свої представництва у багатьох містах України, а саме: Хмельницькому, Рівному, Луцьку, Івано-Франківську, Львові, Чернівцях, Одесі та Миколаєві (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Організаційна структура регіональної сервісної служби у ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка»

Основним завданням сервісної служби у ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка» є надання послуг (згідно контракту) з технічного сервісу (обслуговування, ремонту та діагностики комбайнів, тракторів та сільськогосподарської техніки таких марок як: CLAAS, Lemken, Amazone, SCHMOTZER, BEDNAR та OPALL-AGRI.

Як правило під сервісними послугами які надає в товариство з обмеженою відповідальністю «Аграрний комплекс Тернопільчанка» відноситься гарантійне та післягарантійне обслуговування та ремонт, а також продаж запасних частин до техніки.

Гарантійне сервісне обслуговування сільськогосподарської техніки передбачає виконання таких робіт як:

1. Навчання операторів основам експлуатації та технічного обслуговування;
2. Налаштування техніки в польових умовах;

3. Інструктаж операторів та запуск в експлуатацію техніки;
4. Проведення регламентного технічного обслуговування;
5. Сезонна та міжсезонна: інспекція машин, зберігання техніки;
6. Усунення поломок машин під час гарантійного періоду.

Також ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка» здійснює реалізацію вживаної техніки, яка пройшла передпродажню підготовку, що включає в себе технічне обслуговування (діагностику, дефектацію, а за потреби поточний ремонт).

Надання послуг технічного сервісу клієнтам здійснюється через структуру регіональних сервісної служби у ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка». Даний вид послуг здійснюється за правилом (графіком) 24/7 та 365 днів на рік впродовж передбаченого контрактом часу.

З метою оперативного надання сервісних послуг усі сервісні інженери забезпечені спеціалізованим транспортом (сервісним автомобілями). Загалом ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка» має у своєму розпорядженні такі сервісні автомобілі як Volkswagen Caddy – 15 одиниць та Volkswagen Transporter – 10 одиниць (відповідно рис. 1.4 та 1.5.). Характеристики даних моделей наведені відповідно у табл. 1.1 - 1.2. [7, 26].



Рис. 1.5 – Загальний вигляд сервісного автомобіля Volkswagen Caddy

Таблиця 1.2 – Технічна характеристика сервісного автомобіля Volkswagen Caddy [26]

Параметри	Показники
ДВИГУН	2.0 TDI
Тип палива	Дизель
Екологічний клас	EURO V
Кількість циліндрів / клапанів	4 / 8
Робочий об'єм (см ³)	1968
Максимальна потужність, кВт (к.с.)	140
при об/хв	4200
Максимальний крутний момент ЕЕС (Nm)	320
при об/хв	2500
ТРАНСМІСІЯ	6-ступінчата механічна
ГАБАРИТИ	
Довжина, мм	4306
Ширину без дзеркал, мм	1793
Колісна база, мм	2682
Висота, мм	1822
Кліренс, мм	155
Повна маса	2175
Вантажопідйомність (разом з водієм), кг	800
Максимальна швидкість, км/год	170
Витрата пального ¹ (міський цикл), л/100 км	7,4
Витрата пального ² (змішаний цикл), л/100 км	6,0
Викид CO ₂ , г/км	138



Рис. 1.4 – Загальний вигляд сервісного автомобіля Volkswagen Transporter ТОВ «Компанія ЛАН»

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика сервісного автомобіля Volkswagen Transporter T1

Параметри	Показники
Двигун	L2H 2.0 TDI 150 МКПП
Тип палива	Дизель
Екологічний клас	EURO V
Кількість циліндрів / клапанів	4 / 8
Робочий об'єм, (см ³)	1968
Максимальна потужність, кВт (к.с.) при об/хв	110 (150)
Максимальний крутний момент ЕЕО (Нм) при об/хв	3250
	340
	1500
Трансмiсія	6-ступінчата механічна
Габарити	
Довжина, мм	5304
Ширина без дзеркал, мм	1904
Колісна база, мм	3400
Висота, мм	1990
Кліренс, мм	202
Повна маса	2800
Вантажопідйомність (разом з водієм), кг	1326
Максимальна швидкість, км/год	183
Витрата пального ³ (міський цикл), л/100 км:	8,5
Витрата пального ³ (змішаний цикл), л/100 км:	7,1
Викид CO ₂ , г/км:	183

Відповідно до розпорядження департаменту «Техніки та після продажного обслуговування» ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка» від 5 квітня 2015 року «Необхідний перелік обладнання та інструментів сервісного автомобіля» будь який сервісний автомобіль компанії в своєму розпорядженні повинен мати інструмент згідно списку наведеного в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Перелік наявного в сервісному автомобілі обладнання та інструментів

№ з/п	Номенклатура інструменту
1	2
Частина 1. НЕОБХІДНИЙ ВЕСЬ ІНСТРУМЕНТ В КОЖНОМУ АВТОМОБІЛІ	
1	Манометр або манометри для вимірювання тиску з межами вимірювань 0-550 bar (8000 psi) і дві муфти JTO5437.
2	Шприц нагнітач пластичного мастила
3	Electrical service kit JTO7195B
4	Electrical connection service kit JDG10466
5	O-ring kit AG AR73500 (кільця кожного розміру не менше 4 штук)
6	O-ring kit FLAT surface AT85197 (кільця кожного розміру не менше 4

7	Мультиметр цифровий
8	Динамометричний ключ до 100 Нм
9	Динамометричний ключ до 300 Нм
10	Динамометричний ключ до 800 Нм або до 300 Нм + мультиплікатор
11	Набір головок до динамометричного ключа 800 Нм і подовжувач
12	З'єднувальний комплект для зв'язку Service Advisor стехнікой (PDM / EDL / EDL v.2)
13	Електронний каталог запчастин РМ Pro / РМ Pro electronic parts catalog Частина 2. ОБОВ'ЯЗКОВО 95% СПИСКУ У КОЖНОМУ АВТОМОБІЛІ
1	Плоскогубці
2	Молоток 1 кг
3	Молоток м'який (каучуковий, гумовий)
4	Набір викруток з плоским жалом 3 різних розміру
5	Набір викруток хрестоподібних 3 різних розміру
6	Набір шестигранних ключів Г-образних метричних (3 мм-10 мм)
7	Набір шестигранних ключів Г-образних дюймових (1/8" - 9/16")
8	Перехідники М3 / 8 - П 1/2 і М3 / 8 - П 1/4
9	Наборключей комбінованих (рожково-накидний) 7мм-24мм, атакож 27мм, 30мм, 32мм.
10	Наборключей комбінованих (рожково-накидний) 5/16 "- 1-1 / 8". (5/16 ", 3/8", 7/16", 1/2", 9/16", 5/8", 11/16", 3/4", 13/16", 7/8", 15/16", 1", 1-1 / 8")
11	Набір головок квадрат 1/2 дюйма, 10мм-32мм
12	Набір головок квадрат 1/2 дюйма, 3/8"- 1-1 / 4" (3/8", 7/16", 1/2", 9/16", 5/8", 11/16", 3/4", 13/16", 7/8", 15/16", 1", 1-1 / 4", 1-1 / 8", 1-1 / 4")
13	Зривний важіль, квадрат 1/2 дюйма
14	Тріскачка, квадрат 1/2 дюйма
15	Подовжувачі 50 і 125 мм, 1/2 дюйма
16	Кардан шарнірний 1/2 дюйма
17	Набір головок квадрат 1/4 дюйма, 8мм-13мм (8, 9, 10, 11, 12, 13)
18	Набір головок квадрат 1/4 дюйма, 5/16 "- 5/8" (5/16", 3/8", 7/16", 1/2")
19	Зривний важіль, квадрат 1/4 дюйма
20	Тріскачка, квадрат 1/4 дюйма
21	Подовжувачі 50 і 125 мм, 1/4 дюйма
22	Кардан шарнірний 1/4 дюйма
23	Набір біт TORX
24	Набір вибивачів
25	Зубило
26	Ножовка по металу
27	Набір напилків
28	Штангенциркуль
29	Мірна рулетка
30	Струбцина або фіксуючі кліщі
31	Ключ для масляних фільтрів
32	Монтажка
33	Розвідний ключ
34	Стропи матерчаті

1	2
35	Набір мітчиків і плашок (метричний і дюймовий)
36	Знімачі стопорних кілець зовнішніх
37	Знімачі стопорних кілець внутрішніх
38	Набір шупів для перевірки зазорів (метричний)
39	Гнучкий цанговий затиск або штанга магнітна
40	Дзеркало на подовжувачі
41	Ліктарик
42	Пінцет

Означений вище список обладнання та інструментів є розділений на дві частини. В першій частині наведено перелік обов'язкового інструменту який повинен бути завжди у кожному автомобілі сервісної служби компанії і вона складається із 14 позицій. Зі списку наведеного в другій частині (42 позиції інструменту) в кожному автомобілі сервісної служби їх повинно бути не менше 95 %.

1.3. Причини втрати роботоздатності автотранспортними засобами

Фактично будь-який технічний автомобіль під час експлуатації, транспортування чи зберігання перебуває у взаємодії з її оператором, об'єктами праці, навколишнім середовищем. Паралельно з плином часу відбувається поступове незворотне зниження показників якості об'єкта. Даний процес у часі може бути як абсолютним так і відносним [2, 3, 16, 30].

Абсолютне зниження означених показників якості (тобто погіршення вихідних параметрів) слід називати фізичним старінням або зносом. Воно є спричинене впливом різних процесів, що здійснюють вплив на об'єкти і зумовлюють зміни стану чи властивостей матеріалів та деталей об'єкта.

Відносне зниження показників якості об'єктів є пов'язане з появою на ринку нових, більш удосконалених виробів, відповідно вихідні параметри

яких за своїми показниками перевищують відповідні параметри виробів, що розглядаються.

Слід зазначити, що такі зміни показників якості, спричинені в першу чергу відставанням від науково-технічного розвитку, називають моральним зносом або старінням [2, 3, 30].

Отже, надійність досліджує такі процеси, які спричиняють абсолютні зміни в показниках якості машин, іншими словами процеси фізичного їх старіння.

Причинами, які спричиняють погіршення вихідних параметрів об'єктів та появу відмов є вплив на виріб: кліматичних та антропогенних (а саме, людини-оператора) чинників, внутрішніх монтажних і залишкових напружень, які в значній мірі пов'язані із виготовленням об'єкта, ударно-вібраційних навантажень, які обумовлюються відповідно робочими процесами у машині та переміщенням (рухом) об'єкта.

Необхідно зазначити, що для автотранспортних засобів головними кліматичними чинниками є: відносна вологість повітря, вплив тепла і холоду, пил і пісок, роса та обмерзання, сонячна радіація та ін. До прикладу, вплив тепла та холоду викликає численні температурні деформації, які в наслідку спричиняють появу пошкоджень.

Сонячні промені здійснюють вплив перебіг фотоокислювальних та фотолітичних процесів, інтенсифікацію руйнівних окислювальних реакцій та активацію поверхонь, а також деструкцію та ін. Волога, що потрапляє у матеріали чи на поверхню, може спричинити прискорення процесів старіння та корозії матеріалів.

Роботоздатність виробу у переважній більшості випадків визначається також впливом людини-оператора. Порушення режиму експлуатації, правил обслуговування, технології ремонту та зберігання можуть спричинити відмови [2, 3, 16].

Під час експлуатації технічні вироби піддаються впливу найрізноманітніших механічних навантажень (вібраціям, ударам, акустичним

шумам та ін.). Зазвичай джерелом цих навантажень є як робочі процеси, які проходять у машині (рух окремих елементів, згоряння палива, тощо), так і під час взаємодії об'єкта з рельєфом (дорожнім, ґрунтовим, польовим та ін.).

Удари як правило зумовлюють в елементах конструкції значні коливання у досить широкому спектрі частот, а це може спричинити до появи на власних резонансних частотах відповідно ще більші амплітудні переміщення відповідних елементів і як наслідок відмови виробів. В умовах роботи тривалих вібрацій проявляються зазвичай дефекти втомленості матеріалів.

Акустичні шуми як правило за характером впливу є досить подібними до вібрацій та ударів, тільки зазвичай у вищому діапазоні частот.

Означені впливи перебувають у досить складній взаємозалежності та проявляються як правило у вигляді механічної, хімічної, та теплової енергій.

Дія їх на об'єкт є комплексною та супроводжується відповідними процесами в деталях, що зазвичай призводить до пошкодження деталей, а також зміни початкових параметрів та відповідно втрати роботоздатності.

Відповідно процеси зміни стану чи властивостей матеріалів деталей як правило поділяють на необоротні та оборотні.

Необоротні процеси – це процеси, результатом дії яких з плином часу відбувається поступове погіршення параметрів, які характеризують роботоздатність виробу, а також, порушення його роботоздатності – відмова. Відповідно, до необоротних процесів відносяться: корозія, зношування, старіння, втомленість.

Оборотні процеси – це процеси, що спричиняють тимчасові зміни параметрів виробів, а також систем об'єкта у незначних межах без ймовірності прогресивного погіршення, а також втрати роботоздатності. Найбільш поширеним прикладом такого процесу є пружна деформація [3, 16, 30].

Отже, взаємозв'язок процесів та явищ, що спричиняють порушення роботоздатності, тобто настання відмови, можна зобразити схематично (рис. 1.5)



Рисунок 1.5 – Причинно-наслідкова схема виникнення відмови

З метою забезпечення роботоздатності виробів необхідно володіти інформацією про усі складові зображеної вище схеми. Тому, слід враховувати, що дослідження фізичної суті необоротних процесів (корозії, зношування та ін.), а також закономірностей, що характеризують їх розвиток, є основою для одержання позитивних результатів.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Висновки до розділу I

1. Здійснений аналіз діяльності ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка» дає нам змогу стверджувати, що воно здійснює впровадження інноваційного світового досвіду в галузі аграрних технологій, а саме: здійснює обслуговування, реалізацію запасних частин та ремонту техніки відомих світових машинобудівних компаній таких як: CLAAS, Lemken, Amazone, SCHMOTZER, BEDNAR та OPALL-AGRI. А також є представником світового лідера з виробництва доільних залів, систем та засобів гігієни для тварин компанії GEA Farm Technologies.

2. Основним завданням сервісної служби у ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка» є надання послуг (згідно контракту) з технічного сервісу (обслуговування, ремонту та діагностики комбайнів, тракторів та сільськогосподарської техніки таких марок як: CLAAS, Lemken, Amazone, SCHMOTZER, BEDNAR та OPALL-AGRI. Як правило під сервісними послугами які надає втовариство з обмеженою відповідальністю «Аграрний комплекс Тернопільчанка» відноситься гарантійне та післягарантійне обслуговування та ремонт, а також продаж запасних частин до техніки.

3. З метою оперативного надання сервісних послуг усі сервісні інженери забезпечені спеціалізованим транспортом (сервісним автомобілями). Загалом ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка» має у своєму розпорядженні такі сервісні автомобілі як: Volkswagen Caddy (15 одиниць) та Volkswagen Transporter (10 одиниць). Тому, показники їхньої експлуатаційної надійності є важливими чинників, які впливають на ефективність роботи сервісних інженерів.

4. В процесі експлуатації АТЗ усі впливи перебувають у досить складній взаємозалежності та проявляються як правило у вигляді механічної, хімічної, та теплової енергій. Дія їх на об'єкт є комплексною та супроводжується відповідними процесами в деталях, що зазвичай призводить до пошкодження деталей, а також зміни початкових параметрів та відповідно втрати роботоздатності.

2. ВИРОБНИЧІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

2.1. Роботоздатність та надійність виробів

При вивченні надійності технічних пристроїв розглядаються найрізноманітніші об'єкти – машини, споруди, апаратура і ін. Для машинобудування об'єкт розгляду будемо називати виробом. Залежно від поставленого завдання виробом може бути окрема деталь, кінематична пара, вузол, агрегат, машина в цілому або система машин [2, 5, 6, 16, 32].

Рішення завдання щодо підвищення або оцінки надійності складної машини зазвичай включає розгляд її елементів, окремих вузлів і агрегатів.

Кожен виріб характеризується певними вихідними параметрами – величинами, визначальними показники якості даного виробу. Вихідні параметри можуть характеризувати найрізноманітніші властивості даного виробу в залежності від його призначення і тих вимог, які до нього пред'являються. Це можуть бути показники точності функціонування, механічні та міцності, кінематичні і динамічні параметри, економічні показники та ін.

Зазвичай кожен виріб характеризується рядом вихідних параметрів і їх допустиме значення обмовляється в нормативних документах (стандартах, технічних умовах).

Значення кожного вихідного параметра залежить від вихідних параметрів вузлів і окремих частин, що складають дане виріб.

Терміни та визначення по надійності стандартизовані (ДСТУ 13377).

Нижче наведені основні з них [2, 5, 6, 16, 32].

Працездатність – це стан виробу, при якому воно здатне виконувати задані функції, зберігаючи значення заданих параметрів в межах встановлених нормативно-технічною документацією.

Технічна документація передбачає рівень зовнішніх впливів, методи технічного обслуговування і ремонту (систему ремонту, витрати на ремонт та ін.), Норми і допустимі відхилення від встановлених параметрів.

Таким чином, працездатність виробу пов'язана не тільки зі «здатністю працювати», тобто виконувати необхідні функції, але і з тим, щоб при цьому вихідні параметри виробу знаходилися в допустимих межах.

Відмова – це подія, що полягає в порушенні працездатності виробу.

Приклади відмов: поломка вала, заклинювання золотника гідросистеми, вихід за припустимі межі ККД двигуна, часу включення фрикційної муфти, величини деформації станини верстата і т.д. Природно, що різні відмови мають і різні наслідки – від незначних відхилень в роботі машини до аварійних ситуацій. Тому нижче будуть особливо розглянуті показники для оцінки ступеня небезпеки відмов і класифікація відмов.

Будь-яка відмова виникає або може виникнути через деякий період часу, який є випадковою величиною. Залежно від причин відмови слід по-різному оцінювати і час роботи виробу. Тут можуть бути два основних випадки (табл. 1), Перший – коли час оцінюється календарною тривалістю роботи виробу. Це характерно для таких причин порушення працездатності виробу, як корозія, дія зовнішніх температурних чинників або опромінення і ін. Час роботи до відмови в цьому випадку називається терміном служби до відмови [2, 5, 6, 16, 32].

Таблиця 2.1. – Оцінка тривалості експлуатації виробу

Обчислення часу роботи	Час роботи до відмови (випадкова величина)	Регламентований час роботи виробу
У відпрацьованих годинах (напрацювання)	T – напрацювання до відмови	T_p – ресурс
У календарних годинах (час роботи)	T – термін служби до відмови	$T_{сл}$ – термін служби

Однак, для більшості машин і механізмів, які обслуговуються основне значення для оцінки втрати працездатності має не календарний час, а тривалість роботи виробу або відповідний їй обсяг виконаної роботи (число циклів, шлях, продуктивність і т. д.). Час роботи виробу до відмови, виражене в годинах, називається в цьому випадку *напрацюванням до відмови*. Виріб або його елемент характеризуються, як правило, не одним, а кількома вихідними параметрами. Термін служби або напрацювання виробу до відмови – це час досягнення граничного значення будь-яким з його вихідних параметрів. Тривалість роботи виробу з тих чи інших причин (необхідність ремонту, зростання небезпеки подальшої експлуатації) може бути регламентована.

Напрацювання або термін служби до граничного регламентованого стану називається відповідно ресурсом або допустимим терміном служби.

Слід зазначити, що час роботи виробу до відмови – випадкова величина, в той час, як ресурс або допустимий термін служби – не випадкові величини. ДСТУ 13377 передбачає застосування таких показників, як призначений, гамма відсотковий, середній ресурс (або середній термін служби). Перерахунок календарних годин в число годин роботи виробу не становить труднощів, якщо відомий коефіцієнт завантаження машини і частка участі даного механізму в циклі роботи [2, 3, 6, 16, 32].

Надійність – це властивість виробу зберігати в часі свою працездатність.

Надійність виробу – узагальнена властивість, яка включає в себе поняття безвідмовності і довговічності. Поділ надійності на ці дві основні категорії залежить від того, який проміжок часу розглядається і чи враховуються заходи, пов'язані з відновленням втраченої працездатності.

Безвідмовність – це властивість виробу безупинно зберігати працездатність протягом деякого періоду часу або деякого напрацювання.

Довговічність – це властивість виробу зберігати працездатність до настання граничного стану, тобто впродовж усього періоду експлуатації при встановленій системі технічного обслуговування та ремонтів.

Таким чином, надійність виробу визначається його безвідмовністю та довговічністю. Перше з них розглядає як би самостійну безперервну роботу виробу без будь-яких втручань для підтримки працездатності.

Довговічність виробу, навпаки, розглядає роботу виробу за весь період його експлуатації та враховує, що тривала робота виробу неможлива без ремонтних і профілактичних заходів, які відновлюють працездатність, знижується в процесі експлуатації.

Основні причини, що визначають надійність виробу, пов'язані, як правило, з випадковими явищами, для опису яких застосовується математичний апарат теорії ймовірностей.

Так, відмова – це випадкова подія, термін служби або напрацювання до відмови – випадкова величина і процес, що призводить до втрати працездатності (наприклад, знос) – випадкова функція. Тому і показники, які застосовуються для оцінки надійності виробу, мають імовірнісну природу [3, 4, 18, 32].

2.2. Показники оцінки безвідмовності виробу

Основним показником безвідмовності виробу є ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$ (коефіцієнт надійності) – ймовірність того, що в заданому інтервалі часу $t = T$ (або в межах заданого напрацювання) не виникне відмови виробу. Значення $P(t)$, як будь-якої ймовірності, може знаходитися в межах $0 \leq P(t) \leq 1$.

Наприклад, якщо ймовірність безвідмовної роботи машини протягом $T = 10000$ км дорівнює 0,95, то це означає, що з великої кількості машин даної моделі в середньому близько 5 відсотків машин втратять свою працездатність раніше, ніж через 10000 км пробігу.

Показник $P(t)$ може бути застосовний і для оцінки безвідмовності

одного виробу. У цьому випадку він як би визнає шанси виробу пропрацювати без відмов заданий період часу. Ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$ і ймовірність відмови $F(t)$ утворюють повну групу подій, тому

$$P(t) + F(t) = 1 \quad (2.1)$$

Допустиме значення $P(t)$ вибирається в залежності від ступеня небезпеки відмови. Наприклад, для відповідальних виробів авіаційної техніки допустимі значення коефіцієнта надійності доходять до $P(t) = 0,9999$ і вище, тобто практично дорівнюють одиниці.

Якщо наслідки відмови пов'язані з незначними економічними втратами, допустиме значення $P(t)$ може бути істотно нижче.

Необхідно мати на увазі, що застосування $P(t)$ без означення періоду часу $t = T$, впродовж якого розглядається робота виробу, не має сенсу. На рис. 2.1 наведено приклад функції безвідмовної роботи виробу $P(t)$. Пунктиром показана крива ймовірності відмов $F_1(t)$, яка симетрична по відношенню до $P_1(t)$ і обидві криві перетинаються в точці, яка відповідає середньому (медіанному) терміну служби (напрацювання) виробу $t = T_{cp}$, при якому $P(t) = F(t) = 0,5$.

З графіка видно, що для даного виробу при його роботі впродовж $t = T_1$ безвідмовність роботи досить висока, оскільки $P_1(t) \approx 1$, а при $t = T_2$ значення $P_1(t) = 0,8$. Кожному виробу в залежності від його працездатності відповідає своя крива $P(t)$. Так, на рис. 2.1 зображена крива $P_2(t)$ для більш надійного виробу, для якого область безвідмовної роботи значно більша і, наприклад, при $t = T_2$ значення $P_2(t) \approx 1$.

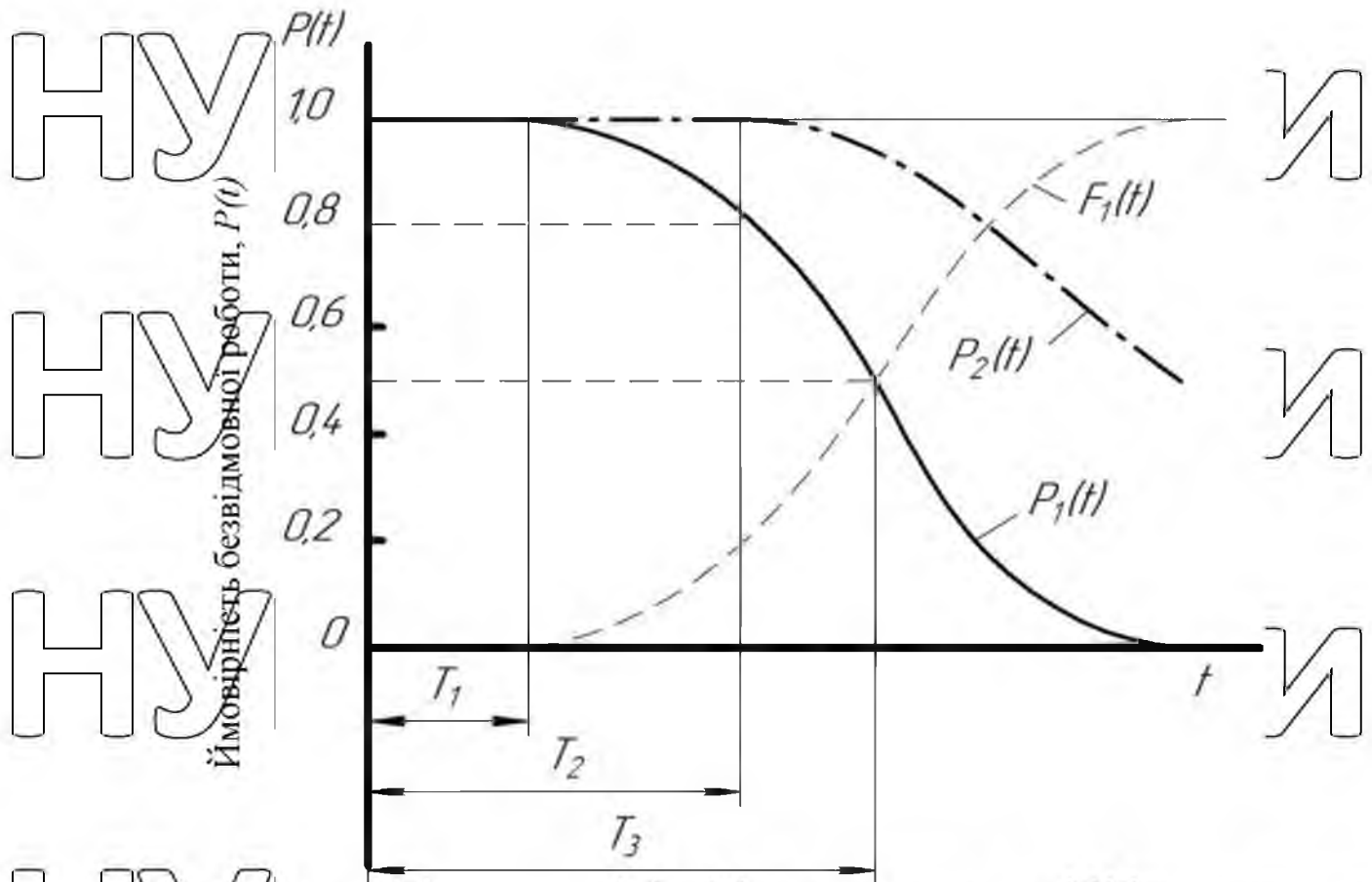


Рисунок 2.1 – Залежність ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$ виробу від часу його експлуатації

Вибираючи значення T можна для будь-якого виробу забезпечити необхідну $P(t)$, оскільки вони пов'язані функціональною залежністю

$$P(t) = \int_{t=T}^{\infty} f(t)dt \quad (2.2)$$

де $f(t)$ – щільність ймовірності для терміну служби (напрацювання) виробу з даного вихідного параметру.

При цьому можуть бути два способи вибору показників.

2.1. При високих вимогах до надійності виробу задаються допустимим значенням $P(t) = \gamma\%$ і визначають час роботи виробу $t = T_\gamma$, що відповідає даній регламентованій ймовірності безвідмовної роботи. Значення

T_γ називається гамма-відсотковим ресурсом і за його значенням роблять висновок про більшу чи меншу безвідмовності виробів.

2.2. При звичайних вимогах до надійності (де відмова не призводить до катастрофічних наслідків) можна задаватися ресурсом виробу $t = T_p$ (або Терміном служби $t = T_{сл}$), наприклад, з умови необхідності проведення планового ремонту всієї машини. У цьому випадку про безвідмовності виробу судять безпосередньо за значенням $P(t)$.

Хоча значення $P(t)$ за відповідний період часу $t = T$ і є основним показником безвідмовності, можуть бути випадки, коли воно перестає бути наочним і потрібні додаткові показники (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Показники безвідмовної роботи виробу

Наявність відмов за розглянутий проміжок часу $t = T$	Значення $P(t)$	Основний показник безвідмовності
Як правило, мають місце	$P(t) \rightarrow 0$	ω – параметр потоку відмов
Можуть бути або не бути (рідкісні події)	$0 \leq P(t) \leq 1$	$P(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи
Неприпустимі	$P(t) \rightarrow 1$	K_n – запас надійності

Перший випадок пов'язаний з таким періодом $t = T$, протягом якого, як правило, можуть виникати відмови цього виробу a , отже, $P(t) \rightarrow 0$. Це характерно для таких відмов, які легко усуваються і не призводять до яких-небудь значних наслідків (наприклад, заміна ріжучого інструменту при роботі на верстаті, необхідність поправляти в транспортному лотку заклинило деталі і т. п.).

В цьому випадку характеристикою безвідмовності може служити провідна функція $\Omega(t)$ – середнє число відмов (математичне очікування числа відмов) за час t або параметр потоку відмов ω :

$$w(t) = \frac{d\Omega(t)}{dt} = \frac{1}{T_{cp}} \quad (2.3)$$

де T_{op} – напрацювання на відмову – відношення сумарної тривалості роботи (напрацювання) виробу до числа відмов, що виникли за цей період (тобто середня тривалість безвідмовної роботи виробу).

Параметр потоку відмов – це середнє число відмов виробу в одиницю часу.

Інший крайній випадок, коли важко безпосередньо застосувати $P(t)$, виникає при оцінці безвідмовності високонадійних виробів, коли значення $P(t)$

близьке до одиниці або дорівнює їй. Створення високонадійних виробів з $P(t) = 1$ можливо за рахунок великої надмірності, тобто за наявності запасу надійності. Цей запас може бути визначений, якщо оцінюються фізичні процеси, що призводять до відмови виробу, і для даних умов експлуатації визначається максимально можлива швидкість даного процесу.

Нехай відомо, що за даний період часу $t = T_0$ параметр виробу X може приймати різні значення (так як є випадковою величиною), але його екстремальна величина за даний період часу $t = T_0$ буде $X_{ек}$. Це значення визначено, наприклад, з оцінки швидкості зносу сполучення для найбільш

несприятливих умов експлуатації (максимальні режими, відсутність мастила і т. д.) Тоді, якщо значення параметра, при якому настане відмова виробу, буде $X_{max} > X_{ек}$, запас надійності K_n можна підрахувати як

$$K_n = \frac{X_{max}}{X_{ек}} > 1 \quad (2.4)$$

Запас надійності може обчислюватися так само, як відношення X_{max} до такого значення параметра X_y , при якому з ймовірністю y параметр не вийде за дані межі, тобто

$$K_n = \frac{X_{max}}{X_y} \quad (2.5)$$

При роботі виробів відбувається зміна його працездатності і тому запас надійності є функцією часу $K_n(t)$ і, як правило, зменшується в процесі

експлуатації машини. Показником надійності може служити також швидкість зміни запасу надійності.

$$\gamma = \frac{dK_n}{dt} \quad (2.6)$$

Слід підкреслити, що при оцінці безвідмовності машини нас цікавить сам факт припинення нормального функціонування машини і не цікавлять час чи кошти, необхідні для відновлення втраченої працездатності.

Показники безвідмовності можуть ставитися як до елемента виробу, так і до виробу в цілому. В останньому випадку відмови може бути різними за влучним висловом відповідно до тих вихідними параметрами, які визначають працездатність виробу. Залежно від поставленого завдання можна

класифікувати відмови за ступенем тих наслідків, до яких вони призводять, і починати призначати допустимі значення показників безвідмовності. Треба мати на увазі, що за аналізований період часу машина може піддаватися ремонту чи технічного обслуговування і з причин, не пов'язаних зі зміною даних вихідних параметрів.

2.3. Класифікація відмов в автотранспортних засобах

Важливішою умовою для успішного вирішення практичних завдань із забезпечення роботоздатності автотранспортних засобів є правильне розуміння як правило фізичної суті відмов, можливих їх причин та наслідків.

В теорії надійності при дослідженні явищ, що спричинили виникнення відмов, а також розробки моделей для їх прогнозування як правило використовується класифікація відмов (табл. 2.3) [3, 9, 16, 32].

Таблиця 2.3 – Класифікація відмов за теорією надійності

Ознака класифікації	Вид відмов
Характер зміни основного параметра об'єкта до моменту виникнення відмови	Поступова Раптова
Можливість наступного використання об'єкта після відмови	Повний Частковий
Зв'язок між відмовами	Незалежний Залежний
Тривалість нероботоздатності	Тривала відмова, збій Відмова, який самоусувається Відмова, що чергується
Наявність зовнішніх проявів відказу	Очевидний (явний) Прихований (неявний)
Причина виникнення	Конструкційний Виробничий Експлуатаційний
Походження	Природний (натуральний) Штучний (викликаний навмисно)
Час виникнення	Відмова при випробовуванні Відмова періоду припрацювання Відмова періоду нормальної експлуатації Відмова останнього періоду експлуатації (аварійного зношування)
Можливість усунення	Відмова, яка усувається Відмова, яка не усувається

Поступова відмова зазвичай характеризується розтягнутими (повільними) у часі змінами кількісних значень одного або декількох вихідних характеристик.

Отже, фізична природа поступових відмов як правило обумовлена повільними незворотними фізико-хімічними процесами, що проходять у об'єкті (деталях, вузлах та ін.). До них відносять: корозія, зношування, втомленість, старіння та ін..

Раптову відмову можна охарактеризувати стрибкоподібною зміною одного чи декількох характеристик об'єкта. Як правило причини раптових відмов залежать переважно від раптової концентрації (теплових, механічних та ін.) навантажень, що здійснюють вплив з середини або зовні об'єкта (деталі, вузла та ін.). Відповідно відмова об'єкту проявляється тоді, коли

сумарні чи одиничні навантаження, які здійснюють вплив на нього, перевищують граничну його міцність.

За можливістю наступної експлуатації виробу після настання відмови поступові поділяються на часткові та повні. При частковій відмові наступне використання виробу за призначенням є неможливе, оскільки значення одного чи декількох основних параметрів знаходяться за допустимими (граничними) межами. Повною відповідно називають відмову, після прояву якої використання виробу за призначенням є неможливе до моменту відновлення його роботоздатності.

За наявністю зв'язків з іншими відмовами розрізняють відповідно залежні (обумовлені) та незалежні (необумовлені) відмовами інших елементів та пошкодженнями об'єкта) відмови.

Відмови за наявними зовнішніми ознаками поділяють на очевидні (явні) – такі, що проявляються після виникнення одразу та приховані (неявні) – такі, що проявляються за побічними ознаками або при усуненні інших відмов виробу.

За причиною їх виникнення поділяються відмови на: експлуатаційні, виробничі та конструкційні.

Експлуатаційні відмови проявляються внаслідок порушення визначених правил або умов експлуатації виробу; конструкційні – як правило, обумовлені недосконалістю конструкції чи порушенням норм й методів конструювання; виробничі – обумовлені недосконалістю технологій ремонту або порушенням встановленого процесу виготовлення.

За часом прояву розрізняють відмови, що проявляються в періоди припрацювання, нормальної експлуатації чи аварійного зносу [3, 9, 16, 30].

Для періоду припрацювання відмови є наслідком наявних у виробі дефектних елементів, відповідно міцність яких є значно нижчою від потрібного рівня. Також причинами цих відмов можуть бути неточності та помилки під час складання виробу.

Природа виникнення відмов для даного періоду має такий же ймовірнісний характер, як і для раптових. Відмінність полягає тільки в тому, що для прояву раптової відмови нормального елемента потрібна дуже висока концентрація навантажень, в той же час для відмови дефектного елемента як правило достатньо значно менших навантажень.

Відмови які проявляються в період нормальної експлуатації мають ймовірний характер, а в період аварійного зношування, зазвичай є поступовими.

Висновки до розділу 2

1. Виконаний нами аналіз основних причин, що визначають надійність виробу, дав змогу встановити, що пов'язані вони як правило, з випадковими явищами. Тому для їх опису на практиці застосовується математичний апарат теорії ймовірностей.

2. В результаті літературного аналізу також було встановлено, що надійність виробу визначається його безвідмовністю та довговічністю. При цьому безвідмовність слід розглядати як самостійну безперервну роботу виробу без будь-яких втручань для підтримки працездатності.

3. Слід відзначити, що основним показником безвідмовності виробу є ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$ (коефіцієнт надійності), тобто ймовірність того, що в заданому інтервалі часу $t = T$ (або в межах заданого напруження) не виникне відмова виробу, а значення $P(t)$, як і будь-якої ймовірності, може знаходитися в межах $0 \leq P(t) \leq 1$.

4. Аналіз літературних джерел дав змогу нам встановити, що важливішою умовою для успішного вирішення практичних завдань із забезпечення роботоздатності виробів є правильне розуміння як правило фізичної суті відмов, можливих їх причин та наслідків.

3. МЕТОДИКА ЗБОРУ ТА ОПРАЦЮВАННЯ ПОЧАТКОВИХ ДАНИХ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАДІЙНОСТІ

3.1. Методика збору та опрацювання статистичної інформації

Методика виконання збирання, обробки та аналізу статистичної інформації щодо надійності сервісних автомобілів пов'язані з необхідністю дослідження ймовірних подій.

Тому основні вимоги до інформації яку планується зібрати відносно надійності наступні: своєчасність, вірогідність, дискретність (дані за окремими ознаками), однорідність та повнота інформації та ін.

Під час виконання статистичної оцінки головних характеристик надійності машин досліджуються сукупності явищ та предметів, що є об'єднані спільною єдиною ознакою чи властивістю (досліджувані елементи можна об'єднувати в групи за різними ознаками: зносом, відхиленнями за формою, розмірами, та ін; більш крупніші вироби (машини) – за довговічністю тощо). Однак, слід враховувати, що деталі, складальні одиниці чи групи або системи машин є об'єктами сукупності.

Статистична вибірка повинна складатися з однорідних виробів, що мають деяку якісну спільність. У разі, якщо мають справу з кількісною величиною, тоді її називають статистичною змінною, а за визначенням теорії ймовірностей – випадковою величиною [3, 5, 8, 17].

Відповідно для кожного об'єкта (виробу) даної сукупності, яка складається з кінцевого їх числа, за допомогою методу спостережень визначають значення випадкової величини, що відповідно називають спостереженим значенням даної величини.

У випадку якщо сукупність містить значну кількість об'єктів або ж дослідження пов'язано з його руйнуванням, тоді відповідно з усієї сукупності визначають визначену кількість об'єктів та вивчають їх. За невеликої кількості спостережуваних об'єктів обстежують кожний в залежності від ознаки.

Загальна або генеральна сукупність повинна містити усі досліджувані

об'єкти, з яких в подальшому вибирають для спостереження.

Вибіркова сукупність або вибірка – це певна кількість об'єктів, що були відібрані із сукупності, яка досліджується, з метою отримання відомостей відносно генеральної сукупності. *Вибіркова сукупність або вибірка* в всіх частинах повинна бути схожа до генеральної сукупності, це потрібно для того щоб на її підставі в подальшому можна було б з достатньою впевненістю зробити висновок про генеральну сукупність.

Важливою вимогою при цьому є те щоб вибірка була репрезентативною (представницькою), тобто коли будь-який об'єкт вибирають випадково, однак усі об'єкти мають однакову ймовірність потрапити до даної вибірки [3, 5, 17, 25].

Об'єм вибірки – це кількість об'єктів за якими здійснюється спостереження, та які складають дану вибірку.

Об'єм сукупності (генеральної або вибіркової) – це кількість об'єктів які включенні до цієї сукупності.

Система що передбачає збирання та обробку статистичної інформації відносно надійності нових чи відремонтованих об'єктів, являє собою певну сукупність організаційно-технічних заходів відносно одержання необхідних даних щодо надійності [3, 5, 8, 17].

Головною метою системи збору та опрацювання інформації відносно надійності об'єктів є: їх конструктивне удосконалення з метою підвищення показників надійності; розробка чи вдосконалення заходів щодо правил експлуатації та підвищення ефективності процесів технічного обслуговування та ремонту; вдосконалення технології складання, виготовлення, контролю, а також випробувань, які спрямовані на підвищення та забезпечення надійності; розробка заходів, спрямованих на підвищення показників якості ремонту та зниження витрат на його виконання.

Як основні задачі системи збирання та опрацювання інформації щодо надійності можна відзначити наступні [3, 17]:

- ідентифікація конструктивних та технологічних недоліків об'єктів, що знижують надійність;
- визначення та оцінення показників надійності об'єктів;
- встановлення закономірностей виникнення відмов;
- ідентифікація деталей та складальних одиниць, що можуть або обмежують надійність;
- правка показників надійності значення яких нормуються;

- визначення рівня впливу умов та режимів експлуатації на показники надійності об'єктів;
- дослідження ефективності прийнятих заходів, які спрямовані на підвищення показників надійності об'єктів;

- оптимізація показників витрати запасних частин, а також встановлення недоліків експлуатації та удосконалення системи технічного обслуговування та ремонту.

Опрацювання результатів статистичних спостережень здійснюється в наступній послідовності [17, 21, 22, 23]:

- на підставі отриманих даних будується емпірична крива; визначаються характеристики статистичного емпіричного розподілу; на підставі зовнішнього вигляду експериментальної кривої, а також значень характеристик її розподілу та показників, які здійснюють вплив на її вигляд висувається гіпотеза щодо функції щільності випадкової величини, яку досліджується;
- вирівнювання емпіричної кривої здійснюється за однією чи послідовно за декількома відповідно теоретичними кривими;
- емпірична та теоретична криві відповідно порівнюються за одним вибраним із множини критеріїв згоди;
- на підставі врахування найкращої узгодженості емпіричної та теоретичної кривих встановлюється функція для даного розподілу.

Для здійснення кількісної оцінки показників надійності автомобілів сервісної служби ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка» нами було

виконано збір статистичних даних певних випадкових величин. Для цього під випадковою величиною нами було прийнято кількісну величину, а саме пробіг автомобіля сервісної служби на момент настання певної відмови. З цією метою нами було розроблено таблицю до якої в період спостережень у відповідні графи заносились статистичні дані. Під означеними даними слід розуміти наступну інформацію: порядковий номер відмови, дата її настання, її назва (причина); загальний пробіг (L) на момент її настання та визначається напрацювання між відмовами (L_0) (табл. 3.1.)

Таблиця 3.1 – Форма для статистичних спостережень

Марка та модель автомобіля		Volkswagen Caddy	Регістраційний номер	Напрацювання між відмовами
№ з/п	Дата	Відмова	Загальний пробіг L , км	L_0 , км
1	1.04.2023	Заміна шарових опор	124315	–
2	9.07.2023	Заміна задніх сайлентблоків	127735	3420
3	14.09.2023	Заміна рульової тяги (ліва)	132165	4430
...
n	21.06.2023	Заміна реактивної тяги двигуна	195439	5240

Отже, напрацювання між відмовами ми знаходимо відповідно як різницю між пробігом загальним до відмови що фіксуємо (L_n) загальним пробігом до моменту настання попередньої відмови та відповідно (L_{n-1}):

$$L_0 = L_n - L_{n-1} \quad (3.1)$$

Спостереження здійснюємо для автомобілів сервісної служби ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка» марок Volkswagen Caddy (15 одиниць) та Volkswagen Transporter (10 одиниць). Спостереження починали здійснювати від моменту закінчення гарантійного пробігу, що становить 120 тис. км.

Відповідна статистична інформація щодо результатів спостережень знаходиться в обліковому журналі головного інженера сервісної служби.

НУБІП України

3.2. Методика кількісної оцінки властивостей надійності автотранспортного засобу

Імовірність безвідмовної роботи визначають з формули:

$$P(t) = 1 - \frac{m(t)}{N} \quad (3.2)$$

де $m(t)$ – кількість об'єктів, які відмовили на пробігу l , або часу t ; N – кількість об'єктів на початку спостережень.

У випадку, який є найхарактернішим, коли відмова будь-якого i -го елемента АТЗ протягом часу t виводить його з ладу, тобто йдеться про систему з послідовним з'єднанням елементів (рис. 3.1 а). Прикладом таких з'єднань є, переважно, приводи машин, механізми передач. При цьому не обов'язково, щоб усі елементи були з'єднані послідовно [17, 21, 22].

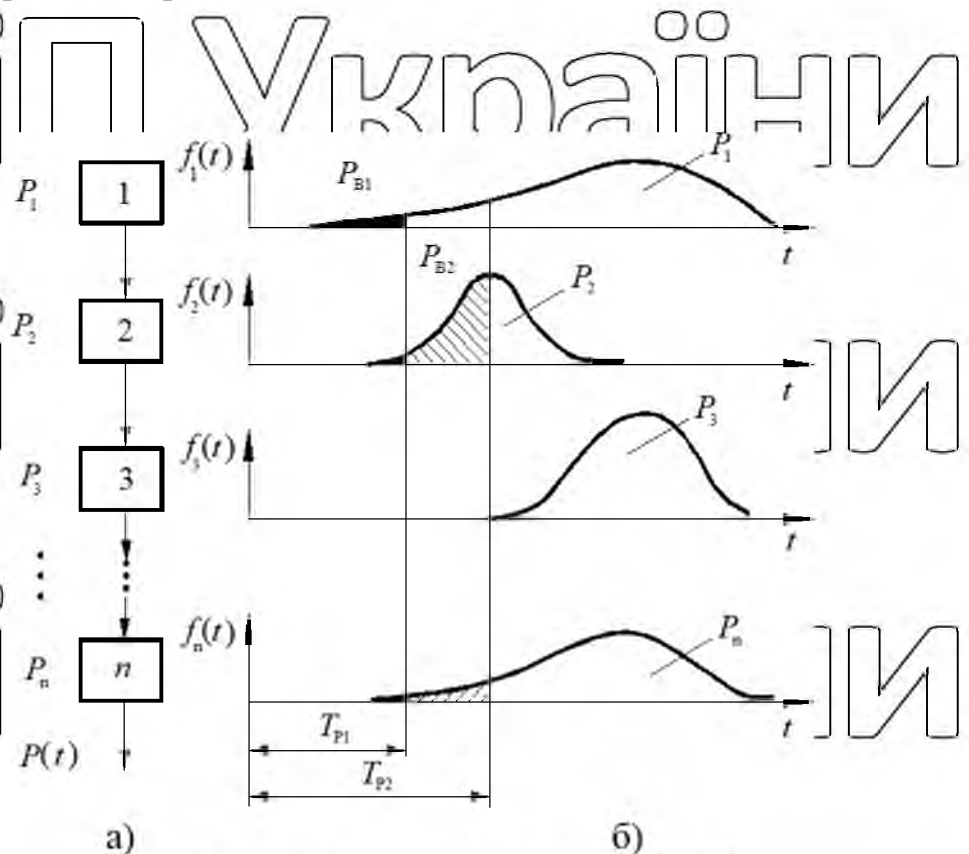


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема послідовного з'єднання елементів складної технічної системи: а) – схема з'єднання, б) – закономірності розподілу термінів служби елементів

Імовірність безвідмовної роботи такої системи дорівнює добутку таких же імовірностей її елементів [3, 17, 21] де $\lambda_0 = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n$.

Якщо причиною відмов елементів системи є не раптові, а поступові відмови, то підхід до розрахунку ЦБР повинен бути іншим. Схема формування значень P_T для цього випадку показана на рис. 3.1б. Для кожного із

елементів характерна своя густина розподілу відмов $f_i(t)$, яку отримують на основі аналізу моделі їх виникнення. Тому, якщо змінюється період розгляду роботи системи, змінюється і значення P_i для кожного елемента. Наприклад,

за зміни t від Tr_1 до Tr_2 імовірність відмови першого елемента зростає у 2,0- 2,5 рази, другий елемент стане практично непрацездатним через низьку безвідмовність P_2 а третій взагалі не впливатиме на $P(t)$, оскільки $t_3 > Tr_2$. Якщо застосувати для цього випадку експоненційну

закономірність, то отриманий результат щодо імовірності безвідмовної роботи системи не відповідатиме дійсності він буде помилковим [3, 17, 21].

Гамма-відсотковий пробіг до відмови АТЗ за умови, що поточні значення його підпорядковані нормальному закону [3, 17, 21] – квантиль нормального закону розподілу пробігів до відмов; σ – середнє квадратичне відхилення пробігів

Квантилем називається значення абсциси розподілу пробігів АТЗ, через яке проводиться вертикальна пряма, що буде відгнати від площі під кривою густини розподілу пробігів заданий її відсоток. Медіана, наприклад, поділяє цю площу навпіл і, отже, є 50%-м квантилем. Графічно це

пояснюється таким чином (рис. 3.2).

рисунок

3.2 –

До

пояснення

кванти

лів

розподі

лу

пробігі

в АТЗ

до

відмов

Я

кщо

кванти

ль

$P_k(t_7)$

відсіка

є 25% площі під кривою його називають кuartиль. При цьому розрізняють нижній 25%-й кuartиль та 75%-й верхній кuartиль. Значення квантилів для різних законів розподілу випадкових величин протабульовано у літературі з теорії ймовірностей [3, 17, 21].

Цей коефіцієнт характеризує частку тривалості перебування АТЗ у працездатному стані з урахуванням простоїв на усіх видах РОД [3, 17].

Коефіцієнт збереження ефективності враховує зміну ефективності АТЗ залежно від тривалості його перебування у працездатному стані. Розраховується за відношенням показника ефективності використання АТЗ у транспортних процесах (фактичний обсяг транспортної роботи, наприклад,

$W_{p.f.}$) до номінального значення цього показника $W_{p.n.}$, розрахованого за умови, що відмови АТЗ упродовж того ж періоду не виникають, тобто, коли $K_2 = 1$.

Мають свої особливості методики розрахунку показників надійності окремих автомобілів, як систем, конструкційно яких становлять послідовно і паралельно з'єднані елементи (агрегати, деталі).

Для ланцюга функціонально послідовно з'єднаних k -елементів ЛБ Автомобіля визначають за формулою [3, 17,

21, 22]

$$P(L)_{\text{нас}} = \prod_{k=1}^n P(t_k)$$

(3.24)

Для паралельного з'єднання цей показник дорівнює

n

k
1
Я

кщо

імовірн

ості

безвід

мовної

роботи

кожног

о елемента однакові тоці формули набудуть вигляду.

3.3. Методика математичного опрацювання статистичних даних

Досить часто явища і процеси, що відбуваються як у сільськогосподарському так і у ремонтному виробництві мають випадковий характер, що дає змогу за їхніми кількісними характеристиками отримати емпіричні дані.

Опрацювання таких даних здійснюють за певними математичними методами, які обґрунтовують на підставі теорії ймовірностей і математичної статистики.

В процесі перевірки емпіричні розподіли повинні узгоджуватися з теоретичними за спеціально розробленими в теорії ймовірностей статистичними критеріями [17, 21, 22, 23].

Для цього наведемо приклад методики розрахунку статистичних характеристик емпіричних величин.

Отримані результати досліджень дані емпіричного ряду необхідно розташувати у порядку їх зростання і таким чином сформувавши варіаційний ряд:

$$Y_1 < Y_2 < \dots < Y_N \quad (3.28)$$

Наступним кроком є поділ варіаційного ряду на певну кількість k інтервалів. Кількість інтервалів визначається за формулою:

$$k = 1 + 3,32 \lg N, \quad (3.29)$$

де: N – число виконаних дослідів (обсяги вибірки).

Необхідний крок інтервалу визначаємо за формулою:

НУБІП УКРАЇНИ (3.30)

к о табл. 3.2. для визначення статистичних характеристик.

і Таблиця 3.2 – Розрахунок статистичних характеристик [17]

в

НУБІП УКРАЇНИ

Визначити частоту m_i попадання випадкової величини y у кожен інтервал, а також розрахувати емпіричну частіть.

мето
ю

з п
о
б

поле у

б) Розрахувати статистичні

НУБІП УКРАЇНИ

характеристики (оцінки):

математичного сподівання $Y_c = \sum Y_i \cdot P_i$;

розн

є

(3.32)

ахун м

Y_{zm} – зміщення (зони розкиду) випадкової величини Y відносно

НУБІП УКРАЇНИ

Оцінку коефіцієнта варіації виконуємо за формулою (3.35)

розраховують, якщо (зона розбіжності) значень показника Y має зміщення відносно нуля. За умови, що Y_1 вибірці), вважають $Y_{zm} = Y_1$.

НУБІП УКРАЇНИ

Виконання перевірки крайніх значень отриманого варіаційного ряду

варіаційного ряду не є помилковим (належить на належність вибірці. Перше Y_1 та останнє Y_N значення отриманого в процесі дослідження варіаційного ряду необхідно перевірити на належність їх вибірці (чи не є вони помилковими). Для цього ми скористаємося критерієм Ірвіна [17]:

НУБІП УКРАЇНИ

Для цього розрахункові значення слід порівняти із табличними для заданої ймовірності ($0,95 < \alpha < 0,99$) та кількості дослідів N . У випадку якщо отримують $\lambda_d \leq \lambda_T$, то слід вважати, що крайні значення варіаційного ряду не є помилковим. В іншому разі їх вилучають із нього та повторюють розрахунок

НУБІП УКРАЇНИ

статистичних характеристик.

У випадку якщо для виконання окремих дослідів (визначення кожного значення Y) необхідно затратити значні ресурси (кошти та час) важливою умовою є здійснити їх таку кількість, яка була б достатньою для оцінки статистичних характеристик. Зазвичай число N_d дослідів для розподілу слід

визначати на підставі гарантування того, що відносна похибка (δ)

Оцінки математичного сподівання із заданою довірчою ймовірністю яка не перевищує 10-20% [17, 21, 22, 23]: де: t – квантиль нормального розподілу.

Розрахункове значення N_d потрібно перевірити із дійсним, а також зробити висновок про доцільність виконання додаткових дослідів.

Користуючись даними отриманого варіаційного ряду побудуємо графік залежності між досліджуваною величиною і емпіричною частістю. Для цього метою на вісі абсцис за певним мірилом (не в масштабі) відкладають верхні, та нижні значення інтервалів величини Y , а на осі ординат відкладають значення емпіричної частоти.

На основі зовнішнього вигляду гістограми, а також за величиною коефіцієнта варіації можна висунути гіпотезу щодо теоретичної закономірності розподілу.

Наступним кроком є розрахунок теоретичної частоти. Для цього необхідно розрахувати значення густини функції розподілу ($f(Y_i)$) Для кожного часткового інтервалу. Для теоретичного закону розподілу Вейбулла потрібно насамперед відшукати параметри мірила a і b [17, 21, 22, 23].

Для кожного наявного часткового інтервалу визначають теоретичну частість

$$P_{Ti}(Y) = f(Y) \cdot \Delta Y, \quad (3.39)$$

ΔY – крок інтервалу.

Виконання перевірки близькості емпіричного і теоретичного розподілів здійснюється за χ^2 (χ^2 – квадрат, Пірсона) [1, 17]. Для цього критерієм відповідно для кожного часткового інтервалу необхідно розрахувати добуток

– $N \cdot P_{Ti}$ Визначення числа ступенів вільності здійснюється за формулою:

$$r = k - (n + 1) \quad (3.41)$$

де: n – число параметрів функції наявного теоретичного розподілу.

α ($\alpha = 0,05 \dots 0,1$) знайдемо для

Задавшись рівнем значимості визначеного r , значення $(\chi^2)_{\alpha}$ та порівняємо його із розрахунковим. У випадку якщо $\chi^2 < (\chi^2)_{\alpha}$ тоді

теоретичний розподіл відображає наявні емпіричні дані. В протилежному випадку близькість між емпіричним і теоретичним розподілом відсутня [17, 21, 22, 23].

Висновки до розділу 3

1. Головною метою системи збору та опрацювання інформації відносно надійності об'єктів є: їх конструктивне удосконалення з метою підвищення показників надійності; розробка чи вдосконалення заходів щодо правил експлуатації та підвищення ефективності процесів технічного обслуговування та ремонту; вдосконалення технології складання, виготовлення, контролю, а також випробувань, які спрямовані на підвищення та забезпечення надійності; розробка заходів, спрямованих на підвищення показників якості ремонту та зниження витрат на його виконання.

2. Виконані виробничі експерименти стосовно збору статистичних даних щодо відмов автомобілів сервісної служби ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка» проводились за методикою, яка ґрунтується на відомих методах математичної статистики. Використання у дослідженнях облікових документів, та залучення до них досвідчених фахівців дало змогу отримати достовірні статистичні дані.

3. Опрацювання отриманих статистичних даних щодо виробничих експериментів було здійснено згідно стандартизованих математичних методик, а це дає підстави вважати, що отримані результати є вірогідними.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛІВ СЕРВІСНОЇ СЛУЖБИ

4.1. Результати обґрунтування середнього напрацювання на відмову автомобілів сервісної служби

Для виконання кількісної оцінки показників надійності автомобілів сервісної служби нами було виконано збір певних статистичних даних випадкових (ймовірнісних) величин. Під даними величинами було прийнято кількісну величину пробігу автомобіля сервісної служби на момент настання певної відмови. На основі цього нами було сформовано відповідну таблицю (див. п. 3.1), в яку спостерігачами заносились відповідні дані результатів спостережень. До таких даних відноситься інформація про відмови, а саме: дата настання, назва, загальний пробіг (L), а також напрацювання між ними (L_0).

Статистичні дані, що були отримані опрацьовувались згідно методики наведеної у п. 3.3. Відповідно до якої було побудовано розподіли середнього напрацювання на відмову автомобілів сервісної служби Volkswagen Caddy та Volkswagen Transporter у ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка» відповідно рисунки 4.1 та 4.2.

Також на підставі критерію χ^2 Пірсона було встановлено, що статистичний розподіл середнього напрацювання на відмову автомобілів сервісної служби моделі Volkswagen Caddy у ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка» узгоджується із теоретичним законом розподілу Вейбулла. Диференціальна функція розподілу наступна:

$$f(L_{ocad}) = 0,0007 \left(\frac{L_{ocad} - 1800}{2241,946} \right)^{0,593} \cdot \exp \left[- \left(\frac{L_{ocad} - 1800}{2241,946} \right)^{1,593} \right] \quad (4.1)$$

А його статистичні характеристики наступні: математичне сподівання – 3810,127 км; середньоквадратичне відхилення – 1282,363 км; коефіцієнт Варіації – 0,638. Вибірку було зроблено для 79 подій відмови. Інші статистичні

характеристики даного розподілу наведено в дод. А1.

НУБІП України

НУБІП України

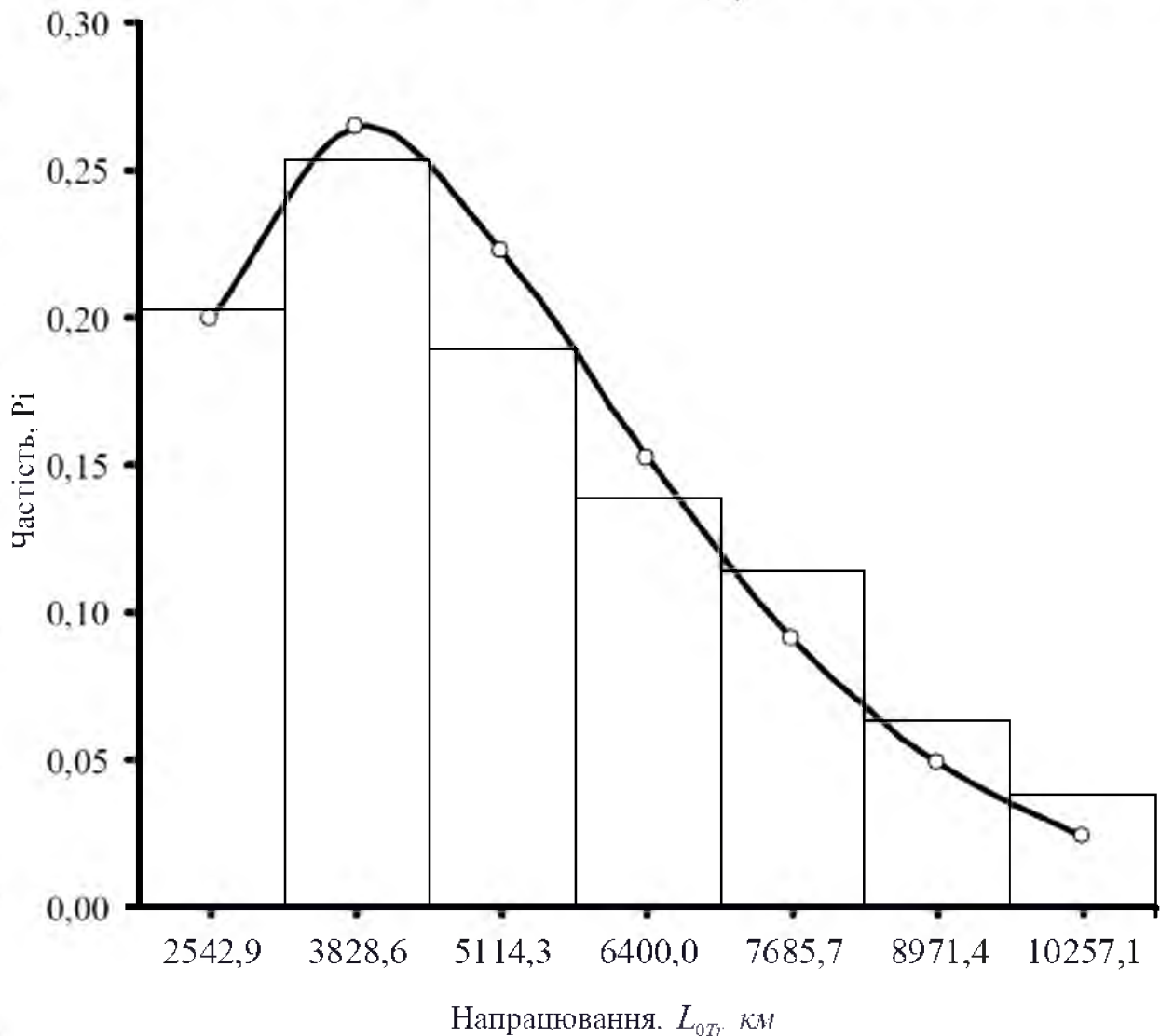


Рисунок 4.1 – Гістограма та теоретична крива розподілу середнього

напрацювання на відмову автомобілів сервісної служби Volkswagen Caddy у

ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка»

НУБІП України

За допомогою даної методики було встановлено аналогічні дані і для

автомобілів сервісної служби моделі Volkswagen Transporter (ТОВ «Аграрний

комплекс Тернопільчанка») де розподіл узгоджується із теоретичним законом

розподілу Вейбулла. Диференціальна функція розподілу наступна:

$$f(L_{0Tr}) = 0,0004 \left(\frac{L_{0Tr} - 1900}{3644,482} \right)^{0,537} \cdot \exp \left[- \left(\frac{L_{0Tr} - 1900}{3644,482} \right)^{1,537} \right] \quad (4.2)$$

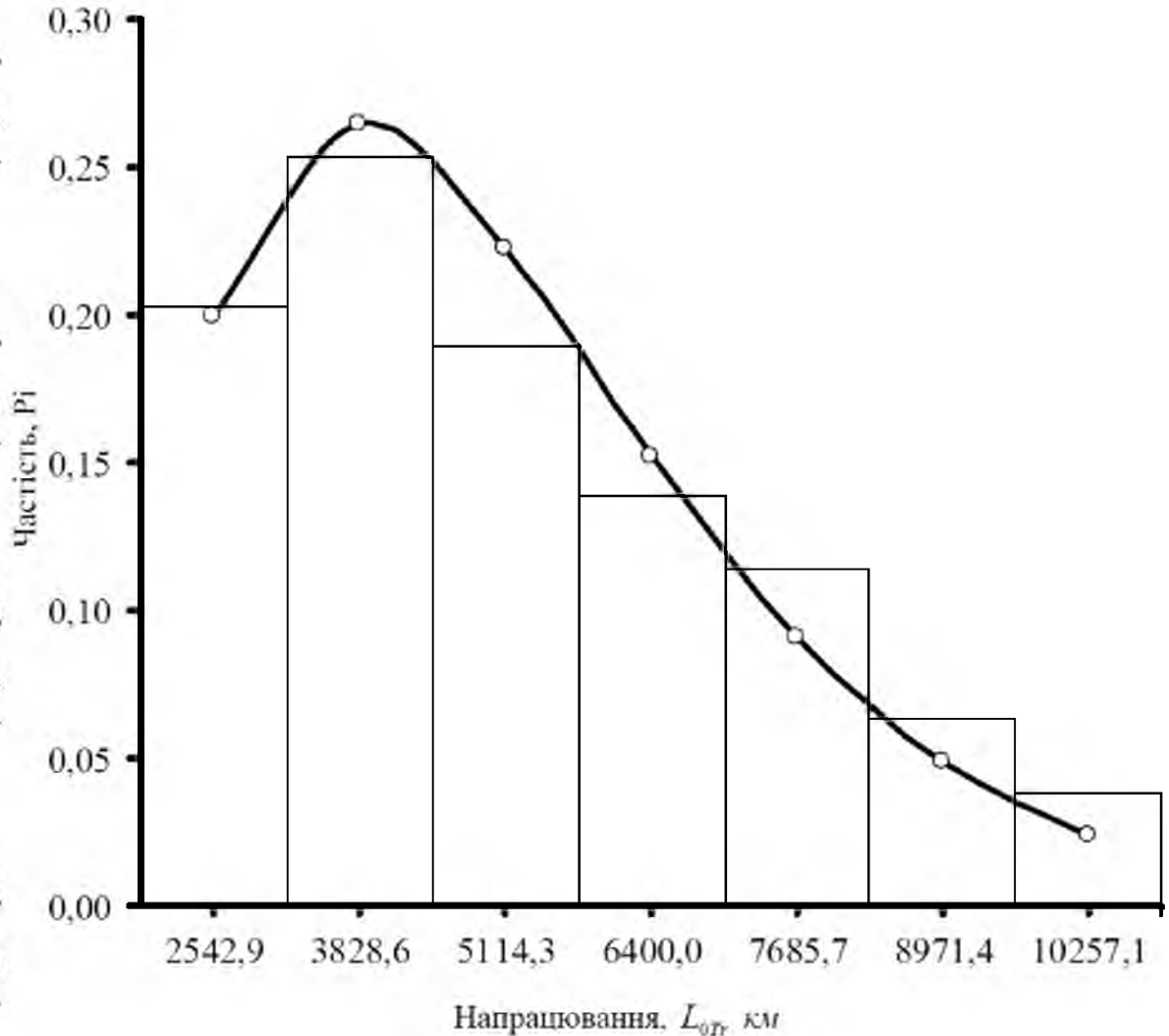


Рисунок 4.2 – Гістограма та теоретична крива розподілу середнього напрацювання на відмову автомобілів сервісної служби Volkswagen Transporter у ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка»

Статистичні характеристики даного розподілу наступні: математичне сподівання – 5179,385 км; середньоквадратичне відхилення – 2164,006 км; коефіцієнт варіації – 0,660. Вибірку було зроблено для 79 год й відмови. Інші статистичні характеристики даного розподілу наведено в дод. А2.

4.2. Результати обґрунтування ймовірності безвідмовної роботи автомобілів сервісної служби

Аналіз літературних джерел засвідчив, що такий показник, як ймовірність безвідмовної роботи застосовується як кількісний критерій оцінки надійності автотранспортних засобів. Розраховується він у відсотках або у частках одиниці та відповідно змінюється від одиниці до нуля.

В автотранспортних засобах за якими здійснювалися спостереження відмови, що виникали можна класифікувати як раптові. Здійснюючи відповідну оцінку для даного типу відмов необхідно відзначити, що теоретично він описується експоненціальним законом розподілу. Отже, ймовірність безвідмовної роботи на досліджуваному проміжку часу можна описати формулою [3, 29, 30, 32]:

$$P_n = e^{-\lambda_i L_o}, \quad (4.3)$$

де λ_i – інтенсивність відмов

Для нашого випадку інтенсивність відмов відповідно визначається за формулою:

$$\lambda = \{M[L_o]\}^{-1} \quad (4.4)$$

де $M[L_o]$ – математичне сподівання безвідмовної роботи, км.

Отже, інтенсивність відмов для автомобілів сервісної служби компанії «Агросем» буде становити:

Volkswagen Caddy

$$\lambda_{cad} = \{3810,127\}^{-1} = 2,625 \cdot 10^{-4}$$

Volkswagen Transporter

$$\lambda_{Tr} = \{5179,385\}^{-1} = 1,931 \cdot 10^{-4}$$

Результати виконаних нами розрахунків ймовірності безвідмовної роботи для певних інтервалів пробігу були занесені в таблицю 4.1.

НУБІП України

Таблиця 4.1 – Результати визначення теоретичної ймовірності безвідмовної роботи автомобілів сервісної служби у ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка»

№ інтервалу	Інтервали пробігу АТЗ L, тис. км	Кількість відмов, $m(l)$, од.		Теоретична ймовірність безвідмовної роботи, $P(L)$	
		Volkswagen Caddy	Volkswagen Transporter	Volkswagen Caddy	Volkswagen Transporter
1	120...130	7		0,969	0,977
2	130...140	3		0,966	0,975
3	140...150	5		0,964	0,973
4	150...160	7		0,961	0,971
5	160...170	9		0,959	0,970
6	170...180	12		0,956	0,968
7	180...190	11		0,954	0,966
8	190...200	10		0,951	0,964
9	200...210	15		0,949	0,962

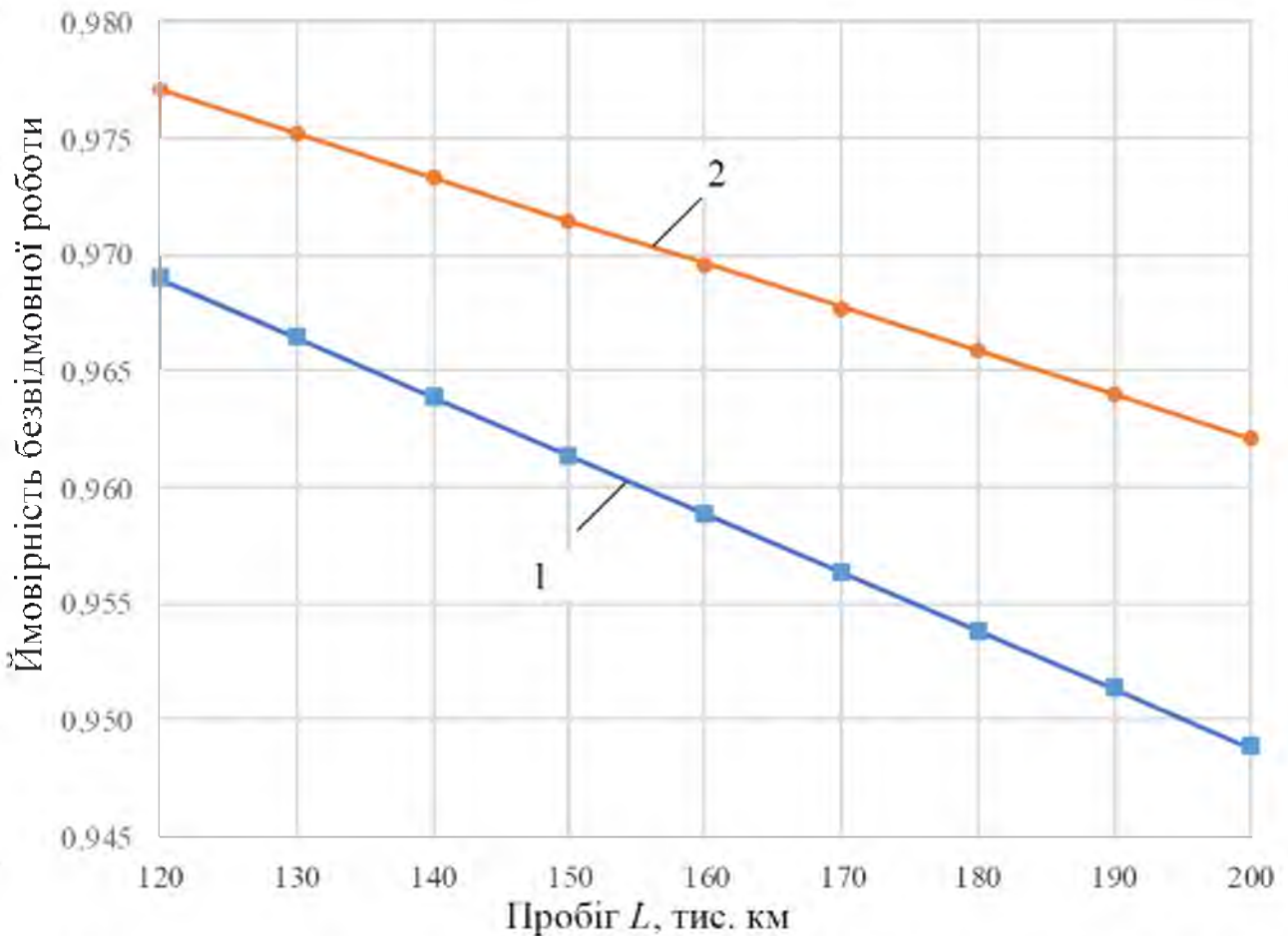


Рисунок 4.3 – Графічна інтерпретація теоретичної ймовірності

безвідмовної роботи автомобілів сервісної служби у ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка»: 1 – Volkswagen Caddy; 2 – Volkswagen Transporter

Відобразивши результати розрахунків із таблиці 4.1 у вигляді залежностей нами було отримано графічну інтерпретацію рисунку 4.3.

Скориставшись даною методикою було виконано відповідно прогнозування динаміки теоретичної ймовірності безвідмовної роботи автомобілів сервісної служби у ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка»

рис. 4.4.

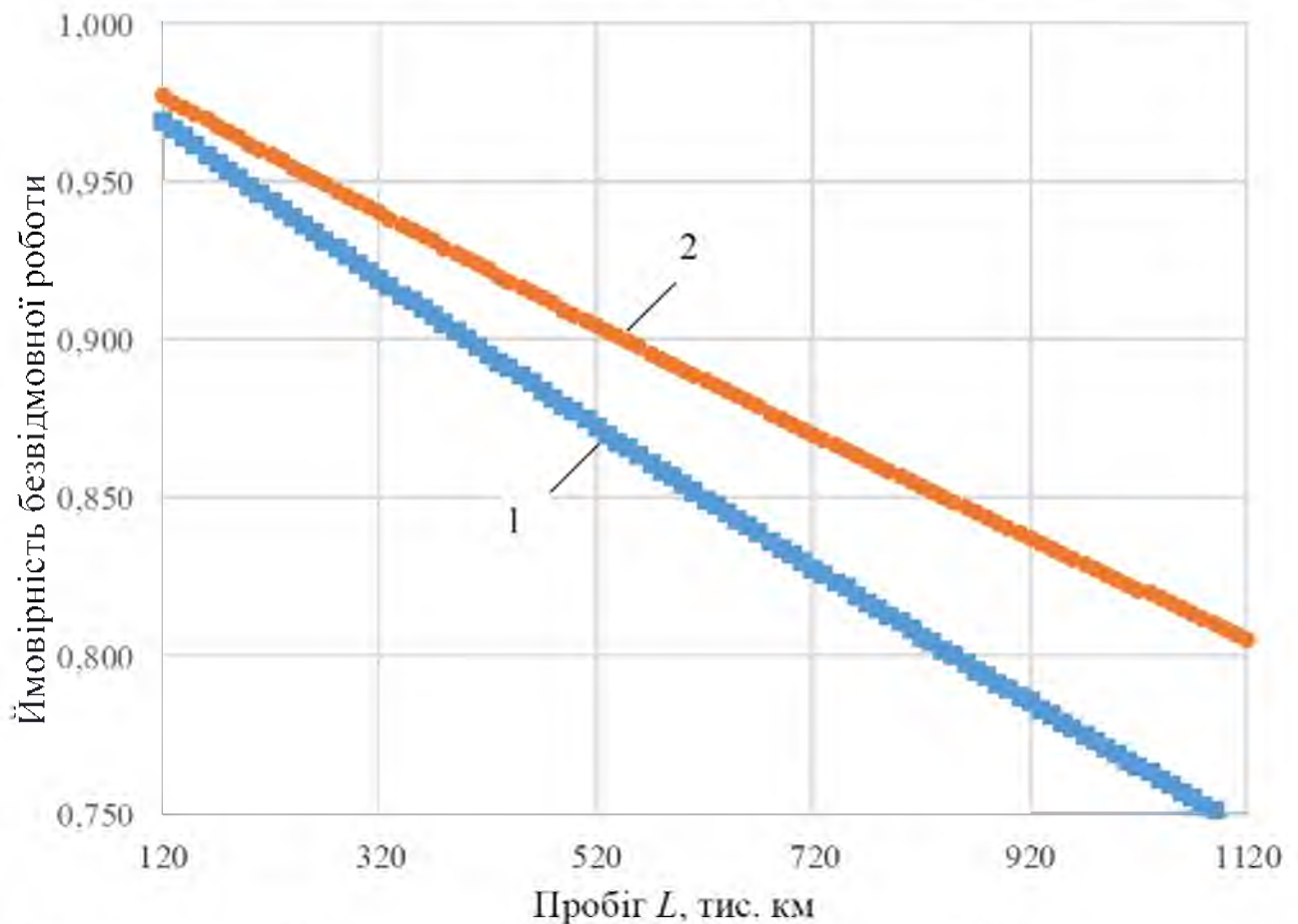


Рисунок 4.4 – Графічна інтерпретація динаміки прогнозованої теоретичної ймовірності безвідмовної роботи автомобілів сервісної служби у ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка» 1 – Volkswagen Caddy; 2 –

Volkswagen Transporter

Виконаний аналіз рис 4.4, засвідчив, що для автомобілів сервісної служби ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка» динаміка прогнозованої теоретичної ймовірності безвідмовної роботи на пробігу від 120 до 1120 тис. км для моделей автомобілів Volkswagen Caddy та Volkswagen Transporter

знизиться до значень відповідно 0,949 та 0,962. Означені цифри свідчать про те, що показники надійності автомобілів моделі Transporter є вищими.

Висновки до розділу 4

1. Здійснене нами опрацювання результатів отриманих в результаті виробничих експериментів варіаційних рядів емпіричних даних, використовуючи при цьому методи математичної статистики та критерій узгодження χ^2 – Пірсона уможливило встановлення середньонапрацювання на відмову автомобілів сервісної служби Volkswagen Caddy та Volkswagen Transporter, які узгоджуються із теоретичним законом розподілу Вейбулла.

2. Отримані статистичні характеристики розподілу напрацювання на відмову автомобілів сервісної служби Volkswagen Caddy мають наступні значення: математичне сподівання – 3810,127 км; середньоквадратичне відхилення – 1082,363 км; коефіцієнт варіації – 0,638. Вибірку було зроблено для 79 подій відмови; аналогічно для автомобілів Volkswagen Transporter: математичне сподівання – 5179,385 км; середньоквадратичне відхилення – 2164,006 км; коефіцієнт варіації – 0,660. Вибірка для кожного випадку становила 79 подій відмови.

3. Отримані в результаті виробничих експериментів статистичні дані дали змогу виконати кількісну оцінку однієї із властивостей «Безвідмовності» – імовірність безвідмовної роботи автомобілів сервісної служб у ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка». В результаті чого були отримані результати: для автомобілів Volkswagen Caddy значення $P(L)_{Caa}$ змінюється в межах від 0,969 до 0,949, а для автомобілів Volkswagen Transporter $P(L)_{Tr}$ відповідно від 0,977 до 0,962.

4. Виконаний нами аналіз прогнозованої динаміки теоретичної ймовірності безвідмовної роботи автомобілів сервісної ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка» на пробігу до 1120 тис. км показав, що означена властивість для автомобілів Volkswagen Caddy та Volkswagen Transporter знизиться до значень 0,745 та 0,806 відповідно. Що свідчить про вищі показники надійності автомобілів моделі Transporter.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Структурно функціональний аналіз травмонебезпечних ситуацій впродовж виконання робіт

У процесі роботи людина може потрапляти в небезпечну зону внаслідок відсутності там необхідного огородження, сигнальних пристроїв або попереджувальних знаків та написів, порушення відповідних правил, допущеної помилки або внаслідок аварії. При цьому виникає можливість дії на неї небезпечного виробничого фактора. Кожну дію, внаслідок якої людина потрапляє до небезпечної зони, позначається як небезпечна. Вона виникає внаслідок порушення регламентованого режиму роботи обладнання, нормативних вимог охорони праці, норм експлуатації споруд і будівель тощо. Таким чином, внаслідок небезпечних дій працюючий попадає в небезпечну зону, в якій потрапляє у небезпечні обставини. Вичерпні знання обставин, внаслідок яких виник нещасний випадок, або може виникнути аварія, травма чи більш тяжкі наслідки, необхідні для глибокого розуміння процесу зародження, формування та виникнення небезпечних ситуацій – випадкових явищ, що передують виникненню травм, аварій, катастроф [11].

Небезпечні умови можуть визначатися недоліками конструкцій машин, технологічного обладнання і процесів, низьким рівнем організації виробництва (неефективність або відсутність необхідного контролю, низькі професійний рівень працюючих, підготовка їх з охорони праці), недостатньою надійністю виробничого обладнання тощо. Вони відіграють пріоритетну роль у формуванні й виникненні виробничих небезпек – певного стану, за якого виникає реальна загроза аварії або травми. Це пояснюється тим, що навіть при наявності кількох небезпечних виробничих факторів на певному робочому місці, але якщо жоден з них не має умов, за яких він міг би діяти на людину, то на цьому робочому місці відсутня реальна небезпека травмування.

Інша справа, коли такі умови є, але про них працюючий не знає.

Процес виявлення небезпечних умов у деяких випадках може бути досить складним, тому необхідно проводити спеціальні дослідження. Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що за характером дії їх можна поділити на групи, які [11, 19, 20]:

- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця (відсутність огороження рухомих деталей або робочих органів, відсутність або недосконалість спеціальних технічних засобів безпеки: блокувальних пристроїв, засобів сигналізації тощо), конструктивні недоліки окремого вузла чи машини та інші;

- спонукають працюючого допускати помилки у процесі праці (конструктивна недосконалість технологічного процесу роботи машин або самої машини чи певного обладнання), низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці, відсутність відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці;

- створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону (відсутність огорожень небезпечної зони і сигналізації про наближення до небезпечної зони, неправильна організація робочого місця та інші);

- призводять до виникнення інших небезпечних умов (помилки у монтажі роторів, що обертаються, деякі конструктивні недоліки);

- безпосередньо призводять до травмонебезпечної ситуації (наявність плям масла на підлозі, неправильно організоване робоче місце, не обгрунтовані режими роботи обладнання та інші);

- призводять до виникнення небезпечних дій (низький рівень професійної підготовки й організації навчання з охорони праці, відсутність або неефективність контролю з охорони праці та інші). Небезпечні обставини розпізнаються аналогічно звичайним обставинам, на що вказує та чи інша обставина. Небезпечні обставини розкривають дії, стан чи ознаки небезпечного фактора і обстановку, при якій він діяв на людину.

Якщо внаслідок аварії технічної системи виникли травми у людей, то

сам випадок травми необхідно розглядати як подію, що є наслідком аварії. Це стосується тих систем, у яких підсистемами одночасно є машина (технічний засіб) і людина [11, 19, 20].

5.2. Розробка логічно-імітаційної моделі травм на виробництві

Під час побудови логіко-імітаційних моделей використовують різні символи, що характеризують ті чи інші події в ній. За звичаєм, побудова моделі розпочинається із «головної події», а усі наступні розміщуються поступово зверху вниз, аж до базових подій (рис 5.1) [11, 20].

Кожен блок зображений на рисунку, позначається відповідним порядковим номером, що означає подію чи окремий етап у побудові даної моделі [11].

- відмова (аварія, травма) системи – «головна подія»;
- послідовність подій, які призводять до відмови системи;
- послідовність подій зображується за допомогою логічних операторів «І», «АБО» та інших вихідні), які входять до даної
- усі події (вхідні та: моделі, зображуються у вигляді прямокутників з

відповідними написами в середині;



Рисунок 5.1 – Схема основних принципів побудови логіко-імітаційних моделей: 1 – головна подія; 2-5 – проміжні події; 6 – базова подія

НУВБІП УКРАЇНИ

1 – послідовний підхід до базових подій, частоти виникнення яких відомі;

2 – усі базові події зображують у вигляді кружечків з написами в середині, вони є межею аналізу побудованої моделі “дерева помилок”.

НУВБІП УКРАЇНИ

Різні події моделі (“розкрита”, “не розкрита”, “головна”, “базова”, “подія-умова” тощо) зображують у вигляді символів: коло – базова подія з відповідними числовими даними; ромб – нерозкрита подія (подія, яка вимагає

НУВБІП УКРАЇНИ

проведення відповідних досліджень); прямокутник – подія, яка виникає як результат дії символа-оператора; овал – подія-умова, яка використовується з оператором “Заборона”; хатка (п’ятикутник, в якого один з боків є основою) – подія, що може відбутися або не відбутися; трикутник (рівносторонній трикутник) – символ перенесення [11, 20].

НУВБІП УКРАЇНИ

Варто брати до уваги, що кожна випадкова подія, до якої входять базові події, може формуватися й виникати при входженні у неї двох, трьох і більше базових подій за допомогою відповідних операторів.

НУВБІП УКРАЇНИ

Повністю побудована і перевірена модель підлягає математичній обробці для визначення ймовірності кожної випадкової події, що увійшла до моделі, починаючи з базових і закінчуючи головною.

НУВБІП УКРАЇНИ

Ймовірності базових подій визначають 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 буде встановлено, що такий рівень контролю становить 50 або 30 %, то ймовірність відповідно дорівнює 0,5 і 0,3. При відсутності контролю ймовірність «не здійснення контролю» становитиме 1, якщо контроль ідеальний, то відповідна ймовірність дорівнює 0.

НУВБІП УКРАЇНИ

Після обчислення ймовірності всіх подій, розміщених у ромбах, і базових подій, починаючи з лівої нижньої пілки «дерева», позначають номерами всі випадкові події, що увійшли до моделі.

На цьому можна вважати, що певна модель підготовлена до математичної обробки. Для виконання математичних обчислень

ймовірностей випадкових подій логіко-імітаційної моделі застосовують формули [11, 20].

Побудуємо логіко-імітаційну модель процесу формування і виникнення аварії та травми в процесі технічного сервісу шкільних автобусів і складемо перелік базових подій. Кожній події (пункту) присвоюємо певне значення ймовірності його виникнення:

- | | |
|-------------------------------------|---------------|
| 1. Відсутність елементів системи | $P_6 = 0,05;$ |
| 2. Професійний рівень слюсаря | $P_1 = 0,30;$ |
| 3. Наявність дефектів | $P_8 = 0,25;$ |
| 4. Відсутність захистів | $P_7 = 0,08;$ |
| 5. Досвід роботи слюсаря | $P_2 = 0,30;$ |
| 6. Пошкодження елементів системи | $P_5 = 0,18;$ |
| 7. Психо-фізіологічний стан слюсаря | $P_3 = 0,25;$ |

Складені події дають можливість побудувати матрицю логічних взаємозв'язків між окремими пунктами.

Отже, розглядаємо травмобезпечну ситуацію, яка може виникнути під час демонтажу балки переднього моста та призвести до травмування слюсаря, а також зробимо розрахунок ймовірності виникнення подій, що формують логіко-імітаційну модель в процесі ремонту шкільних автобусів.

Ймовірність виникнення події P_9 визначаємо наступним чином:

$$P_9 = 0,30 + 0,30 + 0,25 = 0,85;$$

Ймовірність виникнення події P_{10} визначаємо:

$$P_{10} = 0,05 \cdot 0,25 = 0,0125$$

Ймовірність виникнення події P_{11} визначаємо так:

$$P_{11} = 0,25 + 0,18 = 0,43;$$

Ймовірність події P_{12} :

$$P_{12} = (0,30 + 0,30 + 0,25) \cdot 0,30 = 0,255;$$

Ймовірність події P_2 :

$$P_2 = 0,255 \cdot 0,0125 + 0,43 = 0,000137;$$

16

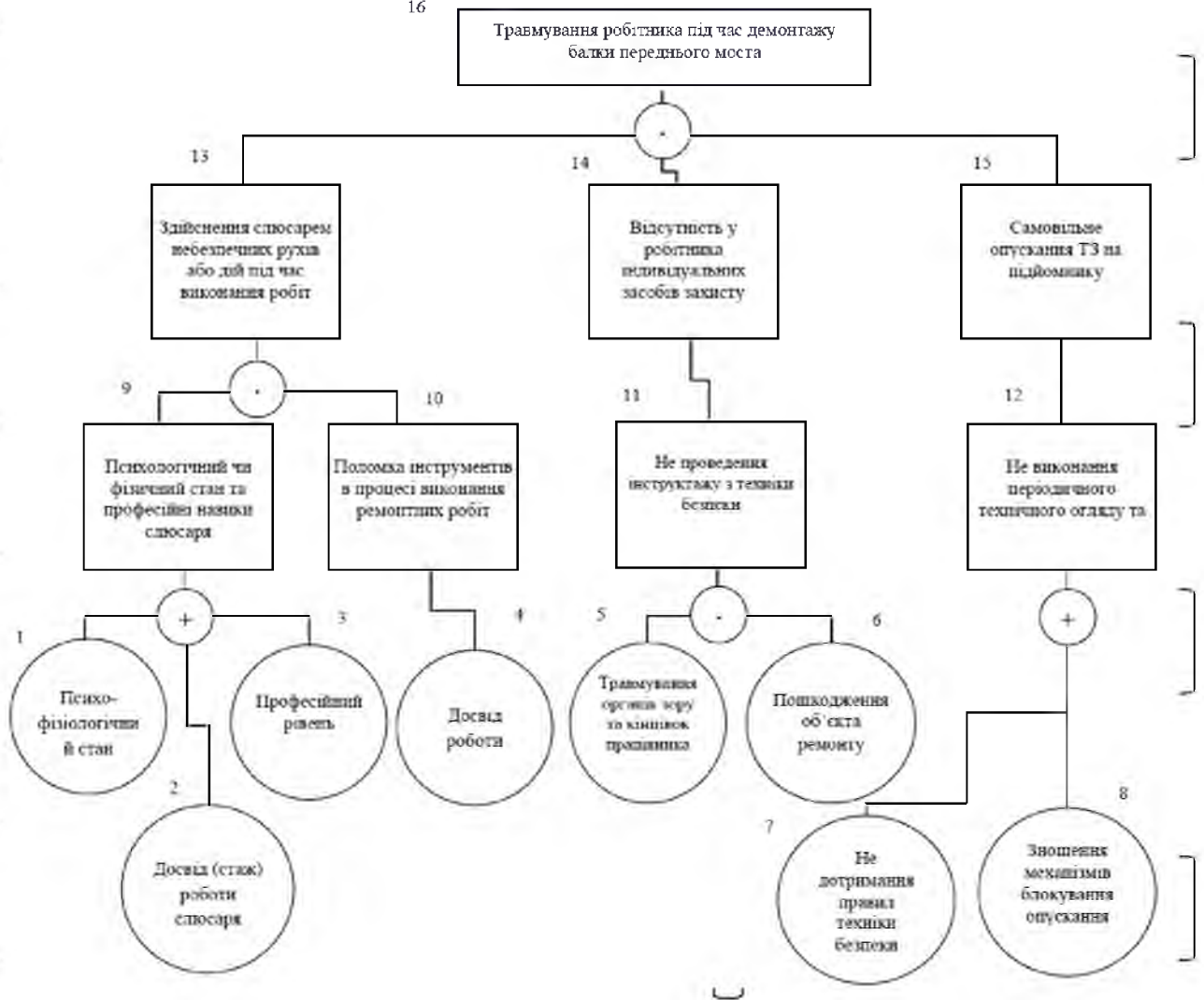


Рисунок 5.2 – Матриця логічних взаємозв’язків між окремими подіями травмо небезпечної ситуації в процесі сервісу шкільних автобусів

За нашими розрахунками ймовірність виникнення травми слюсаря під час демонтажу балки переднього моста є досить мала і становить $P_2 = 0,000137$.

Впровадження у практику підприємства логіко-імітаційних моделей дослідження аварій і травм, а також для обґрунтування заходів охорони праці, дають змогу знизити ймовірність виникнення аварійних та травмо небезпечних ситуацій.

5.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Від ефективності розроблення та впровадження в життя заходів із запобігання та ліквідації надзвичайної ситуації в разі її виникнення залежатиме життя та здоров'я персоналу та відвідувачів підприємств і розміри заподіяної шкоди [27].

Відповідно до Кодексу цивільного захисту України, підготовка персоналу на підприємствах незалежно від форм власності до дій у надзвичайних ситуаціях здійснюється за спеціально розробленою схемою заходів захисту населення та територій.

Для великих і малих підприємств система заходів захисту від надзвичайних ситуацій включає [27]:

- планування та здійснення необхідних заходів для захисту своїх працівників, об'єктів господарювання;
- розроблення планів локалізації та ліквідації аварій з подальшим погодженням з Державною службою України з надзвичайних ситуацій;
- підтримання у готовності до застосування сил і засобів із запобігання виникненню та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;
- створення та підтримання матеріальних резервів для попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій;
- забезпечення своєчасного оповіщення своїх працівників про загрозу виникнення або при виникненні надзвичайної ситуації.

Наведені вище заходи мають загальний характер, вони не повністю враховують специфіку діяльності конкретного підприємства, чисельність працівників, обсяг і вид виробництва тощо.

Основною особливістю дій малих підприємств при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій є в першу чергу захист персоналу та відвідувачів.

Виходячи з цього, ст. 130 Кодексу цивільного захисту України передбачає, що на підприємствах з чисельністю персоналу 50 осіб і менше розробляються та затверджуються інструкції щодо дій при загрози або виникненні надзвичайних ситуацій [27].

Крім того, у сфері промислового виробництва до малих підприємств можуть бути віднесені і такі, де чисельність працівників перевищує 50 осіб. Інструкції для таких підприємств розробляються за рішенням відповідного територіального органу Держслужби України з надзвичайних ситуацій.

Розроблена інструкція не повинна суперечити положенням та вимогам Кодексу цивільного захисту України.

Інструкція розробляється та підписується посадовою особою підприємства з питань цивільного захисту, затверджується керівником підприємства та доводиться до всіх працівників під підпис [27].

Висновки до розділу 5

1. Впровадження на підприємстві структурного аналізу травмонебезпечних ситуацій уможливило оцінку: рівень небезпеки операції, можливість попередження та уникнення травмонебезпечної ситуації, а у разі настання – уникнення її повтору. Окрім того завдяки аналізу травмонебезпечних та аварійних ситуацій можна створювати комплекси для індивідуального захисту робітників.

2. Виконання моделювання ймовірності виникнення травм та аварій уможливило моделювати процеси утворення, формування небезпечних ситуацій та їх наслідків, що у свою чергу спрямовано на збереження життя та здоров'я працівників.

3. Життя та здоров'я працівників є основним завданням в охороні праці, тому знання дій працівників у випадку виникнення небезпечних ситуацій на підприємстві є надзвичайно важливим аспектом.

6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛІВ СЕРВІСНОЇ СЛУЖБИ

Показниками економічної ефективності є річний економічний ефект і коефіцієнт економічної ефективності (термін окупності).

Економічний ефект від підвищення надійності машин складає різницю між економією усіх виробничих ресурсів та затрат на впровадження і розробку виконаних з цією метою заходів. Його оцінюють методом порівняння двох варіантів: базового та з покращеними показниками [4, 24].

Оцінка проводиться як за окремими складовими: безвідмовності, ремонтпридатності, збережуваності, довговічності та готовності, а також комплексними показниками надійності, наприклад, коефіцієнту готовності.

При оцінці економічної ефективності вперше розроблюваних виробів за базу порівняння приймають досягнуті техніко-економічні показники виробів, близьких за конструктивно-технологічними і експлуатаційними властивостями, при модернізації виробів, які серійно випускаються. Їх показники.

У тих випадках, коли нова або модернізована продукція виробляється на заводах з різним рівнем розвитку виробництва, в розрахунку використовують середньогалузеві значення техніко-економічних показників базової і проектованої машини з підвищеною надійністю, або середньогалузеві показники експлуатації оцінюваного виробу або аналогічні дані найбільш типових підприємств, що забезпечують найбільший економічний ефект. Якщо підвищення надійності вітчизняного виробу дозволяє замінити їм зарубіжний аналог, то за базу порівняння приймаються дані про експлуатацію і вартості останнього.

Базою порівняння можуть служити і кращі світові зразки при порівнянні їх за техніко-економічними показниками виробництва і експлуатації з оцінюваними виробами підвищеної надійності [4, 24].

Залежно від номенклатури зрослих показників надійності поліпшуються ті чи інші техніко-економічні показники, що характеризують експлуатаційні властивості виробів.

Із підвищенням безвідмовності збільшується напрацювання на відмову або ймовірність безвідмовної роботи. Зменшується число раптових відмов і тим самим – сумарна величина витрат на їх усунення, які входять до складу експлуатаційних витрат споживача поряд із заробітною платою ремонтників, вартістю використовуваних запасних частин і матеріалів, частиною амортизаційних відрахувань, призначених на капітальний ремонт [4, 24].

Витрати розраховуються на одиницю випущеної продукції (виконаної роботи) або одиницю корисного ефекту за рік служби виробу. Останній варіант є кращим, оскільки дає змогу легше проводити порівнювання базового і проектного рівня надійності.

Зміна річних експлуатаційних витрат в розрахунку на обсяг продукції (роботи), виробленої машиною підвищеної надійності, визначається зменшенням витрат на усунення відмов за рахунок скорочення їх кількості і трудомісткості, а також зниженням витрат експлуатаційних матеріалів внаслідок зростання продуктивності.

Зміна супутніх капітальних вкладень в сфері експлуатації враховується без зміни вартості (ціни) машини підвищеної надійності.

Підвищення безвідмовності призводить до збільшення часу ефективної роботи машини за рахунок скорочення термінів простою в ремонті, що можна прирівняти до зростання продуктивності [4, 24].

Вихідні дані для розрахунків наведені в таблиці 6.1.

Визначаємо кількість відмов в рік для кожної моделі автомобілів сервісної служби за формулою [4, 24]:

$$n = \frac{L_p}{M/L_0}, \text{ відмови} \quad (6.1)$$

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності

№ з/п	Показник	Одиниці виміру	Сервісні автомобілі	
			Volkswagen Caddy	Volkswagen Transporter
1	Вартість автомобіля, C_a	грн	538620	712460
2	Середній пробіг в рік, L_p	км	31000	31000
3	Планована тривалість експлуатації, T_p	років	8	8
4	Тривалість безвідмовної роботи, $M[D_o]$	км	3810,127	5179,385
5	Річний фонд часу сервісного інженера, $\Phi_{\text{ч}}$	год	2100	2100
6	Вартість годинної роботи сервісного інженера, $C_{\text{ін}}$	грн	600	600
7	Середня тривалість усунення відмов, t	год	6	6

Отже,

Volkswagen Caddy

$$n = \frac{31000}{3810,127} = 8,14, \text{ відмови} \quad (6.2)$$

Volkswagen Transporter

$$n = \frac{31000}{5179,385} = 5,98, \text{ відмови} \quad (6.3)$$

Втрати, що несе компанія від простою автомобілів сервісної служби через несправності визначаємо за формулою [4, 24]:

$$B = C_{\text{ін}} \cdot n \cdot t, \text{ грн}$$

Отже,

Volkswagen Caddy

$$B = 600 \cdot 8,14 \cdot 7 = 34188, \text{ грн}$$

Volkswagen Transporter

$$B = 600 \cdot 5,98 \cdot 7 = 25116, \text{ грн}$$

Оскільки, в нашій роботі ми визначали показники надійності автомобілів сервісної служби у ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка» та порівнювали їх. При цьому додаткові кошти у їх підвищення не залучалися.

Окрім того, кращими за показниками надійності виявились сервісні марки Volkswagen Transporter. Тому, економічний ефект визначаємо як різницю втрат, які несе компанія від простою автомобілів сервісної служби за увесь період експлуатації [4, 7, 24, 26]:

$$E = (B_1 - B_2) \cdot T_p$$

Тоді

$$E = (34188 - 25116) \cdot 8 = 72576 \text{ грн}$$

Отже, якщо б у сервісній службі ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка» використовували автомобілі марки Volkswagen Transporter то економічний ефект за увесь період експлуатації становив 72576 грн. Беручи до уваги, що автомобілів є п'ятнадцять то відповідно він складає 1088640 грн.

Висновки до розділу 6

1. Підвищення показників безвідмовності автомобілів сервісної служби дає змогу збільшити час їх ефективної роботи оскільки відповідно скорочується час їх простою в ремонті. Окрім того підвищення показників безвідмовності автомобілів сервісної служби в свою чергу сприяє зростанню продуктивності праці сервісних інженерів.

2. В результаті виконаного літературного пошуку було прийнято, що економічний ефект визначаємо як різницю втрат, які несе компанія від простою автомобілів сервісної служби за увесь період експлуатації відповідно він становить $E = 72576$ грн. Беручи до уваги, що автомобілів є п'ятнадцять то відповідно він складає 1088640 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Здійснений аналіз діяльності ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка» дає нам змогу стверджувати, що воно здійснює впровадження інноваційного світового досвіду в галузі аграрних технологій, а саме: здійснює обслуговування, реалізацію запасних частин та ремонту техніки відомих світових машинобудівних компаній таких як: CLAAS, Lemken, Amazone, SCHMOTZER, BEDNAR та OPALL-AGRI. А також є представником світового лідера з виробництва доїльних залів, систем та засобів гігієни для тварин компанії GEA Farm Technologies.

2. З метою оперативного надання сервісних послуг усі сервісні інженери забезпечені спеціалізованим транспортом (сервісним автомобілями). Загалом ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка» має у своєму розпорядженні такі сервісні автомобілі як: Volkswagen Caddy (15 одиниць) та Volkswagen Transporter (10 одиниць). Тому, показники їхньої експлуатаційної надійності є важливими чинників, які впливають на ефективність роботи сервісних інженерів.

3. Виконаний нами аналіз основних причин, що визначають надійність виробу, дав змогу встановити, що пов'язані вони як правило, з випадковими явищами. Тому для їх опису на практиці застосовується математичний апарат теорії ймовірностей.

4. В результаті літературного аналізу також було встановлено, що надійність виробу визначається його безвідмовністю та довговічністю. При цьому безвідмовність слід розглядати як самостійну безперервну роботу виробу без будь-яких втручань для підтримки працездатності.

5. Головною метою системи збору та опрацювання інформації відносно надійності об'єктів є: їх конструктивне удосконалення з метою підвищення показників надійності; розробка чи вдосконалення заходів щодо правил експлуатації та підвищення ефективності процесів технічного обслуговування та ремонту; вдосконалення технології складання, виготовлення, контролю, а також випробувань, які спрямовані на підвищення та забезпечення надійності; розробка заходів, спрямованих на підвищення

показників якості ремонту та зниження витрат на його виконання.

6. Виконані виробничі експерименти стосовно збору статистичних даних щодо відмов автомобілів сервісної служби ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка» проводились за методикою, яка ґрунтується на відомих методах математичної статистики. Використання у дослідженнях облікових документів, та залучення до них досвідчених фахівців дало змогу отримати достовірні статистичні дані.

7. Опрацювання отриманих статистичних даних щодо виробничих експериментів було здійснено згідно стандартизованих математичних методик, а це дає підстави вважати, що отримані результати є вірогідними.

8. Здійснене нами опрацювання результатів отриманих в результаті виробничих експериментів варіаційних рядів емпіричних даних, використовуючи при цьому методи математичної статистики та критерій узгодження χ^2 – Пірсона уможливило встановлення середнього напруження на відмову автомобілів сервісної служби Volkswagen Caddy та Volkswagen Transporter, які узгоджуються із теоретичним законом розподілу Вейбулла.

9. Виконаний нами аналіз прогнозованої динаміки теоретичної ймовірності безвідмовної роботи автомобілів сервісної ТОВ «Аграрний комплекс Тернопільчанка» на пробігу до 1120 тис. км показав, що означена властивість для автомобілів Volkswagen Caddy та Volkswagen Transporter знизиться до значень 0,745 та 0,806 відповідно. Це свідчить про вищі показники надійності автомобілів моделі Transporter.

10. В результаті виконаного літературного пошуку було прийнято, що економічний ефект визначаємо як різницю втрат, які несе компанія від простою автомобілів сервісної служби за увесь період експлуатації відповідно він становить $E = 72576$ грн. Беручи до уваги, що автомобілів є п'ятнадцять то відповідно він складає 1088640 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Anders G. J. Innovations in power systems reliability. Springer. 2011. 361 p.
2. Delphi Diesel Systems, Publication №: DDNX125(EN) Delphi Diesel Aftermarket Operations UK, 2012. 76 p.
3. Endrenyi J. Comparison of two methods for evaluating the effects of maintenance on component and system reliability. IEEE International Conference Probabilistic Methods Applied to Power Systems. 2014. P. 307–312.
4. Endrenyi J. The Present Status of Maintenance Strategies and the Impact of Maintenance on Reliability. A Report of the Probability Application Subcommittee. IEEE Transactions on Power Systems. 2011. Vol. 16. № 4. P. 638–646.
5. Ge H. Maintenance optimization for substations with aging equipment: a dissertation for the degree of Phd. Lincoln, Nebraska. 2010. 212 p.
6. Hampel R., Kurr D., Scbefenadcer H. Elektronisches Messsystem zur digitalen Erfassung und Auswertung von Indikator diagrammen. 2015. № 2. P. 33–38.
7. Latino M. A. Behavioral based reliability. Machinery Reliability Conference. 2020. April. <http://reliability.com/industry/articles/article36.pdf>.
8. Smykov S. V., Seregin A. A., Nikitchenko S. L., Kurochkin V. N., Valuev N. V. Hinged aggregate for technical maintenance of machines: Modeling, testing and conditions of application. Journal of Mechanical Science and Technology. 2018. T. 32. № 8. C. 3807–3815.
9. Wegrzyn, J. Liquefied Natural Gas for Trucks and Buses. SAE Technical Paper Series. 2018. № 2000-01-2210.
10. Zehn Prozent Biokraftstoff fur Alle. Verein Deutscher Ingenieure. VDI Nachrichten. 2015. Jg. 59. № 47. 8 p.
11. Hunt D. Farm power and machinery management Tenth edition. Agricultural Engineering. 2013. Dublin. Vol. 3. P. 1703–1709.
12. Onwualu A. P., Akubuo C. O., Ahaneku I. E. Fundamentals of Engineering for Agriculture Immaculate Publications Limited. 2 Aku stree, Ogui New Layout, Enugu, Nigeria. 2006. 186 p.
13. Ojha T. P., Michael A. M. Principles of Agricultural Engineering. Vol. 1. Jain Brothers. New Delhi (sixth edition). 2012. 210 p.

14. Yohanna J. K., Ifem, J. L. C. Performance evaluation of field efficiency of farm machinery in Nasarawa and plateau state. Proceeding of the Nigerian Institution of Agricultural Engineers. 2013. P. 88-92.
15. Kepner R. A, Bainer R, Barger E. L. Principles of Farm Machinery, AVI Publishing Company Inc. Wester port. 2016. 208 p.
16. Oduma O., Igwe J. E., Ntunde D. I. Performance evaluation of field efficiencies of some tractor drawn implement in Ebonyi State. International Journal of Engineering and Technology. 2015. Vol. 5(4). P. 45-50.
17. Agricultural field machinery selection and utilization for improved farm operations in South-East Nigeria: A review. Available from: https://www.researchgate.net/publication/335951790_Agricultural_field_machinery_selection_and_utilization_for_improved_farm_operations_in_South-East_Nigeria_A_review [accessed Mar 02 2020].
18. William E. Crop – Machinery Management. Lower State University Extension and Outreach. Dept. of Economics, 2015. P. 641-732-5574.
19. Аніскевич Л. В. Системи керування нормами внесення матеріалів в технологіях точного землеробства : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : 05.05.11. Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Київ. 2005. 36 с.
20. Аулін В. В., Голуб Д. В., Гриньків А. В., Лисенко С. В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем. монографія. Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. 370 с.
21. Аулін В. В., Гриньків А. В. Методика вибору діагностичних параметрів технічного стану 248 транспортних засобів на основі теорії сенситивів. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2016, №5 С. 109–116.
22. Аулін В. В., Гриньків А. В. Проблеми і задачі ефективності системи технічної експлуатації мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія технічні науки. 2016. №2 (77). С. 36–41.
23. Аулін В. В., Гриньків А. В. Проблеми і задачі ефективності системи технічної експлуатації мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія технічні науки. 2016. №2 (77). С. 36–41.

24. Аулін В. В., Гриньків А. В. Теоретичне обґрунтування моментів контролю технічного стану систем і агрегатів засобів транспорту. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2017. №8. С. 9–20.
25. Аулін В. В., Гриньків А. В., Замота Т. М. Забезпечення та підвищення експлуатаційної надійності транспортних засобів на основі використання методів теорії чутливості. Вісник інженерної академії України. 2015. №3. С. 66–72.
26. Аулін В. В., Лисенко С. В., Голуб Д. В., Гриньків А. В., Мартиненко О. Д. Теоретико-фізичний підхід до діагностичної інформації про технічний стан агрегатів мобільної сільськогосподарської техніки. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. Харків. 2015. Вип. 158. С. 252–262.
27. Аулін В. В., Лисенко С. В., Кузик О. В., Гриньків А. В., Голуб Д. В. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення: монографія. Кропивницький. 2016. 304 с.
28. Бабанін О. Б. Наукові основи вдосконалення технології контролю, діагностування та матеріально-технічного забезпечення при технічному обслуговуванні локомотивів: Дис... докт. техн. наук: 05.22.07 Рухомий склад залізниць та тяга поїздів. Харківська державна академія залізничного транспорту. Харків, 2001. 288 с.
29. Бабінок Г. В. Системне обґрунтування і розробка адаптивних способів забезпечення надійності гірничих виробок: Дис... докт. техн. наук 05.15.04 шахтне та підземне будівництво. Донбаський державний технічний університет. Дніпропетровськ, 2005. 522 с.
30. Біловол О. П. Підвищення надійності і обґрунтування параметрів процесу виробництва і відновлення розроблених дискових копачів бурякозбиральних машин : автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук : 05.05.11 Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Харків. 2008. 20 с.
31. Бірюков Д. С. Аналіз та оптимізація надійності складних систем з багатьма станами : автореф. дис... канд. техн. наук: 01.05.04. Київ. нац. ун-т імені Тараса Шевченка. Київ. 2009. 20 с.
32. Боднар Є. Б. Підвищення експлуатаційної надійності локомотивів шляхом впровадження раціональної системи утримування: Дис... канд. техн. наук 05.22.07 рухомий склад залізниць та тяга поїздів. Дніпропетровський

національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Харків, 2004. 161 с.

33. Бойко А. І. Тенденції розвитку вітчизняного сільгоспмашинобудування і проблем забезпечення надійності машин. Науковий вісник Національного аграрного університету. Київ. НАУ, 2004. Вип. 73. Ч. 2. С. 181–183.
34. Роговський І. Л. Станіонарні обслуговуючі системи відновлення працездатності сільськогосподарських машин. Обухівські читання: XI Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, Україна, 1 березня 2016 року: тези конференції. Київ. 2016. С. 77.
35. Роговський І. Л. Аналітичні передумови послідовності виконання робіт з відновлення працездатності сільськогосподарських машин при обмежених ресурсах. Рациональне використання енергії в техніці. II Міжнародна наукова конференція, м. Київ, Україна, 17–20 травня 2016 року: тези конференції. Київ. 2016. С. 77–79.
36. Роговський І. Л. Адаптивність в системі відновлення працездатності сільськогосподарських машин. Сучасні проблеми землеробської механіки: XVI Міжнародна наукова конференція, м. Суми, Україна, 17–18 жовтня 2016 року: тези конференції. Суми, 2016. С. 292–295.
37. Rogovskii Ivan. Deoendency analytical model to determine parameters of technical state of combine harvesters. Сучасні технології аграрного виробництва: II Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, Україна, 9–10 листопада 2016 року: тези конференції. Київ. 2016. С. 226–228.
38. Роговський І. Л. Особливості системності відновлення працездатності сільськогосподарських машин. Передові технології виробництва і переробки сільськогосподарської продукції, енергозбереження та забезпечення тепловою й електричною енергією. Перспективи та проблеми впровадження в сільське господарство Полісся: VI Всеукраїнська науково-практична конференція, м. Житомир, Україна, 24 листопада 2016 року: тези конференції. Житомир. 2016. С. 23–26.
39. Rogovskii Ivan. Data analysis in problem of identification of parameters of systems restore functionality of agricultural machinery. Сучасні технології виробництва зернових культур 2017: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, Україна, 16 лютого 2017 року: тези конференції. Київ. 2017. С. 80–82.
40. Роговський І. Л. Аналітичні передумови послідовності виконання робіт з відновлення працездатності сільськогосподарських машин при обмежених ресурсах. Рациональне використання енергії в техніці. TechEnergy 2016: XII

Міжнародна наукова конференція, м. Київ, Україна,
17–19 травня 2016 року: тези конференції. Київ, 2016. С. 77–79.

41. Роговський І. Л. Виробничі процеси забезпечення відновлення працездатності сільськогосподарських машин в умовах ризиків середовища. Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь. III всеукраїнська науково-практична конференція, м. Житомир, Україна, 29–31 березня 2017 року: тези конференції. Житомир, 2017. С. 241–243.
42. Rogovskii Ivan. Analytical model changes current aggregate technical readiness of agricultural machinery. Обухівські читання: XII Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, Україна, 21 березня 2017 року: тези конференції. Київ, 2017. С. 85–88.
43. Rogovskii Ivan. Architecture of simulation model data of complex system of restoration of agricultural machinery. Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування: XVII Міжнародна конференція науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів, м. Київ, Україна, 20–24 березня 2017 року: тези конференції. Київ, 2017. С. 119–122.
44. Роговський І. Л. Розподіл операцій за видами технічного обслуговування сільськогосподарських машин. Рациональне використання енергії в техніці. TechEnergy 2017: XIII Міжнародна наукова конференція, м. Київ, Україна, 17–19 травня 2017 року: тези конференції. Київ, 2017. С. 89–90.
45. Роговський І. Л. Термінологічність адаптації системи технічного обслуговування сільськогосподарських машин. Інноваційне забезпечення виробництва органічної продукції в АПК: V Міжнародна наукова конференція, м. Київ, Україна, 5–6 червня 2017 року: тези конференції. Київ, 2017. С. 2–33.
46. Роговський І. Л. АРМ в системі відновлення працездатності сільськогосподарських машин. Автоматика – 2017: XXIV Міжнародна конференція з автоматичного управління, м. Київ, Україна, 13–15 вересня 2017 року: тези конференції. Київ, 2017. С. 168–169.
47. Роговський І. Л. Підходи до визначення періодичності контролю параметрів технічного стану сільськогосподарських машин. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки: XI Міжнародна науково-практична конференція, м. Кропивницький, Україна, 1–3 листопада 2017 року: матеріали конференції. Кропивницький. ЦНТУ, 2017. С. 136–138.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП **ДОДАТКИ** України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Додаток А.

Таблиця А.1 Визначення статистичних характеристик та обґрунтування закону розподілу середнього напрацювання на відмову автомобілів сервісної служби Volkswagen Caddy

№	Униз	Уверх	У _i	M(i)	P _i	У _i *P _i	(У _i -У _c) ² *P _i	f(y)	Теоретична частість
1	1800,0	2600,0	2200	14	0,177	389,873	459431,729	0,000	0,192
2	2600,0	3400,0	3000	22	0,278	835,443	182768,503	0,000	0,271
3	3400,0	4200,0	3800	16	0,203	769,620	20,769	0,000	0,231
4	4200,0	5000,0	4600	13	0,165	756,962	102667,091	0,000	0,156
5	5000,0	5800,0	5400	7	0,089	478,481	223973,195	0,000	0,090
6	5800,0	6600,0	6200	4	0,051	313,924	289189,618	0,000	0,045
7	6600,0	7400,0	7000	3	0,038	265,823	386403,510	0,000	0,021
				79	1	3810,127	1644454,414		1,005

Закон розподілу - *Експоненційний*

Математичне сподівання	У _c	3810,127	Число ступенів вільності	<i>r</i>	3
Дисперсія	<i>D</i>	1644454,414	Рівень значимості	α	0,100
Серед.-квадр. відхилення	σ	1282,363	Хі-квадрат розрахункове	X^2	1,633
Коефіцієнт варіації	<i>v</i>	0,638	Хі-квадрат табличное	$(X^*)^2$	6,251
Параметр мірила	<i>a</i>	2241,946	Коефіцієнт	<i>Kb</i>	0,897
Параметр форми	<i>b</i>	1,593	Коефіцієнт	<i>Cb</i>	0,572
			Коефіцієнт	<i>b/a</i>	0,001

Таблиця А2. Визначення статистичних характеристик та обґрунтування закону розподілу середнього напрацювання на відмову автомобілів сервісної служби Volkswagen Transporter»

№	Униз	Уверх	Уі	М(і)	Рі	Уі*Рі	(Уі-Ус) ² *Рі	f(y)	Теоретична частість
1	1900,0	3185,7	2543	16	0,203	515,009	1407854,187	0,000	0,199
2	3185,7	4471,4	3829	20	0,253	969,259	461948,802	0,000	0,265
3	4471,4	5757,1	5114	15	0,190	971,067	804,672	0,000	0,222
4	5757,1	7042,9	6400	11	0,139	891,139	207454,508	0,000	0,152
5	7042,9	8328,6	7686	9	0,114	875,588	715635,071	0,000	0,091
6	8328,6	9614,3	8971	5	0,063	567,812	910100,832	0,000	0,049
7	9614,3	10900,0	10257	3	0,038	389,512	979124,928	0,000	0,024
				79	1	5179,385	4682923,001		1,001

Закон розподілу - *Нормальний*

Математичне сподівання	Ус	5179,385	Число ступенів вільності	r	3
Дисперсія	D	4682923,001	Рівень значимості	α	0,100
Серед.-квадр. відхилення	σ	2164,006	Хі-квадрат розрахункове	Х²	2,018
Коефіцієнт варіації	v	0,660	Хі-квадрат табличнее	(Х*)²	6,251
Параметр мірила	a	3644,482	Коефіцієнт	Kb	0,900
Параметр форми	b	1,537	Коефіцієнт	Cb	0,594
			Коефіцієнт	b/a	0,000