

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

# ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: «ТЕХНОЛОГІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ  
ЧОТИРЬОХСТІЙКОВОГО ПІДЙОМНИКА SIVIK STD-6635P З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ  
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ»

Виконав: студент IV курсу групи Аін-41

Спеціальності 208 «Агроінженерія»

(шифр і назва)

Козак Роман Олегович

(Прізвище та ініціали)

Керівник: Левчук Олександр Васильович

(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2023

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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

(підпис)

к.т.н., доцент Шарібур А.О.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

## ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

**Козаку Роману Олеговичу**

1. Тема проєкту: «Технологія технічного обслуговування і ремонту чотирьохстійкового підйомника Sivik STD-6635P з модернізацією технологічного обладнання»

Керівник проєкту: Левчук Олександр Васильович, к.т.н., в.о. доцента  
Затверджена наказом по університету від 30 грудня 2022 року 453/к-с

2. Строк здачі студентом закінченого проєкту 05.06.2023 року

3. Вихідні дані: інструкції з технічної експлуатації та технічного обслуговування підйомника Sivik STD-6635P, науково-технічна література з питань ремонту та підйомників, патентний пошук та літературні джерела, які стосуються удосконалення та модернізації підйомників.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

4.1 Кунструктивно – технічне обґрунтування об’єкта проєктування

4.2 Діагностування технічних систем

4.3 Розрахунок показників надійності

4.4 Конструкторсько-технологічна частина

4.5 Охорона праці та захист навколишнього середовища

4.6 Розрахунок економічного ефекту від модернізації чотирьохстійкового підйомника

5. Перелік ілюстраційного матеріалу

5.1 Конструктивне виконання чотирьохстійкових підйомників - 1-й аркуш;

5.2 Загальний вид чотирьохстійкового підйомника Sivik STD-6635P - 2-й аркуш;

5.3 Складальне креслення підйомника Sivik STD-6635P - 3-й аркуш;

5.4 Деталювання – 4-й аркуш;

## 6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1,2,3,5,6	Левчук О.В. к.т.н., в.о. доц. кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. О. Семковича			
4	Городецький І. М., к.т.н., доцент кафедри управління проєктами та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 30.12.2022 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Відмітка про вико- нання
1	<i>Написання розділу: «Кунструктивно – технічне обґрунтування об'єкта проєктування»</i>	30.12.22-30.01.23	
2	<i>Виконання другого розділу: «Діагностування технічних систем»</i>	31.01.23-27.02.23	
3	<i>Виконання третього розділу: «Розрахунок показників надійності»</i>	28.02.23-30.03.23	
4	<i>Виконання третього розділу: «Конструкторсько- технологічна частина»</i>	31.03.23-30.04.23	
5	<i>Написання розділу: «Охорона праці та захист навколишнього середовища»</i>	01.05.23-20.05.23	
6	<i>Виконання розділу: «Розрахунок економічного ефекту від модернізації чотирьохстійкового підйомника»</i>	20.05.23-31.05.23	
7	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Завершення роботи в цілому</i>	01.06.23-05.06.23	

Студент \_\_\_\_\_ Роман Козак  
(підпис)

Керівник проєкту \_\_\_\_\_ Олександр Левчук  
(підпис)

## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	5
ВСТУП	6
1. КОНСТРУКТИВНО – ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ОБЄКТА ПРЄКТУВАННЯ	7
1.1 Сертифікація технологічного обладнання, що використовується при проведенні ТО та ТР автомобілів	7
1.2 Аналіз конструкції обладнання, цілі та завдання модернізації	11
2. ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ	17
2.1 Діагностична модель чотирьохстійкового підйомника	17
2.2 Функціонально-логічні моделі технічних систем	18
2.3 Синтез алгоритму діагностування	20
3. РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ	26
3.1 Система показників надійності	26
3.2 Розрахунок показників надійності до настання першої відмови	27
3.3 Розрахунок показників надійності до настання другої відмови	34
3.4 Формування провідної функції потоку відмов	38
4. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	43
4.1 Обґрунтування вихідних даних для виконання модернізації технологічного обладнання	43
4.2 Вибір та обґрунтування даних для виконання розрахунку по модернізації обладнання Sivik STD-6635P	44
4.3 Варіанти опрацьованих конструкторських рішень щодо модернізації обладнання	47

<i>4.4 Розробка конструкторської документації для модернізованого обладнання</i>	
<i>4.5 Визначення технічних характеристик модернізованого обладнання, опис особливостей його функціонування</i>	49
<b>5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА</b>	52
<i>5.1 Аналіз і характеристики виробничих шкідливостей і небезпек</i>	52
<i>5.2 Вплив автомобільного транспорту на навколишнє середовище</i>	53
<i>5.3 Заходи по зменшенню шкідливого впливу автомобілів та виробничо-технічної бази ремонтного підприємства на навколишнє середовище</i>	57
<i>5.4 Складання переліку вимог та вказівки щодо безпечного виконання операцій технологічного процесу на модернізованому устаткуванні</i>	58
<b>6. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД МОДЕРНІЗАЦІЇ ЧОТИРЬОХСТІЙКОВОГО ПІДЙОМНИКА</b>	60
<b>ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ</b>	65
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	66

УДК 621.43-222

Козак Р.О. «Технологія технічного обслуговування і ремонту чотирьохстійкового підйомника Sivik STD-6635P з модернізацією технологічного обладнання».

**Дипломний проєкт.** Дубляни. Львівський національний університет природокористування, 2023.

Сторінок 66, рис. 22, табл. 28, аркушів графічної частини – 4, бібліографічних найменувань – 24.

Проведена кількісна оцінка технічного стану системи, що діагностується за діагностичними нормативами. Зображено схему формування діагностичних нормативів для випадку лінійної реалізації діагностичних параметрів.

Встановлено за допомогою використання для вирівнювання дослідної інформації закону нормального розподілу. Закон нормального розподілу охарактеризовано за допомогою диференціальної (функцією густини ймовірностей) і інтегральної (функцією розподілу) функціями. На підставі отриманих значень нами були побудовані гістограма, полігон і крива накопичених досвідчених ймовірностей, які дають наочне уявлення про розподіл показників надійності і дозволяють вирішувати ряд інженерних задач графічними способами.

Проведено модернізацію технологічного обладнання чотирьохстійкового підйомника Sivik STD-6635P.

Запроектовано заходи з охорони праці та захисту навколишнього середовища.

Розраховано техніко – економічну оцінку ефективності модернізації обладнання.

## ВСТУП

Технологічне обладнання є складовою його виробничо-технічної бази (ВТБ) і в цілому надає суттєвий вплив на рівень розвитку ВТБ. Оснащеність постів ТО та ТР технологічним обладнанням визначає продуктивність та якість автосервісних послуг, умови праці персоналу, захист навколишнього середовища, ресурсозбереження на ОАС. Забезпеченість технологічним обладнанням характеризується для ПТБ ОАС такими поняттями, як «механізація» та «автоматизація» технологічних процесів ТО та ТР автомобілів.

Під механізацією технологічних процесів розуміється повна або часткова заміна ручної праці машинним у тій частині технологічного процесу, в якій відбувається зміна технічного стану автомобілів, за збереження участі оператора в управлінні обладнанням. Механізацію технологічних процесів поділяють на повну та часткову.

Часткова механізація пов'язана з механізацією окремих рухів та операцій за рахунок чого полегшується праця та прискорюється виконання відповідних технологічних операцій. Повна (або комплексна) механізація охоплює всі основні допоміжні та транспортні операції технологічного процесу і являє собою повну заміну ручної праці машинним. Дії робітника зводяться до управління обладнанням, регулювання його роботи і контролю якості виконання технологічного процесу. Комплексна механізація є передумовою для автоматизації та роботизації технологічних процесів. Це є найвищим ступенем механізації.

## 1. КУНСТРУКТИВНО – ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ОБЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ

### *1.1 Сертифікація технологічного обладнання, що використовується при проведенні ТО та ПР автомобілів*

При розробці та створенні автосервісу та організації нових видів робіт проводяться заходи спрямовані на підготовку наданих та нових послуг автосервісу до сертифікації.

Загальні вимоги до порядку проведення сертифікації послуг у рамках Національної системи підтвердження відповідності Республіки Білорусь викладені в ТКП 5.3.21-2014 «Сертифікація надання послуг з обслуговування транспортних засобів». Сертифікацію послуг проводять акредитовані органи із сертифікації відповідно до вимог ТКП 5.3.21-2014. Для початку проведення робіт із сертифікації послуг заявнику необхідно подати заявку до органу сертифікації.

Перелік ТНПА, на відповідність яким проводиться сертифікація:

СТБ 1175-2011 «Обслуговування транспортних засобів організаціями автосервісу. Порядок проведення»;

СТБ 1641-2006 «Транспорт дорожній. Вимоги до технічного стану щодо умов безпеки руху. Методи перевірки»;

СТБ 960-2011 «Технічне обслуговування та ремонт транспортних засобів. Загальні вимоги безпеки»;

СТБ 2169-2011 «Транспортні засоби, оснащені двигунами із запаленням від стиснення. Димність газів, що відпрацювали. Норми та методи вимірювання»;

СТБ 2170-2011 «Транспортні засоби, оснащені двигунами із примусовим запалюванням. Викиди забруднюючих речовин у відпрацьованих газах. Норми та методи вимірювання».

Установка Sivik STD-6635P має наступний перелік сертифікаційних послуг:



1. Проведення технічного обслуговування та технічного ремонту ходової частини;

2.Проведення технічного обслуговування та технічного ремонту трансмісії;

3. Проведення технічного обслуговування та технічного ремонту двигуна.

Для підвищення стійкості автомобіля при русі, легкості управління та зниження зносу шин служать кути установки передніх керованих коліс. До таких кутів відносяться: сходження та розвал коліс, поздовжній та поперечний нахил геометричної осі повороту (кастер) керованого колеса.

Елементи підвіски автомобіля відіграють важливу роль для безпеки пасажирів та водія. Експлуатувати транспортний засіб заборонено, якщо виявлено несправності шрусів або кульової опори.

Таблиця 1.1 -Аналіз основних операцій, що виконуються із застосуванням технологічного обладнання, заданого для модернізації

Найменування операцій	Призначення та вплив на об'єкт	Пристосування, що застосовуються та їх призначення	Режим роботи	Ступінь механізації	Функція обладнання
Проведення технічного обслуговування та технічного ремонту ходової частини	Забезпечити доступ до механізмів, вивішування осей автомобіля	Набір слюсарного інструменту	Нормований	3	Підйом автомобіля
Проведення технічного обслуговування та технічного ремонту трансмісії	Забезпечити доступ до трансмісії	Набір слюсарного інструменту, установка для заміни олії, трансмісійна стійка	Нормований	3	Підйом автомобіля
Проведення робіт з регулювання кутів розвалу/сходження передніх та задніх коліс легкових автомобілів максимальною вагою до 3,5 т.	Забезпечити доступ до двигуна з низу автомобіля	Набір слюсарного інструменту, мотор-тестер, установка для заміни олії, гідравлічна стійка	Нормований	3	Підйом автомобіля

Автомобільний підйомник Sivik STD-6635P Призначений для підйому при технічному обслуговуванні та ремонті, робіт з регулювання кутів розвалу/сходження передніх та задніх коліс легкових автомобілів максимальною вагою до 3,5 т. На кожній стійці забезпечено блокування безпеки. Автомобільний витяг спроектований для обслуговування автомобілів і не призначений для підйому людей.

Конструкція підйомника: як показано на малюнку 2.1, витяг складається з 4-х колон (1), двох платформ (2) і двох поперечних балок (3). Підйомник кріпиться на поверхні анкерними болтами за розширення приварених на кожній колоні. Для налаштування розвал-сходження, кожна платформа обладнана висувними консолями (4). Рознімання для встановлення поворотних кіл (5) можуть бути відрегульовані в різних напрямках. Підйом здійснюється шляхом натискання кнопки ВВЕРХ на пульті управління (6), який керує гідростанцією (7), яка подає масло в гідроциліндри, які приводять в дію тросову систему підйомника. Процес опускання контролюється за допомогою важеля встановленого на гідростанції. Опускання здійснюється за рахунок ваги самого витягу та встановленого на ньому транспортного засобу. Одна (або якщо необхідно дві) траверса (8) встановлюється на напрямні платформ, і може приводитися в дію за допомогою пульта управління. Механізм безпеки вбудований у кожну колону, та керується за допомогою спеціального замку безпеки (9). Для зручності в'їзду витяг обладнаний двома трапами (10). Один кінцевий вимикач встановлений на колоні з гідростанцією і контролює максимальну висоту підйому.



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд підйомника Sivik STD-6635P

Велика вантажопідйомність дозволяє використовувати чотири стійкові підйомники для підняття/опускання легкових та широко базових транспортних засобів.

Технічні характеристики чотирьох стійкових витягів представлені в таблиці 1.1

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики чотирьох стійкових підйомників

№ п/п	Найменування показника	Значення параметра				
		STORM STD-6635P	CARLIFT 4.0W	RAVAGL OL RAV4504 0F	Sivik STD-6635P	TST 440A
1	2	3	4	5	6	7
1	Габаритна висота max, мм	2368	2100	2600	1850	1875
2	Маса у зборі, кг	1200	1800	1950	1800	1820
3	Вантажопідйомність, кг	3500	4000	5000	3500	4100
4	Висота підйому, мм	1800	1970	1926	1850	1820
5	Ступінь рухливості	стаціонарний	стаціонарний	стаціонарний	стаціонарний	стаціонарний

Продовження табл. 1.2

1	2	3	4	5	6	7
6	Привід робочого органу	електрогі дравлічни й	електрогі дравлічни й	електрогі дравлічни й	електрогі дравлічни й	електрогід равлічний
7	Потужність, кВт	2,2	2,2	2,6	2,2	2,2
8	Напруга живлення, В	380	380	380	220	380
9	Час підйому та опускання, сек	50 20	30 30	30 30	60 30	70 35
10	Довжина платформи	4800	4800	5700	4800	5000
11	Відстань між платформами, мм	960	950	1100	960/1020	950
12	Ширина платформи, мм	480	630	550	480	483
13	Загальна ширина, мм	3080	3480	3490	3080	3084
14	Об'єм бака гідронасосу, л	12.7-14.8	10	14	-	-
15	Тиск у робочій порожнині, МПа	18	18	-	-	-

### 1.2 Аналіз конструкції обладнання, цілі та завдання модернізації

Особливості конструкції, принципу роботи та комплектації 5 типів обраного технологічного обладнання представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 1.3 - Особливості конструкції, принципу роботи та комплектації обраного технологічного обладнання

№ п/п	Перелік функцій та комплектність	Наявність параметра				
		STORM STD-6635P	CARLIFT 4.0W	RAVAGLOL RAV45040F	Sivik STD- 6635P	TST 440A
1	2	3	4	5	6	7
Функції						
1	Опускання автомобіля за відсутності напруги	+	+	+	+	+
2	Система замикання лап від провертання	+	-	-	+	+
3	Підняття та опускання автомобіля з кнопки	+	+	+	+	+
Комплектність						
1	Анкерні болти	+	+	+	+	+
2	Комплект опор для вивішування рамних автомобілів	+	-	-	-	+
3	Гумові накладки на стійки	+	+	+	+	+

У конструкцію чотирьох стійкового підйомника STORM STD-6635P входить: основа підйомника, стійка, траверса гідравлічна, трапи, круги поворотні литі, ПУ і кінцеві вимикачі.

Особливості: У стандартній комплектації поворотні круги посилені литі, рухома гідравлічна траверса керується насосною станцією підйомника, зручне керування стопорами однією ручкою без постійної фіксації рукою, наявність пульта керування та кінцевих вимикачів, гори-зонт виставляється як на будь-якій висоті, так і вкрай нижньому положенні .

Основа підйомника - металеві пластини з ребрами жорсткості і отворами під анкерні болти для кріплення, служить для установки підйомника на бетонну підлогу, до цих пластин кріпиться нижня синхронізація підйомника і стійки на якій розташовуються всі додаткові елементи.

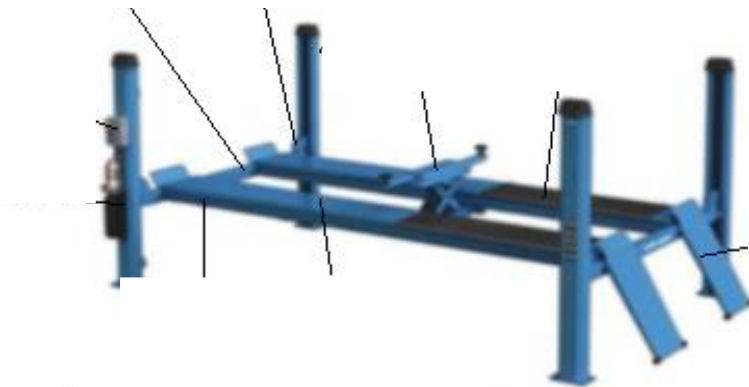


Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд підйомника STORM STD-6635P

Гумові упори - являють собою гумове вироби, призначені для упору в піддомкратники, можуть за допомогою простак змінювати свою висоту.

У стійках витягу розташовується гідроциліндри.

Гідроциліндри - стандартний виріб відноситься до гідросистеми, об'ємний гідравлічний двигун, заснований на принципі зворотно поступального руху, що відбувається за рахунок подачі рідини під високим тиском.

Ємність для рідини - являє собою пластиковий бак, розташована внизу масляного насоса, застосовується для зберігання олії 12,78 л.

Електромотор - стандартний виріб відноситься до електричної системи, кріпиться на стійці підйомника, служить для масляного насоса.

Масляний насос - стандартний виріб, що відноситься до гідравлічної системи, кріпиться на стійці під електромотором і служить для створення робочого тиску в гідросистемі.

Гідравлічні шланги - стандартний виріб, що відноситься до гідравлічної системи, виготовлені з гумового матеріалу, призначені для подачі масла від гідростанції до гідроциліндрів і утримання тиску в системі.

Парашютний клапан – стандартний виріб гідравлічної системи, призначений для запобігання швидкому виходу олії з циліндрів.

Кнопка управління – призначена для підняття та опускання підйомника, кріпиться біля електромотора.

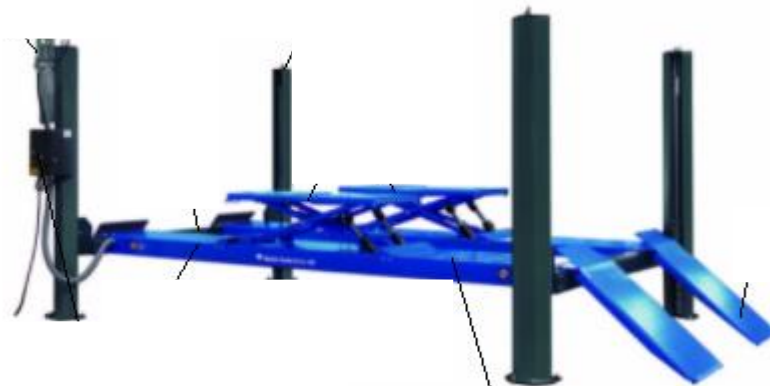


Рисунок 1.3 – Зовнішній вигляд підйомника CARLIFT II 4.0W

У конструкцію чотирьох стійкового підйомника CARLIFT II 4.0W входить: основа підйомника, стійки, пневматичні компоненти, гідроциліндри, ємність для рідини, електромотор, масляний насос, гідравлічні шланги, парашутний клапан, дві гідравлічні траверси.

Конструкція даного підйомника схожа з конструкцією підйомником STORM STD-6635P відмінними рисами є, підйомник CARLIFT II 4.0W має дві гідравлічні траверси.



Рисунок 1.4 - Зовнішній вигляд підйомника RAVAGLIOLI RAV4504OF

У конструкцію чотирьох стійкового підйомника RAVAGLIOLI RAV4504OF входить: основа підйомника, стійки, пневматичні компоненти, гідроциліндри, ємність для рідини, електромотор, масляний насос, гідравлічні шланги, парашутний клапан, металеві троси, ніші під поворотні кола.

Конструкція даного підйомника схожа з підйомником STORM STD-6635P відмінними рисами є, у витягу STORM STD-6635P можна виконувати вивішування автомобіля на траверсі, а на підйомнику RAVAGLIOLI RAV4504OF траверса відсутня.

Пульт управління – виконаний у вигляді пластикового короба, в якому розташовані електрична схема та кнопки, служить для підняття підйомника, що розташовується на стійці.

Кнопка для опускання - виконана у вигляді пластикового короба, в якому розташовані електрична схема і кнопки, служить для опускання підйомника, розташовується на стійці.

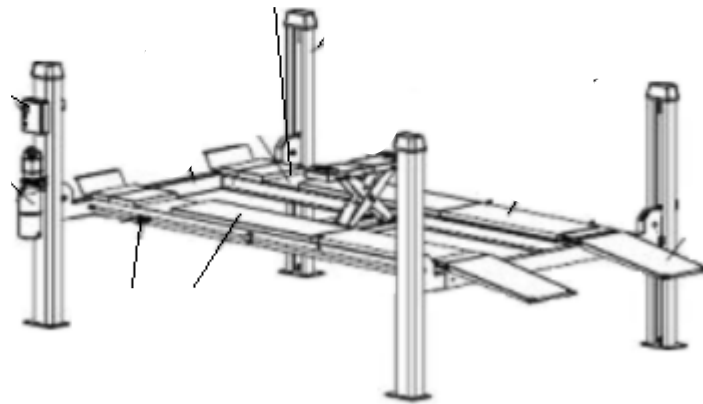


Рисунок 1.5 – Чотирьох стійковий підйомник TST 440A

У конструкцію чотирьох стійкового підйомника TST 440A входить: основа підйомника, стійки, пневматичні компоненти, гідроциліндри, ємність для рідини, електромотор, масляний насос, гідравлічні шланги, парашутний клапан, металеві троси, пневмогідравлічна траверса, ніші під поворотні.

До переваг підйомників від цього виробника відноситься мінімальний час підйому транспортного засобу на робочу висоту, що гарантує оперативне обслуговування і дозволяє працювати максимально ефективно.

Основа підйомника - металевий профіль з ребрами жорсткості та отворами під анкерні болти для кріплення, до цього профілю кріпиться стійки, на яких розташовуються всі додаткові елементи, служить для встановлення підйомника на бетонну підлогу.



Гумові упори-виконані з гуми, мають гвинтові підхвати в даному підйомнику можуть змінювати плавно свою висоту обертанням, розташовуються на кінцях лап траверси, служать для упору в нижню частину автомобіля.

Пульт управління є металевий короб, в якому встановлена електронна плата і кнопки управління, призначений для управління підйомником, розташовується на стійці підйомника.



Рисунок 1.6 – Чотирьох стійковий підйомник Sivik STD-6635P

У конструкцію чотирьох стійкового підйомника Sivik STD-6635P входить: 4 колони, дві платформи, дві поперечні балки, висувні консолі, роз'єми для установки поворотних кіл, кнопка вгору, гідростанція, ємність для рідини, електромотор, масляний насос, гідравлічні шланги. , парашутний клапан, металеві троси, замок безпеки, 2-а трапа.

## 2. ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

### 2.1 Діагностична модель чотирьохстійкового підйомника

Об'єкт діагностування розглядається як перетворювач одних величин  $Y$ , які вводяться в об'єкт - в інші величини  $X$ , які є реакціями об'єкта. Таким чином, роботу об'єкта діагностування можна відобразити:

$$X = A \cdot Y \quad (2.1)$$

де  $X, Y$  - вектори відповідно вихідних та вхідних величин;

$A$  – оператор об'єкта.

Якщо об'єкт має кінцеву кількість станів  $A^{(i)}$ , то модель повинна вказувати зміну вихідного сигналу при незмінному вхідному:

$$X^{(i)} = A^{(i)} \cdot Y \quad (2.2)$$

де  $A^{(i)}$  – оператор об'єкта діагностування у разі  $i$ -ї відмови. Об'єкт діагностування має точки контролю, якщо при одиничному тестовому впливі  $y_j$ , що називається елементарною перевіркою  $P_j$ , на виході у об'єкта діагностування є реакція:

$$R^{(i)}_j = A^{(i)}_j \cdot y_j, \quad (2.3)$$

де  $A^{(i)}_j$  – оператор об'єкта діагностування або його елемента при проведенні  $y_j$ -ої перевірки та  $i$ -му відмові.

Якщо таке рівняння буде задано для всієї сукупності перевірок та відмов, це буде явна діагностична модель об'єкта.

Найпростішою формою представлення моделі є таблиця станів. Вона будується в такий спосіб. Кожній відмові відповідає стан. Тому стовпці відповідають станам, а рядки –  $y_j$  елементарним перевіркам. У клітини таблиці  $(i,j)$  заноситься результат  $R(i)_j$ . У першому стовпці  $S_0$  записуються реакції об'єкта контролю на перевірки при справному стані.

Якщо значення входу і виходу позначити подвійними логічними змінними, вони прийматимуть значення «1», коли вони допустимі, і «0» - коли допустимі. Значення  $R^{(i)}_j$  у таблиці станів прийматимуть значення «0» або «1» залежно від стану об'єкта.

## 2.2 Функціонально-логічні моделі технічних систем

Побудова таблиці відбувається у кілька етапів. Спочатку розглядаємо та аналізуємо функціональну схему об'єкта діагностування. Тут необхідно прийняти рішення про необхідність включення в формульовану логічну модель кожного з елементів функціональної схеми. Якщо елемент впливає працювати схеми, його можна виключити з подальшого розгляду.

Будуємо структурну схему за такими формальними правилами:

- а) якщо якийсь вхідний (вихідний) сигнал блоку характеризується декількома параметрами, то кожен з цих параметрів позначається окремим входом (виходом);
- б) усі блоки позначаються  $P_i$ , входи  $Z_i$ , виходи  $X_i$ ;
- в) якщо вихід будь-якого блоку, що є входом в інший блок, розщеплюється на кілька виходів, то вхід також розщеплюється на таку кількість входів.

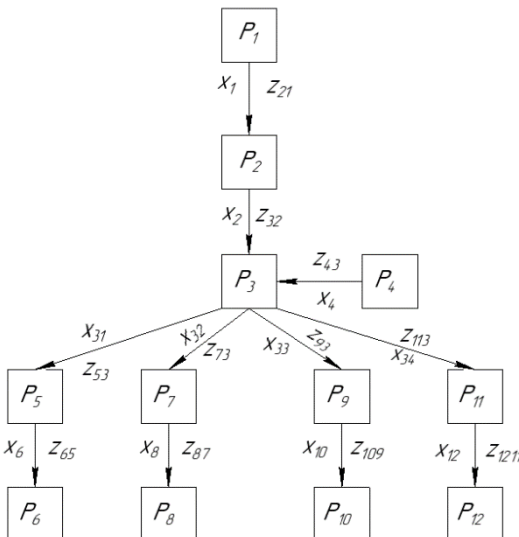


Рисунок 2.1 – Структурна схема діагностованої системи

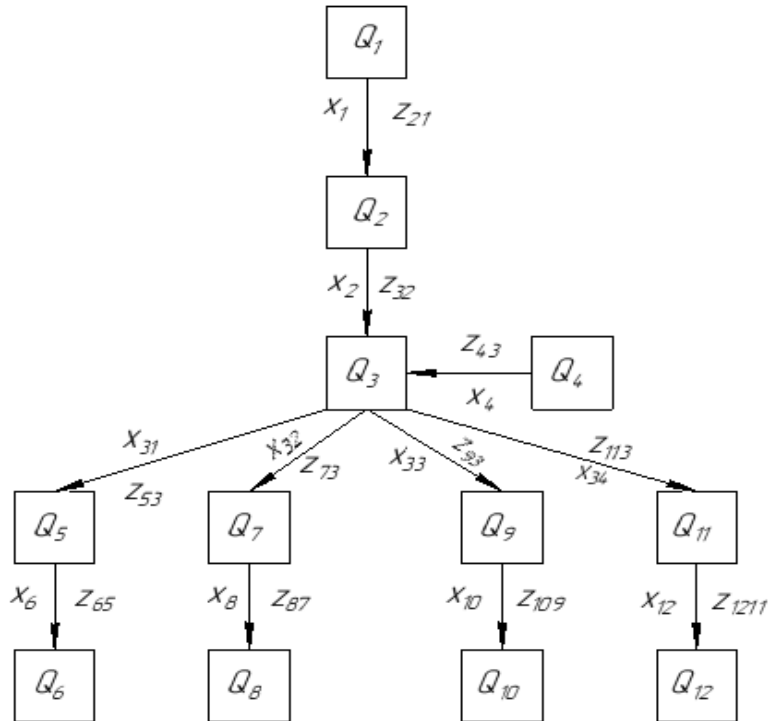


Рисунок 2.2 – Логічна схема діагностованої системи

Після побудови логічної моделі об'єкта контролю необхідно для кожного її блоку записати рівняння типу (2.4), але так як вони записуються для логічної (а не для функціональної) схеми, то їх записують у трохи різному вигляді:

$$z_i = Q_i \cdot F_i \quad (2.4)$$

де  $Q_i$  - оператор  $i$ -го логічного об'єкта (приймаємо значення «0», якщо блок непрацездатний і «1», якщо блок працездатний);  $F_i$  - функція умов роботи  $i$ -го блоку (теж приймаємо значення «0» або «1»).

Функція умов роботи  $F_i$  за своєю суттю є добутком значень входів у  $Q_i$  блок.

Для гальмівної системи рівняння (2.5) запишеться:

$$\left. \begin{array}{lll} z_1 = Q_1 \cdot x_1; & z_2 = Q_2 \cdot z_1; & z_3 = Q_3 \cdot z_2; \\ z_4 = Q_4 \cdot z_3; & z_5 = Q_5 \cdot z_4; & z_6 = Q_6 \cdot z_5; \\ z_7 = Q_7 \cdot z_6; & z_8 = Q_8 \cdot z_7; & z_9 = Q_9 \cdot z_8; \\ z_{10} = Q_{10} \cdot z_{10}; & z_{11} = Q_{11} \cdot z_{10}; & z_{12} = Q_{12} \cdot z_{11}; \end{array} \right\} \quad (2.5)$$

Таблицю станів заповнюємо на основі рівняння (2.5) (число їх має дорівнювати кількості блоків логічної моделі). Число рядків приймаємо рівним числу виходів

блоків моделі. Число стовпців приймаємо рівним числу блоків логічної моделі плюс один, що враховує справний стан. Заповнення таблиці здійснюємо по шпальтах.

Перший стовпець «е», що відповідає справному стану, заповнюється за рівнянням (2.4) з умови, що всі справні блоки ( $Q_i=1$ ) і всі входи допустимі  $z_i=1$  (для  $i=1,n$ ). Другий стовпець ( $Q_1$ ) заповнюється рівнянням (2.5) за умови, що блок  $Q_1$  несправний, тобто.  $Q_1=0$ , проте інші – справні (тобто.  $Q_i=1$  всім  $i=2,n$ ). Аналогічно заповнюються 3-й та наступні стовпці (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Таблиця станів системи

	е	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$Q_4$	$Q_5$	$Q_6$	$Q_7$	$Q_8$	$Q_9$	$Q_{10}$	$Q_{11}$	$Q_{12}$
$z_1$	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$z_2$	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$z_3$	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$z_4$	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$z_5$	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
$z_6$	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1
$z_7$	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
$z_8$	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
$z_9$	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
$z_{10}$	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1
$z_{11}$	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
$z_{12}$	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0

### 2.3 Синтез алгоритму діагностування

Для розробки алгоритму оцінки виду технічного стану об'єкта контролю (працездатний або непрацездатний) необхідно визначити мінімальну перевіряючу сукупність точок контролю. Вона дорівнює найменшому чисельності рядків таблиці станів, що містять нульові значення виходів для всіх можливих станів  $S_1, S_2, \dots, S_n$ . І тоді, після проведення цих перевірок, якщо хоча б одна з них дасть значення «0» (діагностичний параметр матиме значення, що перевищує допустиме), система має несправність. Якщо всі перевірки дадуть значення «1», це може бути лише разі  $S_0$ , коли система працездатна.

Для складання алгоритму пошуку відмови, близького до оптимального, необхідно використовувати методи теорії інформації, де як провідну функцію використовується кількість інформації, що міститься у перевірці.

Кожна перевірка містить певну кількість інформації про стан системи:

$$I_{\Pi_j} = H(S) - H(S/\Pi_j), \quad (2.6)$$

де  $H(S)$  - повна невизначеність техстану системи;

$H(S/\Pi_j)$  – невизначеність стану системи, що залишилася, після виконання елементарної перевірки.

На практиці для розрахунку використовуємо формулу:

$$I_i = 1 - |q \cdot \log_2 q - (1 - q) \cdot \log_2(1 - q)| \quad (2.7)$$

де визначається на основі статистичних даних про надійність елементів системи.

Імовірності станів  $S_1, S_2, \dots, S_n$  вибираються з наступних умов: найбільш відповідальні елементи, такі як гальмівний кран, компресор, регулятор тиску, гальмівні камери, головний і робочі гальмівні циліндри (для гальмівних систем) мають значну ймовірність - 0,1 ...0,25. Імовірності інших станів приймаються однаковими за виразом:

$$P_i = \frac{1 - \sum P_{\text{отв}}}{m}, \quad (2.8)$$

де  $\sum P_{\text{отв}}$  - сума ймовірностей відмов основних елементів;  $m$  – кількість станів (відмов), що залишилися.

Можливість безвідмовної роботи:

$$q = \sum(Q_i \times P_i). \quad (2.9)$$

Отже маємо:  $P_1, P_2=0,08; P_3=0,15; P_4=0,05; P_5, P_7, P_9, P_{11}=0,1; P_6, P_8, P_{10}, P_{12}=0,06$ .

Таблиця 2.2 - Таблиця станів та відомою інформативністю

	e	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$Q_4$	$Q_5$	$Q_6$	$Q_7$	$Q_8$	$Q_9$	$Q_{10}$	$Q_{11}$	$Q_{12}$	$q$	$I$
$z_1$	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,92	0,819
$z_2$	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,84	0,788
$z_3$	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,69	0,846
$z_4$	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0,64	0,881
$z_5$	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0,59	0,922
<b><math>z_6</math></b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0,53</b>	<b>0,973</b>
$z_7$	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,59	0,922
$z_8$	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0,53	0,973
$z_9$	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0,59	0,922
$z_{10}$	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0,53	0,973
$z_{11}$	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,59	0,922
$z_{12}$	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0,53	0,973

Пошук відмови починається з перевірки, яка несе найбільшу кількість інформації. Найбільшу інформацію має перевірка, що перевіряє  $m$  елементів з сумарною ймовірністю відмов, що розрізняються, що дорівнює 0,5. У разі це рядок  $z_3$ .

Після проведення перевірки, при якій контролюється  $n$  блоків системи, можуть бути два випадки:

- відмова фіксується. Тоді він міститься в якомусь із елементів  $i=1\dots m$ ;
- відмова не фіксується.

Далі розглядаються дві таблиці: перша включає у собі стовпці, у яких були нулі під час проведення першої перевірки і всі перевірки (рядки), друга включає стовпці, у яких були одиниці і всі рядки (перевірки).

За кожною з таблиць вибирається перевірка за тими самими правилами. Сумарна ймовірність відмов, що виявляються, повинна бути найбільш близька до 0,5. Вони, у свою чергу, теж будуть розбивати вже ці стовпці на дві підмножини (де в рядках нулі та де одиниці) тощо.

Процедура повторюється до пошуку відмов всіх елементів.

Запишемо гілку дерева відмов при  $z_6$  ( $R=0$ ).

Таблиця 2.3 – Таблиця, куди входять значення «1».

	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	q	I
Z <sub>1</sub>	0	1	1	1	1	0,39	0,905
Z <sub>2</sub>	0	0	1	1	1	0,31	0,846
Z <sub>3</sub>	0	0	0	1	1	0,21	0,796
Z <sub>4</sub>	0	0	0	1	1	0,21	0,796
Z <sub>5</sub>	0	0	0	0	1	0,06	0,84
Z <sub>7</sub>	0	0	0	1	1	0,21	0,796
Z <sub>8</sub>	0	0	0	1	1	0,21	0,796
Z <sub>9</sub>	0	0	0	1	1	0,21	0,796
Z <sub>10</sub>	0	0	0	1	1	0,21	0,796
Z <sub>11</sub>	0	0	0	1	1	0,21	0,796
Z <sub>12</sub>	0	0	0	1	1	0,21	0,796

при z<sub>1</sub> (R=0) Q<sub>1</sub>.

Таблиця 2.4 - Таблиця, куди входять значення «1».

	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	q	I
Z <sub>2</sub>	0	1	1	1	0,31	0,846
Z <sub>3</sub>	0	0	1	1	0,16	0,788
Z <sub>4</sub>	0	0	1	1	0,16	0,788
Z <sub>5</sub>	0	0	0	1	0,06	0,84
Z <sub>7</sub>	0	0	1	1	0,16	0,788
Z <sub>8</sub>	0	0	1	1	0,16	0,788
Z <sub>9</sub>	0	0	1	1	0,16	0,788
Z <sub>10</sub>	0	0	1	1	0,16	0,788
Z <sub>11</sub>	0	0	1	1	0,16	0,788
Z <sub>12</sub>	0	0	1	1	0,16	0,788

при z<sub>2</sub> (R=0) Q<sub>2</sub>.

Таблиця 2.5 - Таблиця, що включає значення «1».

	Q <sub>3</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	q	I
Z <sub>3</sub>	0	1	1	0,16	0,788
Z <sub>4</sub>	0	1	1	0,16	0,788
Z <sub>5</sub>	0	0	1	0,06	0,84
Z <sub>7</sub>	0	1	1	0,16	0,788
Z <sub>8</sub>	0	1	1	0,16	0,788
Z <sub>9</sub>	0	1	1	0,16	0,788
Z <sub>10</sub>	0	1	1	0,16	0,788
Z <sub>11</sub>	0	1	1	0,16	0,788
Z <sub>12</sub>	0	1	1	0,16	0,788

При z<sub>5</sub> (R=1) Q<sub>6</sub>



Таблиця 2.6 - Таблиця, що включає значення «0»

	Q <sub>3</sub>	Q <sub>5</sub>	q	I
Z <sub>3</sub>	0	1	0,1	0,805
Z <sub>4</sub>	0	1	0,1	0,805
Z <sub>7</sub>	0	1	0,1	0,805
Z <sub>8</sub>	0	1	0,1	0,805
Z <sub>9</sub>	0	1	0,1	0,805
Z <sub>10</sub>	0	1	0,1	0,805
Z <sub>11</sub>	0	1	0,1	0,805
Z <sub>12</sub>	0	1	0,1	0,805

При  $z_3 (R=0)$   $Q_3$ ,  $z_3 (R=1)$   $Q_5$ ,

Запишемо гілку дерева відмов при  $z_6 (R=1)$ .

Таблиця 2.7 – Таблиця, що включає значення «1»

	Q <sub>4</sub>	Q <sub>7</sub>	Q <sub>8</sub>	Q <sub>9</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>11</sub>	Q <sub>12</sub>	q	I
Z <sub>1</sub>	1	1	1	1	1	1	1	0,53	0,973
Z <sub>2</sub>	1	1	1	1	1	1	1	0,53	0,973
Z <sub>3</sub>	1	1	1	1	1	1	1	0,53	0,973
Z <sub>4</sub>	0	1	1	1	1	1	1	0,48	0,982
Z <sub>5</sub>	1	1	1	1	1	1	1	0,53	0,973
Z <sub>7</sub>	1	0	1	1	1	1	1	0,43	0,939
Z <sub>8</sub>	1	0	0	1	1	1	1	0,37	0,889
Z <sub>9</sub>	1	1	1	0	1	1	1	0,43	0,939
Z <sub>10</sub>	1	1	1	0	0	1	1	0,37	0,889
Z <sub>11</sub>	1	1	1	1	1	0	1	0,43	0,939
Z <sub>12</sub>	1	1	1	1	1	0	0	0,37	0,889

При  $z_4 (R=0)$   $Q_4$

Таблиця 2.8 – Таблиця, що включає значення «1»

	Q <sub>7</sub>	Q <sub>8</sub>	Q <sub>9</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>11</sub>	Q <sub>12</sub>	q	I
Z <sub>7</sub>	0	1	1	1	1	1	0,38	0,897
Z <sub>8</sub>	0	0	1	1	1	1	0,32	0,852
Z <sub>9</sub>	1	1	0	1	1	1	0,38	0,897
Z <sub>10</sub>	1	1	0	0	1	1	0,32	0,852
Z <sub>11</sub>	1	1	1	1	0	1	0,38	0,897
Z <sub>12</sub>	1	1	1	1	0	0	0,32	0,852

При  $z_7 (R=0)$   $Q_7$ ,

Таблиця 2.9 - Таблиця, що включає значення «1»

	Q <sub>8</sub>	Q <sub>9</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>11</sub>	Q <sub>12</sub>	q	I
Z <sub>8</sub>	0	1	1	1	1	0,32	0,852
Z <sub>9</sub>	1	0	1	1	1	0,38	0,897
Z <sub>10</sub>	1	0	0	1	1	0,32	0,852
Z <sub>11</sub>	1	1	1	0	1	0,38	0,897
Z <sub>12</sub>	1	1	1	0	0	0,32	0,852

При z<sub>8</sub> (R=0) Q<sub>8</sub>,

Таблиця 2.10 - Таблиця, що включає значення «1»

	Q <sub>9</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>11</sub>	Q <sub>12</sub>	q	I
Z <sub>9</sub>	0	1	1	1	0,22	0,799
Z <sub>10</sub>	0	0	1	1	0,16	0,788
Z <sub>11</sub>	1	1	0	1	0,22	0,799
Z <sub>12</sub>	1	1	0	0	0,16	0,788

При z<sub>9</sub> (R=0) Q<sub>9</sub>,

Таблиця 2.11 - Таблиця, що включає значення «1»

	Q <sub>10</sub>	Q <sub>11</sub>	Q <sub>12</sub>	q	I
Z <sub>10</sub>	0	1	1	0,16	0,788
Z <sub>11</sub>	1	0	1	0,12	0,795
Z <sub>12</sub>	1	0	0	0,06	0,84

При z<sub>12</sub> (R=1) Q<sub>10</sub>.

Таблиця 2.12 - Таблиця, що включає значення «0»

	Q <sub>11</sub>	Q <sub>12</sub>	q	I
Z <sub>10</sub>	1	1	0,16	0,788
Z <sub>11</sub>	0	1	0,06	0,84

При z<sub>11</sub> (R=0) Q<sub>11</sub>, при z<sub>11</sub> (R=1) Q<sub>12</sub>

У результаті, виконавши всі перевірки, виконуємо побудову дерева відмов.

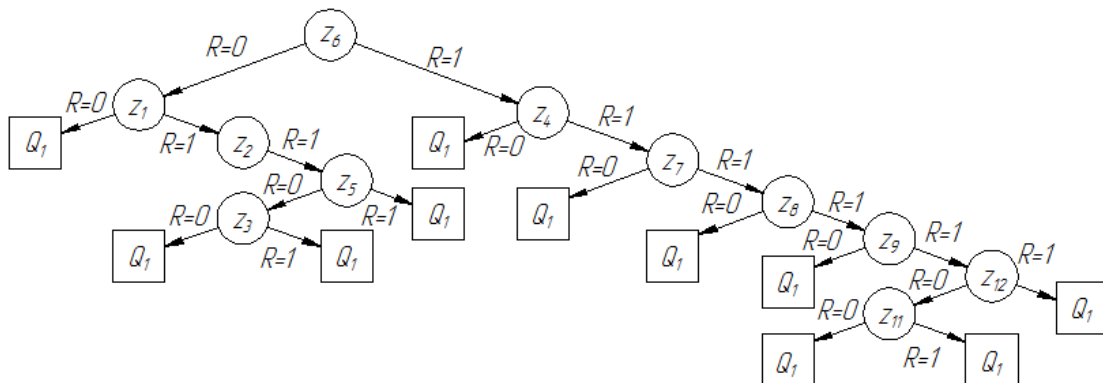


Рисунок 2.3 – Дерево відмов.

### 3. РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ

#### 3.1 Система показників надійності

Для будь-якого випадково вибраного виробу неможливо заздалегідь визначити, чи буде він надійним. З двох систем однієї моделі в одній можуть незабаром виникнути відмови, а друга буде справна ще тривалий час.

Відмова – подія випадкова. Тож розрахунку показників надійності використовують методи теорії ймовірностей і математичної статистики. Одним із умовних понять, що використовуються при розрахунках показників надійності є «напрацювання».

Напрацюванням називається тривалість або обсяг роботи виробу. Для гальмівних систем напрацювання зазвичай вимірюють в кілометрах пробігу. У технічній та навчальній літературі можна зустріти такі висловлювання: добове напрацювання, напрацювання до першої відмови, напрацювання між відмовами і т.д. Зазвичай застосовується наступна буквена індексація подій і понять, що розглядаються далі в нашій роботі:

- «*F*» (*failure*) - відмова, аварія, пошкодження, ймовірність цих подій;
- «*R*» (*reliability*) - безвідмовність, надійність, міцність, ймовірність цих подій;
- «*P*» (*probability*) - ймовірність.

Розглянемо найпростіші методи оцінки випадкових величин. Вихідні дані-результати спостережень за виробами або звітні дані, які виявили індивідуальні реалізації випадкових величин (напрацювання на відмову). Для розрахунку ймовірності відмови та безвідмовної роботи гальмівної системи автомобіля, а також для визначення густини ймовірності відмови (закон розподілу випадкової величини) умовно приймаємо вироби як невідновлювані, тобто досліджуємо напрацювання виробу до першої «умовно єдиної» відмови.

Вихідними даними розрахунку основної частини кваліфікаційної роботи є:

Напрацювання до першої відмови (таблиця 3.1):

Таблиця 3.1 - Напрацювання до першої відмови, тис. км

31,8	31,4	2,6	3,2	30,7	16,5	3,2	32,8	10,2	25,2
32,8	25,9	15,6	12,7	12,7	34,1	14,2	24,5	33,7	38,5
33,0	13,7	29,9	30,6	30,6	34,3	42,2	45,5	38,1	43,6
33,7	48,7	49,5	27,8	27,8	21,8	43,0	39,0	10,8	33,1
5,2	17,2	23,4	18,2	18,2	26,0	24,4	36,9	32,9	44,8
40,6	4,4	35,4	25,8	25,8	21,6	20,7	14,9	45,8	44,3
26,5	47,3	31,1	23,5	23,5	47,5	9,5	32,2	29,7	3,2
26,9	13,1	23,0	38,2	38,2	32,8	49,9	5,5	49,6	36,5
9,0	10,4	14,2	31,9	31,9	48,9	48,8	33,6	30,7	2,4
12,9	31,9	9,4	30,7	30,7	20,0	14,4	10,9	27,1	33,4

Напрацювання до другої відмови (таблиця 3.2):

Таблиця 3.2 - Напрацювання до другої відмови, тис. км

70,8	91,4	99,5	101,7	86,8	72,8	70,5	110,1	51,7	118,6
58,4	72,6	93,8	48,6	50,4	101	83,9	79,8	96,6	76,4
116,6	99,8	83	65,9	54,9	69,2	118,6	88	57,5	106,9
62	61,3	53,2	96,1	109,9	87,5	75	63,8	102,6	55,2
52,8	93,6	48,4	101,4	114,7	80,6	107,4	115,5	89,1	108,9
65,2	101,2	63,8	52,6	70,3	105,5	105,5	48,3	72,	113,2
54,5	99,4	79	51,2	97,8	64,7	108,2	116,9	112,6	55,4
111,2	108	99,7	101	106,9	80	74,9	81,3	50,9	67,6
104,3	85,5	101,3	97,5	103,8	80,3	89,7	98,2	64,4	86,7
113,7	86,7	60,7	104,7	57,8	74,9	102,1	83,6	51,8	91,6

### 3.2 Розрахунок показників надійності до настання першої відмови

Спочатку проводимо розрахунки напрацювань до першої відмови. Далі необхідно зробити точкові оцінки випадкових величин.

Середнє значення випадкових величин визначаємо за формулою (3.1):

$$\bar{L} = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i. \quad (3.1)$$

$$\bar{L} = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{100} L_i = 26,94 \text{ тис. км.}$$

Із зафіксованих напрацювань знайдемо мінімальну  $L_{min}$  та максимальну  $L_{max}$ :

$$L_{min} = 2,4 \text{ тис. км.}$$

$$L_{max} = 49,9 \text{ тис. км.}$$

Визначаємо різницю випадкових величин:

$$z = L_{max} - L_{min} \quad (3.2)$$

$$z = 49,9 - 2,4 = 47,5 \text{ тис. км}$$

Дисперсію розрахуємо за формулою (3.4)

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2, \quad (3.3)$$

$$D = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{100} (L_i - 47,5)^2 = 312,85.$$

Середньоквадратичне відхилення знайдемо як квадратний корінь значення дисперсії за формулою (3.5):

$$\sigma = \sqrt{D}; \quad (3.5)$$

$$\sigma = \sqrt{312,85} = 17,94$$

Коефіцієнт варіації  $v$  рахуємо за формулою (3.6)

$$v = \frac{\sigma}{\bar{L}}, \quad (3.6)$$

$$v = \frac{17,94}{47,5} = 0,666$$

Розділимо діапазон на інтервали. Для цього поставимо лівий  $L_{лів}$  і правий  $L_{прав}$  межами інтервалів групування.  $L_{лів}$  має бути менше  $L_{min}$ , а  $L_{прав}$  більше  $L_{max}$ . Прийmemo  $L_{лів}=0$  тис. км., а  $L_{прав}=63$  тис. км. тоді число інтервалів до:

Крок інтервалу приймаємо рівним:

$$S = \frac{63-0}{6,3} = 10 \text{ (тис. км).}$$

Точкові оцінки дозволяють попередньо судити про якість виробів та технологічних процесів. Чим нижчий середній ресурс і вища варіація ( $s$ ,  $v$ ,  $z$ ), тим нижча якість конструкції та виготовлення (або ремонту) виробу. Чим вище коефіцієнт варіації показників технологічних процесів ТП (трудомісткість, простой

в ТО чи ремонті, завантаження постів та виконавців та ін.), тим менш досконалі застосовувані організація та технологія ТО та ремонту.

Далі розраховуємо імовірнісні оцінки випадкових величин. За виконання розрахунків для складання зведеної таблиці необхідно розбити розмах випадкових величин на 5 рівних за довжиною інтервалів (табл. 3.1). Проведемо групування, тобто визначаємо число випадкових величин, що увійшли в перший ( $n_1$ ), другий ( $n_2$ ) та інші інтервали. Це число називається частотою. Розділивши кожен частоту на загальну кількість випадкових величин ( $n_1+n_2+\dots+n_n=n$ ), визначимо частоту, яка розраховується за формулою (3.7):

$$w_i = \frac{n_i}{n}, \quad (3.7)$$

Частотність є емпіричною оцінкою ймовірності  $P$ , тобто. зі збільшенням числа спостережень частотність наближається до ймовірності:  $w_i \rightarrow p_i$ .

Отримані при групуванні випадкових величин результати зводяться до таблиці 3.2, дані якої мають як теоретичне, а й практичне значення, тобто. маючи систематизовані дані щодо відмов, можна прогнозувати та планувати кількість впливів (програму робіт), потреби в робочій силі, площах, матеріалах та запасних частинах.

$F(L)$  називають інтегральною функцією розподілу,  $f(L)$  – диференціальною функцією розподілу.

Маючи значення  $F(x)$  або  $f(x)$ , можна провести оцінку надійності і визначити середнє напрацювання до відмови:

$$\bar{L} = \int_{-\infty}^{\infty} Lf(L)dL \quad (3.8)$$

Оцінюючи якості виробів, нормуванні ресурсів, у системі гарантійного обслуговування застосовують гамма–процентний ресурс  $x_\gamma$ . Це інтегральне значення ресурсу  $x_\gamma$ , яке виробляє без відмови щонайменше  $P$  відсотків всіх виробів, що оцінюються, тобто:

$$R = P\{L_i > L_\gamma\} \geq \gamma. \quad (3.9)$$

У ТП зазвичай приймаються  $\gamma=80, 85, 90$  та  $95\%$ . Прийmemo  $\gamma=80\%$ . Гама – відсотковий ресурс використовується щодо періодичності ТО за заданим рівнем безвідмовності. Вираз  $L_{TO} = L_\gamma$  означає, що обслуговування з періодичністю  $L_{TO}$  гарантує ймовірність безвідмовної роботи  $R \geq \gamma$  та відмови  $F \leq (1-\gamma)$ .

Для перших відмов виробів, що не відновлюються, і взаємно доповнюючих подій (відмова – працездатний стан) має місце умова  $F(L)+R(L)=1$ , тобто, знаючи ймовірність відмови, можна визначити ймовірність безвідмовної роботи і навпаки.

Важливим показником надійності є інтенсивність відмов  $\lambda(L)$  – умовна щільність ймовірності виникнення відмови виробу, що не відновлюється, що визначається для даного моменту часу за умови, що відмови до цього моменту не було. Аналітично для отримання  $\lambda(L)$  необхідно елементарну ймовірність  $dm/dL$  віднести до елементів, не відмовили до моменту  $L$ , тобто.

$$\lambda(L) = \frac{dm}{dL} : [n - m(L)]. \quad (3.10)$$

Оскільки можливість безвідмовної роботи  $R(L)=[n-m(L)]/n$ , то:

$$\lambda(L) = \left(\frac{dm}{dL}\right) \cdot \left(\frac{1}{nR(L)}\right) \quad (3.11)$$

Враховуючи, що  $f(L)=(1/n)(dm/dL)$ , отримуємо:

$$\lambda(L) = \frac{f(L)}{R(L)} \quad (3.12)$$

Далі робимо розрахунок ймовірності випадкової події. У загальному вигляді, ймовірність випадкової події - це відношення числа випадків, що сприяють даній події, до загального числа випадків.

Ймовірність відмови розглядається за певний напрацювання  $L$ :

$$F(L) = \frac{m(L)}{n}, \quad (3.13)$$

де  $m(L)$  -число відмов за  $L$ (тис. км);  $n$ -число спостережень (виробів).

Ймовірність відмови виробу при напрацюванні  $L$  дорівнює ймовірності подій, при яких напрацювання до відмови конкретних виробів  $L_i$  виявиться меншим за  $L$ .

Відмова та безвідмовність є протилежними подіями, тому:

$$R(L) = \frac{n-m(L)}{n} \quad (3.14)$$

де  $n-m(L)$  – кількість виробів, які відмовили за  $L$ .

Наступною характеристикою випадкової величини є густина ймовірності (наприклад, ймовірності відмови)  $f(L)$  - функція, що характеризує ймовірність відмови за малу одиницю часу при роботі вузла, агрегату, деталі без заміни. Якщо ймовірність відмови за напрацювання дорівнює  $F(L)=m(L)/n$ , то, диференціюючи її при  $n=const$ , отримаємо густину ймовірності відмови:

$$f(L) = \frac{1}{n} \frac{dm}{dL}, \quad (3.15)$$

де  $dm/dL$  – елементарна «швидкість», з якою будь-якої миті часу відбувається збільшення кількості відмов під час роботи деталі, агрегату без заміни.

$$\Delta L = \frac{R}{1+3,3 \lg N_0}, \quad (3.16)$$

де  $N_0$  - кількість виробів, що випробовуються;

Отримані результати занесемо до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Зведена таблиця показників випадкової величини

Визначається величина		Номер інтервалу відмови				
		1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7
Межі інтервалу напрацювання (перша відмова), тис. км.	$\Delta L$	0–10,00	10,00–20,00	20,00–30,00	30,00–40,00	40,00–50,00
Значення середини інтервалу, тис. км	$L_i$	5,00	15,00	25,00	35,00	45,00
Число відмов в інтервалі	$n_i$	13	20	18	31	18
Число відмов до моменту напрацювання $L_i$	$m(L)$	13	33	51	82	100
Число працездатних об'єктів до моменту напрацювання $x_i$	$n - m(L)$	87	67	49	18	0
Частина (ймовірність)	$w_i = n_i / n$	0,13	0,2	0,18	0,31	0,18



Продовження табл. 3.3

1	2	3	4	5	6	7
Оцінка накопичених ймовірностей відмови	$F_1(L)=m(L)/n$	0,13	0,33	0,51	0,82	1
Оцінка накопичених ймовірностей безвідмовності	$R_1(L)=n-m(L)/n$	0,87	0,67	0,49	0,18	0
Щільність ймовірності відмови	$f_1(L)=n_i / \Delta L / n$	0,013	0,02	0,018	0,031	0,018
Щільність ймовірності виникнення відмови	$\lambda(L)=f_1(L)/R_1(L)$	0,015	0,030	0,037	0,172	-

Полігон розподілу, побудований за даними таблиці 3.3, зображено на рисунку 3.1.

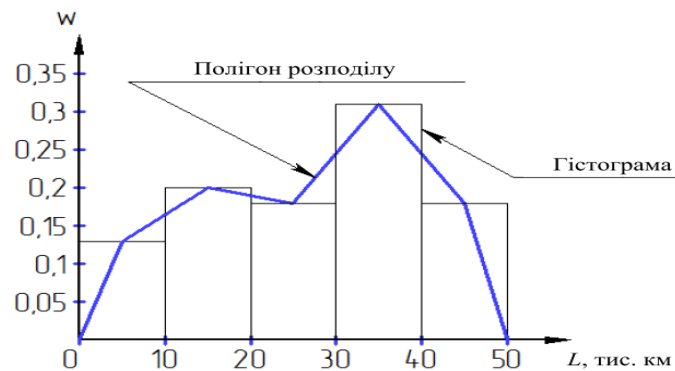


Рисунок 3.1 – Графічне зображення випадкової величини до першої відмови (гістограма та полігон розподілу).

Наочне уявлення про випадкові величини дає їхнє графічне зображення інтегральних функцій розподілу ймовірностей відмови та безвідмовної роботи (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Графічне зображення випадкової величини до першої відмови (інтегральна функція ймовірності відмови та безвідмовна робота)

Наочне уявлення про варіацію випадкової величини дає графічне зображення диференціальної функції чи закону розподілу випадкової величини (рис. 3.3).

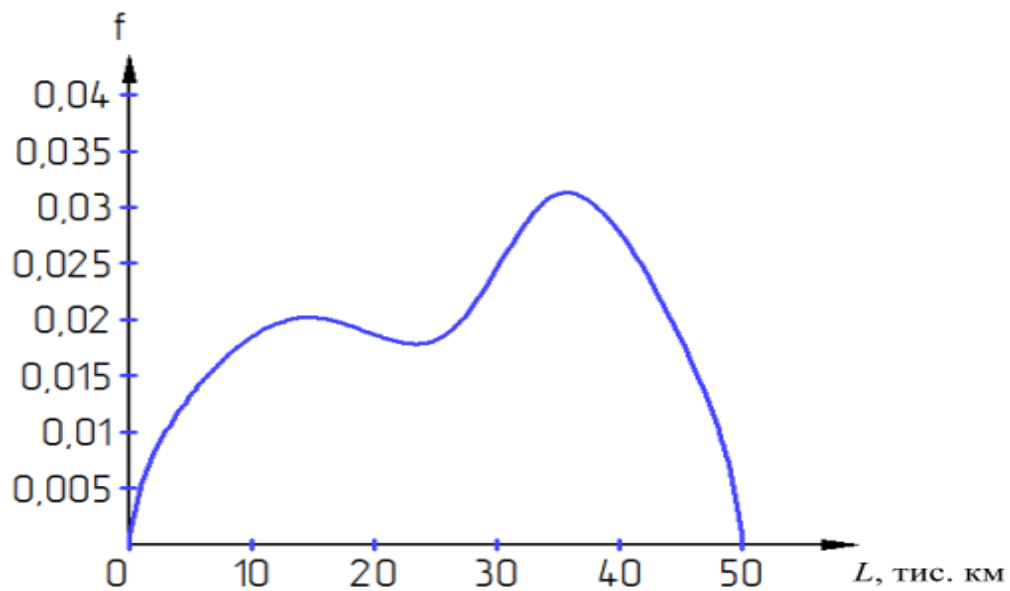


Рисунок 3.3 – Диференційна функція розподілу до першої відмови

Наочне уявлення про величину зміни інтенсивності відмов  $\lambda(L)$  реалізується як графік (рис. 3.4).

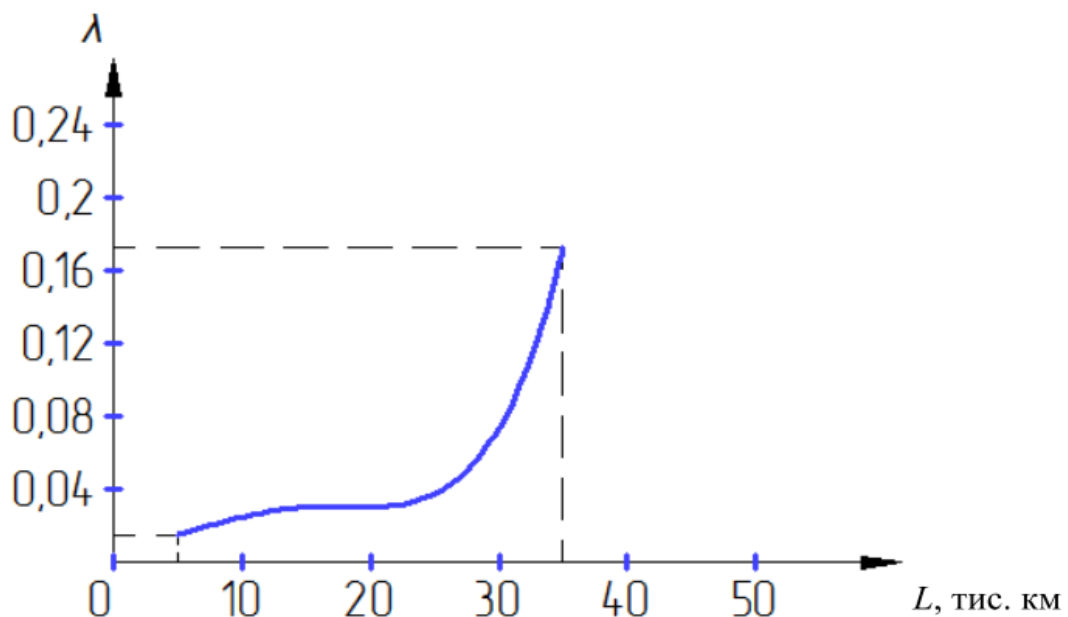


Рисунок 3.4 – Зміна інтенсивності до першої відмови

### 3.3 Розрахунок показників надійності до настання другої відмови

Із зафіксованих напрацювань знайдемо мінімальну  $L_{min}$  та максимальну  $L_{max}$ :

$$L_{min} = 48,3 \text{ тис. км}, L_{max} = 118,6 \text{ тис. км.}$$

Визначаємо діапазон напрацювань, усередині якого мали місце відмови:

$$R = L_{max} - L_{min}. \quad (3.17)$$

$$R = 118,6 - 48,3 = 70,3 \text{ тис.км.}$$

Підрахуємо довжину інтервалу:

$$\Delta L = \frac{R}{1 + 3,3 \lg N_0}. \quad (3.18)$$

де  $N_0$  - кількість виробів, що випробовуються;

$$\Delta L = \frac{70,3}{1 + 3,3 \lg 100} = 9,3 \text{ тис. км.}$$

Розділимо діапазон на інтервали. Для цього поставимо лівий  $L_{лів}$  і правий  $L_{прав}$  межами інтервалів групування.  $L_{лів}$  має бути менше  $L_{min}$ , а  $L_{прав}$  більше за  $L_{max}$  тоді число інтервалів до:

$$k = \frac{(L_{прав} - L_{лів})}{\Delta L} \quad (3.19)$$

$$k = \frac{205 - 30}{9,3} = 18,82.$$

Пронумеруємо інтервали від  $i=1$  до  $i=5$  і впишемо в таблицю 3.2. Знайдемо середини кожного інтервалу:  $L_i=39,41; 58,23; \dots; 114,69$  тис. км. Впишемо у відповідні графи кількість виробів  $n_i$ , що відмовили всередині кожного інтервалу. Це число називається вагою.

Підрахуємо оцінку щільності ймовірності настання відмови (оцінку щільності розподілу напрацювання до відмови)  $f(L_i)$  та впишемо результати до таблиці:

$$f(L_i) = \frac{n_i}{\Delta L \cdot N_0}. \quad (3.20)$$

Визначимо середнє напрацювання до другої відмови:

$$\bar{L}_2 = \sum_{i=1}^k \frac{L_i \cdot n_i}{N_0}. \quad (3.21)$$

де  $k$  - кількість інтервалів.

$$\bar{L} = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{100} L_i = 86.83 \text{ тыс. км}$$

Підрахуємо накопичене число відмов  $r(L_i)$  як суму відмов у інтервалах, тобто.

$$r = \sum_{i=1}^i n_i. \text{ Результати вносимо до таблиці 3.2.}$$

Усі результати подальших обчислень ми також впишемо до відповідних граф таблиці.

Визначимо кількість об'єктів, що залишилися працездатними до моменту  $t_i$  за формулою:

$$N(L_i) = N_0 - r(L_i) \quad (3.22)$$

Обчислимо частоту  $\omega_i$  - відносну частку відмов в інтервалі:

$$\omega_i = \frac{n_i}{N_0} \quad (3.23)$$

Знайдемо ймовірність настання відмови:

$$F(L_i) = \frac{r(L_i)}{N_0}. \quad (3.24)$$

Визначимо можливість безвідмовної роботи:

$$P(L_i) = \frac{N(L_i)}{N_0}. \quad (3.25)$$

Підрахуємо щільність ймовірності настання відмови:

$$f(L_i) = \frac{n_i}{N_0 \cdot \Delta L}. \quad (3.26)$$

Обчислимо інтенсивність відмов  $\lambda(L_i)$  як відношення числа об'єктів, що відмовили, в одиницю напрацювання до об'єктів, які безвідмовно працюють до даного моменту напрацювання:

$$\lambda(L_i) = \frac{f(L_i)}{P(L_i)}. \quad (3.27)$$

Таблиця 3.4 - Зведена таблиця показників випадкової величини

Визначається величина		Номер інтервалу відмови				
		1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7
Межі інтервалу напрацювання (перша відмова), тис. км.	$\Delta L$	30,00–48,82	48,82–67,64	67,64–86,46	86,46–105,28	105,28–124,10
Значення середини інтервалу, тис. км	$L_i$	39,02	57,06	75,1	93,14	111,18
Число відмов в інтервалі	$n_i$	3	25	21	31	20
1	2	3	4	5	6	7
Число відмов до моменту напрацювання $L_i$	$m(L)$	3	28	49	80	100
Число працездатних об'єктів до моменту напрацювання $x_i$	$n - m(L)$	97	72	51	20	0
Частина (імовірність)	$w_i = n_i/n$	0,03	0,25	0,21	0,31	0,2
Оцінка накопичених ймовірностей відмови	$F_1(L) = m(L)/n$	0,03	0,28	0,49	0,8	1
Оцінка накопичених ймовірностей безвідмовності	$R_1(L) = n - m(L)/n$	0,97	0,72	0,51	0,2	0
Щільність ймовірності відмови	$f_1(L) = n_i/\Delta L/n$	0,002	0,013	0,011	0,016	0,011
Щільність ймовірності виникнення відмови	$\lambda(L) = f_1(L)/R_1(L)$	0,002	0,018	0,022	0,082	-

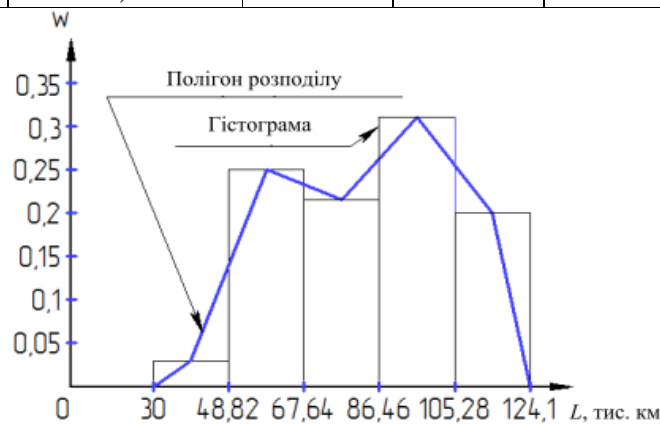


Рисунок 3.5 – Графічне зображення випадкової величини до другої відмови (полігон розподілу та гістограма).

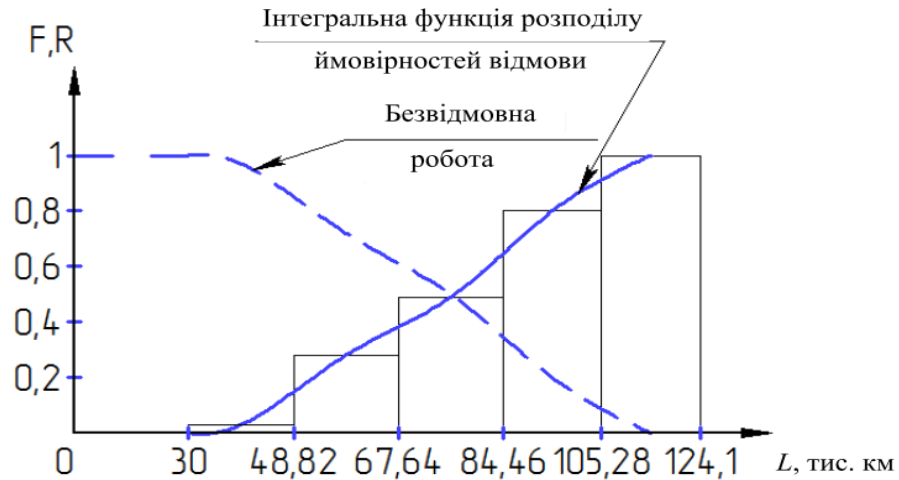


Рисунок 3.6 – Графічне зображення випадкової величини до другої відмови (інтегральна функція ймовірності відмов та безвідмовна робота)

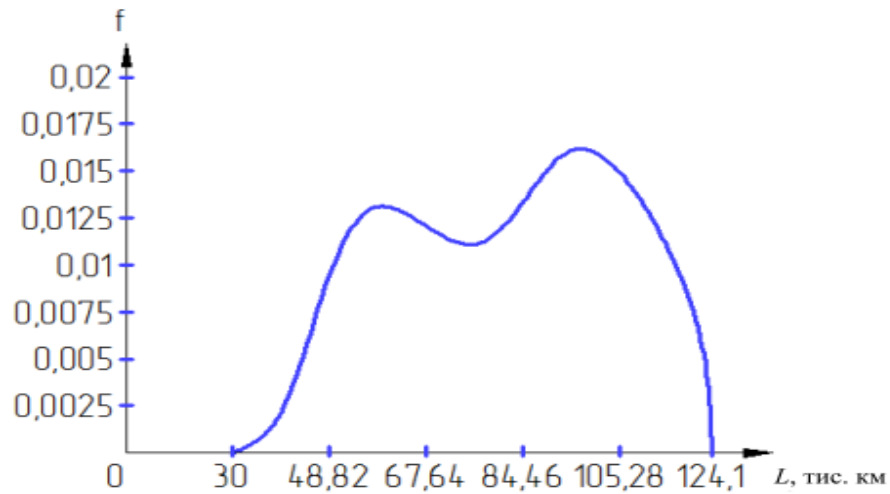


Рисунок 3.7 – Диференційна функція розподілу до другої відмови

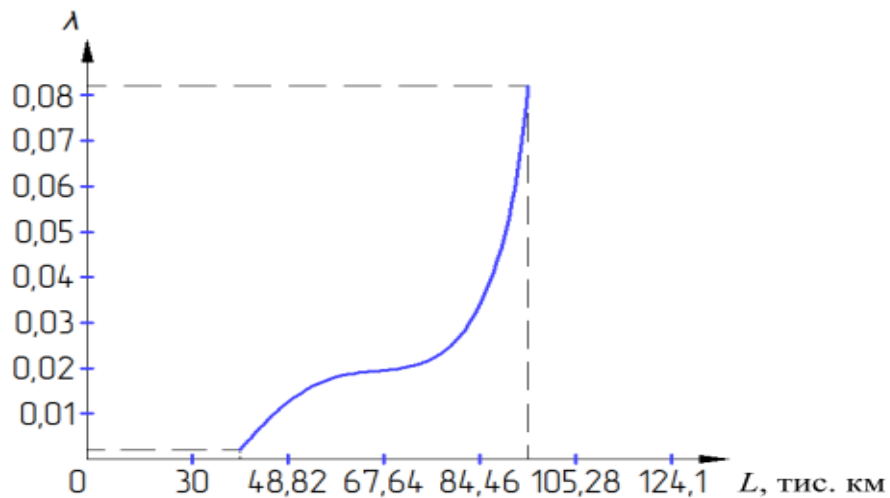


Рисунок 3.8 – Інтенсивність до другої відмови

### 3.4 Формування провідної функції потоку відмов

Далі розглянемо роботу виробу, що відновлюється. Для цього як вихідні дані використовуємо як напрацювання до першої, так і до другої відмови. За результатами розрахунків будемо схему формування процесу відновлення використовуючи дані  $f_1(L)$  (табл. 3.1) і  $f_2(L)$  (табл. 3.2).

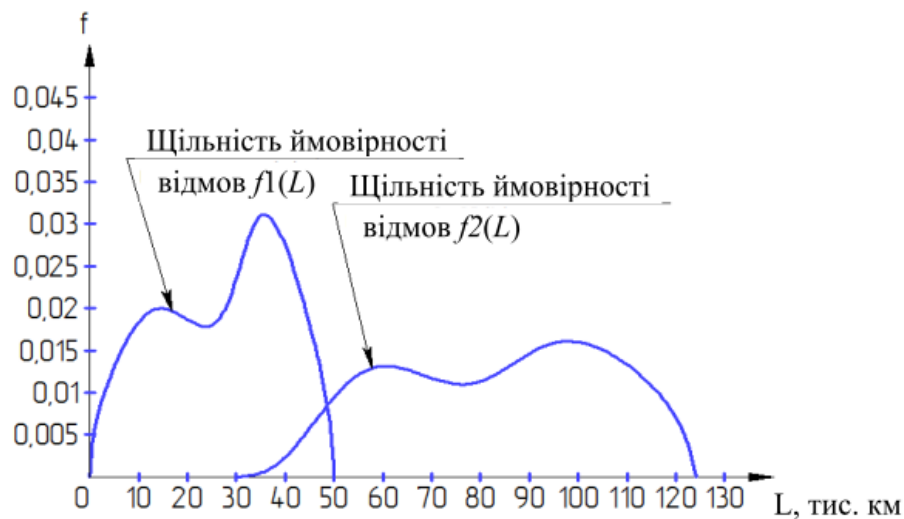


Рисунок 3.9 – Схема формування процесу відновлення

Закономірності зміни потоку відмов описують зміну напрацювання показників, що характеризують процес виникнення та усунення відмов автомобілів.

Очевидно, що напрацювання на відмови, по-перше, випадкові для кожного автомобіля і описуються відповідною функцією  $F(L)$ , по-друге, ці напрацювання незалежні для різних автомобілів, по-третє, при усуненні відмови в зоні ремонту байдуже, який автомобіль відмовив або яка відмова за рахунком.

До найважливіших характеристик цих закономірностей відносяться середнє напрацювання до  $k$ -го відмови  $L_k$ , середнє напрацювання між відмовами для  $n$  виробів  $L_{(k,k+1)}$  коефіцієнт повноти відновлення ресурсу  $\eta$ , провідна функція потоку відмов  $\Omega(L)$  та параметр потоку відмов  $\omega(L)$ .

Середнє напрацювання до  $k$ -го відмови:

$$\bar{L}_k = \bar{L}_1 + \bar{L}_{12} + \dots + \bar{L}_{k,k+1},$$

де  $L_1$  – середнє напрацювання до першої відмови;

$L_{12}$  – середнє напрацювання між першою та другою відмовою.

Середнє напрацювання між  $(k-1)$ -м і  $k$ -м відмовами для  $n$  автомобілів:

$$\bar{L}_{k,k+1} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_{k,k+1}. \quad (3.28)$$

Коефіцієнт повноти відновлення ресурсу характеризує можливість скорочення ресурсу після ремонту:

$$\eta = \frac{\bar{L}_{12}}{\bar{L}_1}; \quad (3.29)$$

Скорочення ресурсу після першого та наступного ремонтів, яке необхідно враховувати при плануванні та організації робіт із забезпечення працездатності пояснюється: частковою заміною деталей, що тільки відмовили, при значному скороченні надійності інших, особливо поєднаних; використанням у ряді випадків запасних частин та матеріалів гіршої якості, ніж при виготовленні автомобіля; низьким технологічним рівнем робіт.

Визначаємо середнє напрацювання до 2-ї відмови та коефіцієнт повноти відновлення ресурсу:

$$\begin{aligned} \bar{L}_{12} &= 57,4 \text{ тис. км.} \\ \bar{L}_2 &= 26,94 + 57,4 = 84,34 \text{ тис. км.} \\ \eta &= \frac{57,4}{26,94} = 2,13. \end{aligned}$$

Провідна функція потоку відмов (функція відновлення) визначає накопичене кількість перших і наступних відмов виробу до напрацювання  $L$ . Визначаємо цю функцію за трьома будь-якими напрацюваннями, що лежать в інтервалі від середнього напрацювання до першої відмови, та середнього напрацювання до другої відмови. Через варіації напрацювань на відмови немає зміщення відмов і функції ймовірностей 1-ї та 2-ї відмов  $F_1(L)$  і  $F_2(L)$  не накладаються одна на одну.



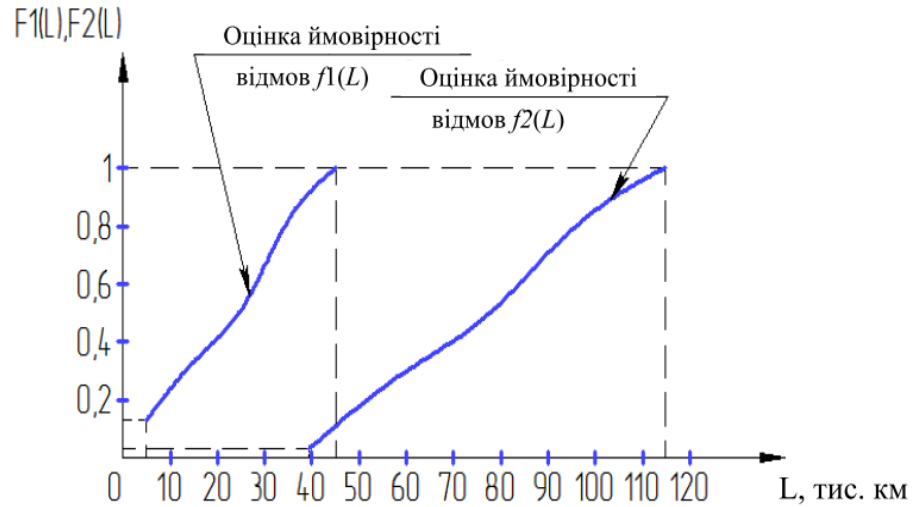


Рисунок 3.10 – Функція оцінки ймовірності відмов

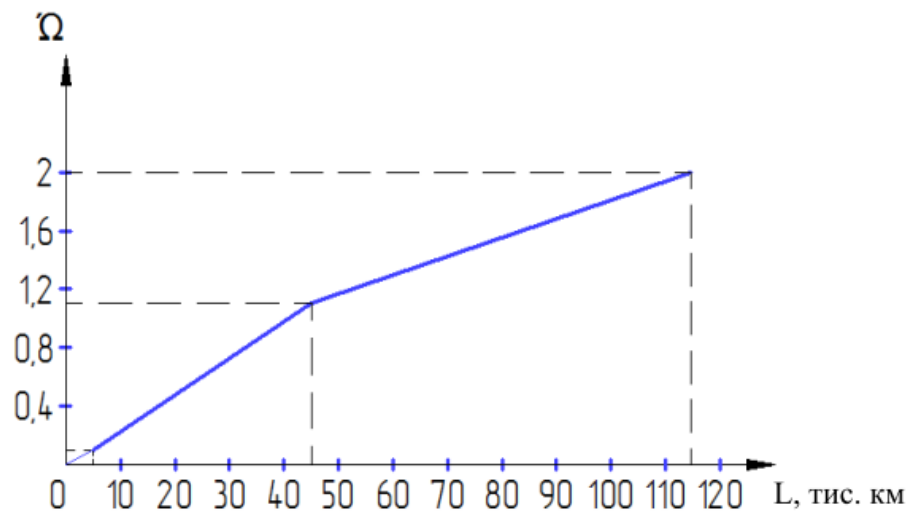


Рисунок 3.11 – Провідна функція потоку відмов.

У загальному вигляді провідна функція потоку відмов:

$$\Omega(L) = \sum_{i=1}^{\infty} F_k(L); \quad (3.30)$$

Для кожного окремого випадку:

$L_1: \Omega(L_1) = F_1(L_1)$  – відбулася перша відмова.

$L_2: \Omega(L_2) = F_1(L_1) + F_2(L_2)$  – відбулася 1-а або 2-а відмова.

Для практичного розрахунку  $\Omega(L)$  необхідно зібрати дані про ймовірність першого, другого тощо. відмов та підсумувати їх.

Параметр потоку відмов  $w(L)$  - це щільність ймовірності виникнення відмови відновлюваного виробу, що визначається для даного моменту часу або пробігу:

$$w(L) = \sum_{k=1}^{\infty} f_k(L); \quad (3.31)$$

Іншими словами  $w(L)$  - це відносна кількість відмов, що припадає на одиницю часу або пробігу одного виробу. Слід зазначити, що провідна функція та параметр потоку відмов визначається аналітично як функції параметрів цих законів лише деяких видів законів розподілу. Найчастіше зустрічаються нормальний, логарифмічно нормальний, Вейбула - Гніденка та експоненційний.

Наприклад, для експоненційного закону:

$$\Omega(L) = \frac{L}{\eta \bar{L}_1}; \quad (3.32)$$

Звідки випливає, що:

$$\omega = \frac{1}{\eta \bar{L}_1}; \quad (3.33)$$

Для нормального закону:

$$\Omega(L) = \sum_{k=1}^{\infty} F_k(L) = \sum_{k=1}^{\infty} \Phi\left(\frac{L - k\eta \bar{L}_1}{\sigma \sqrt{k}}\right), \quad (3.34)$$

де  $\Phi$  - нормована функція для  $z = \frac{L - k\eta \bar{L}_1}{\sigma \sqrt{k}}$ ;

$k$  - кількість відмов.

$$w(L) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi k}} e^{-\frac{L - k\eta \bar{L}_1}{2\sigma^2 k}}; \quad (3.35)$$

У цій роботі середній наробіток до першої заміни виробу дорівнює 26,94 тис. км, середнє квадратичне відхилення дорівнює 17,64 тис. км, а коефіцієнт повноти відновлення ресурсу становить 2,13. Необхідно визначити можливу кількість замін при довільно взятому пробігу в інтервалі між середніми напрацюваннями до першої та другої відмови автомобіля. Довільно виберемо пробіг 38 тис. км.

Для розрахунків використовуємо формулу (5.30) послідовно визначаючи  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  і т. д.

$$F_1(38) = \Phi\left(\frac{38 - 1 \cdot 26,94}{17,64}\right) = \Phi(0,63) = 0,726;$$

$$F_2(38) = \Phi\left(\frac{38 - 2 \cdot 2,2 \cdot 26,94}{17,64\sqrt{2}}\right) = \Phi(-3,2) = 0,0007;$$

Зважаючи на те, що  $F_2$  мало, наступні розрахунки для  $F_4$  та інших можна не проводити. Таким чином, до пробігу 38 тис. км можливе число замін цієї деталі складе:

$$\Omega(38) \approx \sum_{k=1}^2 \Phi(z) = 0,727.$$

Для практичного використання важливими є деякі наближені оцінки провідної функції параметра потоку відмов:

$$F(L) \leq \Omega(L) \leq \frac{F(L)}{1-F(L)}; \quad (3.36)$$

З цієї формули слід, що у початковій ділянці роботи, де переважають перші відмови, тобто.  $F(L) \leq 1, \Omega(L) \approx F(t)$ .

Провідна функція параметра потоку відмов старіючих елементів для будь-якого моменту часу задовольняє наступну нерівність:

$$\frac{L}{\eta \bar{L}_1} - 1 \leq \Omega(L) \leq \frac{L}{\eta \bar{L}_1}; \quad (3.37)$$

Для розглянутого вище прикладу, використовуючи формулу (5.33), отримаємо наступну оцінку провідної функції параметра потоку відмов при пробігу автомобіля  $L=38$  тис. км;  $0,3 \leq \Omega(L) \leq 1,29$ . Таким чином, до пробігу  $L$  у середньому (формула (5.32)) можливо від 0,2 до 1,19 відмов виробу, за точними розрахунками (формула (5.16)) ця величина становить 0,727 відмов.

## 4. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Обґрунтування вихідних даних для виконання модернізації технологічного обладнання

Вихідні дані для проектування представлені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Вихідні дані для проектування

Найменування параметру	Позначення	Значення
1	2	3
Характеристики, зазначені в завданні		
Вантажопідйомність, кг	T	9000
Тип	–	Стационарний
Потужність електродвигуна, кВт	N	3,0
Живлення мережі, В/Гц	–	360/50
Привід	–	Електрогідравлічний
Висота підйому, мм	H	2000
Характеристики прийняті		
Габаритна висота max, мм	–	2000
Маса у зборі, кг	–	1800
Ступінь рухливості	–	Стационарний
Привід робочого органу	–	Електрогідравлічний
Час підйому та опускання, сек	–	60
Довжина підйомної платформи, мм	–	4800
Відстань між колонами, мм	–	2740
Загальна ширина, мм	–	3080
Об'єм бака гідронасосу, л	–	14
Тиск у робочій порожнині, МПа	Pц	21
Дзвінність	–	3
Продуктивність насоса, л/хв	Qн	15
Перелік функцій		
Опускання автомобіля за відсутності напруги	–	+
Система замикання лап від повертання	–	+
Піднімання та опускання автомобіля з кнопки	–	+
Перелік операцій		
Проведення технічного обслуговування та технічного ремонту ходової частини	–	+
Проведення технічного обслуговування та технічного ремонту трансмісії	–	+
Проведення технічного обслуговування та технічного ремонту двигуна	–	-
Список інструментів		
Анкерні болти	–	+
Комплект опор для вивішування рамних автомобілів	–	+
Гумові накладки на стійки	–	+

У таблиці 4.1 були перераховані вихідні дані, деякі були змінені, такі як: маса в зборі (при модернізації додаються нові елементи), відстань між колонами (було розширено для зручної роботи та безпечного відкриття дверей автомобіля).

#### 4.2 Вибір та обґрунтування даних для виконання розрахунку по модернізації обладнання Sivik STD-6635P

Схема гідронасосу з електромотором представлені малюнку 4.1.

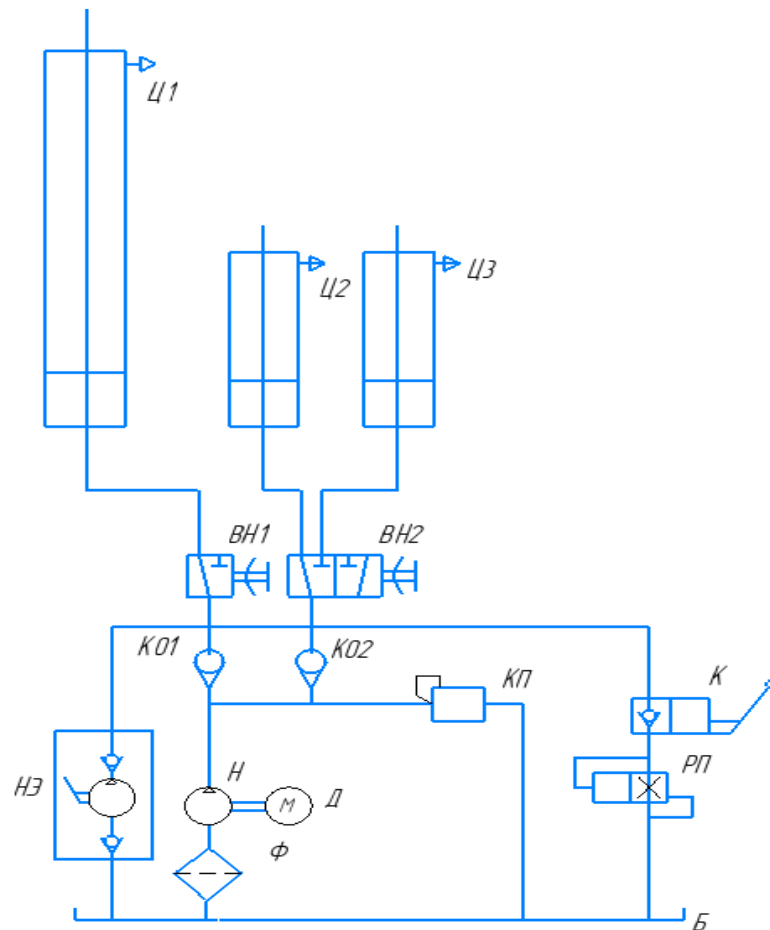


Рисунок 4.1- Гідронасос з електромотором чотирьох стійкового підйомника

Ц1 - Головний гідроциліндр, Ц2 ... Ц3 - Гідроциліндр траверси, ВН - вентиль, КО1 ... КО2 - зворотний клапан, КП - Запобіжний клапан, К - клапан опускання, РП - регулятор потоку, Д - двигун, Н - насос, Ф - масляний фільтр, НЗ – насос екстреного опускання

Розрахуємо гідроциліндр.

Зусилля на штоку для переміщення вантажу дорівнює:

$$F_{\Pi} = G \cdot g, \quad (4.1)$$

де  $G$  – вантажопідйомність, кг

$g$  - прискорення вільного падіння,  $g=9,81$ ;

$$F_{\Pi} = 9000 \cdot 9,81 = 88290 \text{ Н.}$$

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{8F_{\Pi}}{p\eta_{\text{мех}}\pi}}, \quad (4.3)$$

де  $p$  – номінальний робочий тиск гідроциліндра, МПа;

$\eta_{\text{мех}}$  – механічний ККД гідроциліндра:  $\eta_{\text{мех}} = 0,95$ .

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 88290}{25000000 \cdot 0,95 \cdot 3,14}} = 97,3 \text{ мм.}$$

Розрахункове значення  $D = 97,3$  мм округляємо до найближчого стандартного (ГОСТ 12447-80). Вибираємо тип, розмір та конструкцію гідроциліндра, вибираємо ЦГ-100.

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики вибраного циліндра

Найменування параметру	Значення
Номінальний тиск $P_{\text{ном}}$ , МПа	25
Діаметр циліндра $D$ , мм	100
Діаметр штока $D$ , мм	70

Виконаємо розрахунок витрати рідини приводу.

Витрата робочої рідини для поршневої порожнини

$$Q = \frac{\pi D^2}{4\eta_{\text{об}}} v, \quad (4.4)$$

де  $\eta_{\text{об}}$  - об'ємний ККД гідроциліндра:  $\eta_{\text{об}} = 0,98$ .

Швидкість штока під час підйому платформи

$$v = \frac{F}{t}, \quad (4.5)$$

де  $F$  – хід штока, мм;

$t$  – час підйому, с.

$$v = \frac{0,182}{45} = 0,045 \text{ м/с.}$$

$$Q_{\text{цБП}}^{\text{н}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v \quad (4.6)$$

$$Q_{\text{цБП}}^{\text{н}} = \frac{3,14 \cdot 0,100^2}{4} \cdot 0,045 = 3,5 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$Q_{\text{цБП}}^{\text{сл}} = \frac{\pi \cdot (D^2 - D_{\text{ш}}^2)}{4} \cdot v \quad (4.7)$$

$$Q_{\text{цБП}}^{\text{сл}} = \frac{3,14 \cdot (0,100^2 - 0,07^2)}{4} \cdot 0,045 = 1,8 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Подачу (продуктивність) насоса постійної продуктивності розраховують за рівнянням:

$$Q_{\text{н}} = Q_{\text{max}} + \sum_{i=1}^n Q_{\text{ГА}}^{\text{н}} + Q_{\text{кл}}, \quad (4.8)$$

де:  $Q_{\text{max}}$  - максимальна з розрахованих витрат;

$Q_{\text{га}}$  - сумарні об'ємні втрати в гідроапаратурі пропонованої схеми приводу;

$Q_{\text{кл}}$  - витрата масла через запобіжний клапан, необхідний для забезпечення сталої роботи приводу;

$n$  - кількість гідроапаратів на напірній гідролінії приводу.

Об'ємні втрати в гідроапаратах визначаються за рівнянням:

$$Q_{\text{ГА}}^{\text{н}} = r_{\text{ГА}} \cdot p_{\text{ц}}, \quad (4.9)$$

де:  $r_{\text{ГА}}$  - питомий витік (орієнтовно для гідроапаратури  $r_{\text{ГА}} = 0,017 \text{ см}^3/(\text{Мпа/с})$ , гідроциліндра  $r_{\text{ц}} = (0,034/0,05) \text{ см}^3/(\text{Мпа/с})$ , гідромотора чд  $= (0,8/1,2) \text{ см}^3/(\text{МПа})$ ;

$p_{\text{ц}}$  - максимальний робочий тиск у гідродвигуні (при робочих подачах  $s F_{\text{HM}}$ ).

$$Q_{\text{ГА}}^{\text{н}} = (0,017 + 0,05) \cdot 1 = 0,065 \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

$$Q_{\text{н}} = 0,141 + 0,065 + 0,05 = 0,256 \frac{\text{л}}{\text{с}} = 0,92 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

Технічні характеристики вибраного циліндра представлені в таблиці 4.2.

За основними параметрами гідроциліндра, а саме, по робочому тиску  $p$  і витрати робочої рідини  $Q$ , підбираємо гідронасос з урахуванням запасу. Гідронасос БГ11-22.

Вибираємо гідробак, об'єм якого дорівнює дворазовій подачі насоса.

Технічні характеристики вибраного насоса представлені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики вибраного насоса

Найменування параметру	Значення
Номинальний тиск $P_{ном}$ , МПа	25
Продуктивність насоса, $м^3 / ч$	1,08
Тиск, атм	25
Маса, кг	30

Подберем електродвигатель. Мощность потребляемая двигателем:

$$P = \frac{k \cdot \gamma \cdot Q \cdot H}{1000 \cdot \eta_p \cdot \eta_n} \quad (4.10)$$

где  $k$  - коефіцієнт запасу (приймається з інтервалу 1,1-1,4). Приймаємо  $k = 1,1$ ;

$\gamma$  - питома вага рідини, що перекачується,  $Н/м^3$ ,  $\gamma = 8810$ ;

$Q$  - продуктивність насоса,  $м^3/с$ ;

$H$  - напір насоса, м;

$\eta_p$  - ккд передачі (при безпосередньому з'єднанні насоса з двигуном  $\eta_p = 1$ );

$\eta_n$  - ккд насоса,  $\eta_n = 0,65$ .

$$P = \frac{1,4 \cdot 8810 \cdot 1,08 \cdot 258}{1000 \cdot 1 \cdot 0,65} = 3 \text{ кВт.}$$

Вибираємо електродвигун типу Електродвигун ABLE MS100L2 - 4 3Ф потужністю  $N = 3$  кВт; кількість оборотів - 1430 об/хв.; масою - 27 кг.

#### 4.3 Варіанти опрацьованих конструкторських рішень щодо модернізації обладнання

З розрахунків, зроблених у пункті 4 пропонуються такі варіанти опрацьованих конструкторських рішень щодо модернізації устаткування.



Основне призначення пульта управління полягає в тому, щоб покращити зручність роботи з витягом.

Основними елементами пульта управління є корпус, лицьова панель, кнопки, електронна плата.

Корпус – це металевий короб, який служить для кріплення електроплати, що розкладається на стійці підйомника.

Лицьова панель – це металева пластина, що служить для закриття корпусу та запобігання попаданню бруду на електронну плату, кріпиться на корпусі пульта управління.

Кнопки – це пластмасовий виріб, що слугує для включення електроплати, розташовані під лицьовою панеллю в корпусі пульта керування.

Електронна плата - це пластина з діелектрика, на поверхні та в обсязі якої сформовані електропровідні ланцюги електронної схеми, розташована в корпусі пульта керування.

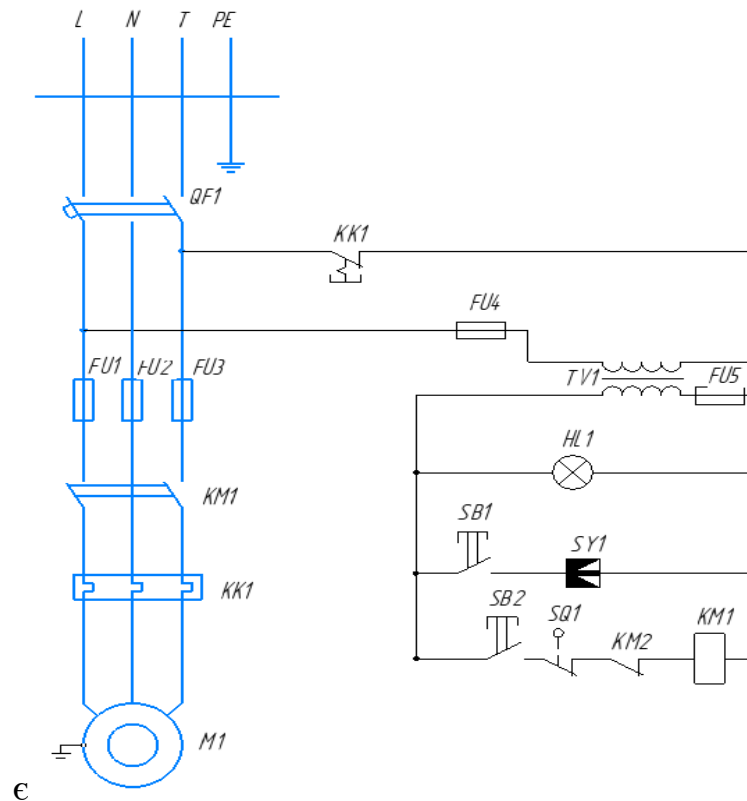


Рисунок 4.2 - Схема електрична принципова пульта управління

#### *4.4 Розробка конструкторської документації для модернізованого обладнання*

Для оцінки ефективності та доцільності модернізації даного технологічного обладнання застосовувалися такі критерії:

- найменша собівартість модернізації;
- найменші амортизаційні витрати у процесі експлуатації установки;
- найменші експлуатаційні витрати у процесі експлуатації установки;
- найменші витрати часу для виконання технологічних процесів на даній установці;
- Найбільш універсальні кваліфікаційні вимоги, що пред'являються до робітників для роботи на даній установці;
- Найбільша технологічність виконуваних технічних процесів;
- Найменші габаритні розміри і маса розробленої установки.

У процесі виконання цього дипломного проекту було розроблено такі елементи конструкторської документації: креслення виду загального, складальний креслення. Розробка цих креслень конструкторської документації відбувалася відповідно до вимог єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД).

#### *4.5 Визначення технічних характеристик модернізованого обладнання, опис особливостей його функціонування*

Перелік технічних характеристик, функцій та пристроїв модернізованої установки з урахуванням коригування на основі технологічного проектувального розрахунку наведено у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Перелік технічних характеристик, функцій та пристроїв модернізованої установки з урахуванням коригування на основі технологічного проектувального розрахунку

Найменування параметру	Значення
Характеристики моделі: Потужність, кВт тип приводу продуктивність насоса м <sup>3</sup> /год тиск на виході, МПа максимальні обороти, об/хв напруга мережі, В тип установки вантажопідйомність, т висота підйому, мм	3 електрогідравлічний 1,08 25 1430 360 стаціонарний 9 2000
Перелік операцій: Проведення технічного обслуговування та технічного ремонту	+
Проведення технічного обслуговування та технічного ремонту трансмісії	+
Проведення технічного обслуговування та технічного ремонту двигуна	-
Перелік інструменту та оснащення: Анкерні болти Комплект гумових упорів з гвинтовим підхватом Гумові накладки на стійки Опускання автомобіля за відсутності напруги Підняття та опускання автомобіля з кнопки	+ + + + +

Після проведення модернізації було змінено такі параметри: потужність електродвигуна, висота підйому, вантажопідйомність, продуктивність насоса, максимальні обороти.

Зміна потужності двигуна дозволяє заощаджувати електроенергію без втрати функціональності обладнання.

Висота підйому дозволяє здійснювати більшу кількість послуг на автосервісі.

Продуктивність та максимальні оберти насоса дозволяють досягти більш швидкого підйому та спуску підйомника.

Зміна напруги мережі дозволяє адаптувати підйомник під стандартні напруги мережі, це дає можливість економити на переобладнанні автосервісу.

Підйомник обладнаний пультом управління для підняття та опускання автомобіля з кнопки дозволяє зручніше та ефективно працювати з підйомником.

Система аварійного опускання дозволяє опускати підйомник при пошкодженні системи управління або відключення електрики. Може бути встановлена у стандартну гідравлічну систему підйомника.

Гумові накладки на стійки виготовлені з гуми, служать для захисту дверей автомобіля від пошкодження лакокасочного покриття.

Розглянемо перелік операцій, проведення яких було можливе із застосуванням даного обладнання до модернізації, зіставивши даний перелік із переліком операцій виконуваних модернізованим обладнанням. Також розглянемо робочі параметри виконуваних операцій та функцій, оцінимо їх результати коригування на даній моделі технологічного обладнання. Результати порівняння наведемо у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 - Результати порівняння переліку технологічних операцій та їх параметрів до та після модернізації

Найменування операції (функції)	Наявність операції та її параметри	
	До модернізації	Після модернізації
Опускання автомобіля за відсутності напруги	+	+
Наявність траверси	-	+
Підняття та опускання автомобіля з кнопки	-	+

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### 5.1 Аналіз і характеристики виробничих шкідливостей і небезпек

Небезпечний виробничий фактор – виробничий фактор, вплив якого на робітника в певних умовах приводить до травми або іншого раптового різкого погіршення здоров'я.

Шкідливий виробничий фактор – фактор, вплив якого на працюючого в певних умовах приводить до професійного захворювання або зниження працездатності.

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори за природою їх впливу на організм людини розподіляються на фізичні, хімічні, біологічні, психологічні.

Працюючим приходиться працювати при впливі численних небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Аналіз і характеристики цих факторів зводимо в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Небезпечні і шкідливі виробничі фактори

№ п/п	Назва шкідливого або небезпечного фактора	Коротка характеристика фактора	Де можуть виникнути	Вплив на людину і наслідки
1	2	3	4	5
1.	Машини і механізми, що рухаються	Транспортні засоби, автотранспортні засоби і ін.	Територія, стоянки автомобілів, головний корпус	Травми
2.	Рухома частина виробничого обладнання	Верстати, вантажопідійомні механізми і ін.	Головний виробничий корпус, цехи	Травми
3.	Ураження електричним струмом	Струм, коли проходить через тіло людини, викликає термоелектричні і біологічні дії	Ділянки і цехи, верстати, освітлювальне обладнання	Опіки, розклад крові, збудження, подразнення нервової системи, смерть

Продовження табл. 5.1

1	2	3	4	5
4.	Гострі країки, заусенці і нерівності поверхні заготовок, інструменту, обладнання	Травмонебезпечні роботи	Жерстяні, верстатні, слюсарні роботи	Порізи, проколи, стирання шкіри
5.	Підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони	Пил, зважені частки в повітрі, загазованість шкідливими газами	Цехи: ремонт рам, акумуляторний, зварювальний, моторний, вулканізації	Захворювання легень, отруєння, нудота, втомленість
6.	Підвищений рівень вібрації	Вібрація – механічні коливання тіл, яке проявляється в переміщенні центру ваги	Механічний, ковальський, ділянки: гайковерт, стискачі	Захворювання, утомлюваність

### 5.2 Вплив автомобільного транспорту на навколишнє середовище

Під шкідливістю автомобільного транспорту розуміють рівень його негативного впливу на населення, виробничий персонал і навколишнє природне середовище.

Джерелами негативного впливу автомобільного транспорту на навколишнє середовище є:

- токсичні відпрацьовані гази;
- токсичні картерні гази;
- випаровування палива, мастил, кислот;
- насичення продуктами зношення автошин;
- спрацьовані деталі машин і т.д.;

- забруднення виробничих приміщень під час технічного обслуговування, ремонту і зберігання автомобілів;
- забруднення води, ґрунту під час щоденного обслуговування;
- споживання кисню для процесу згорання;
- шум під час руху автомобіля.

Токсичність відпрацьованих газів визначається наявністю в них шкідливих компонентів, а також тетраетилсвинцю під час використання етильованого бензину (для бензинових двигунів).

З відпрацьованими газами в навколишнє середовище викидається близько 1200 елементів і їх сполук, з яких розшифровано не більше 200. Відпрацьовані гази складаються з нешкідливих речовин (пари води, вуглекислий газ, кисень, азот, водень і інші), а також великої кількості шкідливих речовин, основний склад яких наведено у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Основний склад шкідливих речовин у відпрацьованих газах

№ п/п	Компонент	Вміст, % (за об'ємом) у відпрацьованих газах		Примітка
		Бензиновий двигун	Дизельний двигун	
1.	Оксид вуглецю	1-10	0,02-0,5	токсичний
2.	Оксиди азоту	0-0,8	0,001-0,4	токсичний
3.	Вуглеводні	0,2-3,0	0,01-0,5	токсичний
4.	Альдегіди (акролоїн)	0,02	0-0,09	токсичний
5.	Оксиди сірки	0,2-0,002	0-0,03	токсичний
6.	Сірка	0,008	0,08	токсична
7.	Сажа, г/м <sup>3</sup>	0,05	0,01-1,5	канцерогенний
8.	Бенз-α-пирен, мг/м <sup>3</sup>	до 0,02	до 0,01	високотоксичний

Всі ці ознаки, якщо на них не звернути уваги, можуть призвести до смерті. Оксид вуглецю особливо шкідливий для водіїв тому, що при отруєнні знижується реакція водія, особливо зорова.

Для нормування шкідливих викидів транспортних засобів в умовах експлуатації використовуються наступні нормативні документи.

Норми вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах бензинового двигуна згідно ДСТУ 17.2.2.03-97 наведено у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Норми вмісту шкідливих речовин

Режим перевірки	Оксид вуглецю, %	Вуглеводні, млн. <sup>-1</sup>	
		до 4-х циліндрів	більше 4-х циліндрів
Мінімальна частота обертання колінчатого валу в режимі х.х.	1,5	1600	3000
Підвищена частота обертання колінчатого валу в режимі х.х.	2,0	600	1000

При перевірці вмісту оксиду вуглецю органами ДАІ в режимі мінімальної частоти обертання колінчатого валу двигуна допускається вміст оксиду вуглецю до 3%.

Стандарт передбачає перевірку димності в двох режимах:

- 1) вільного прискорення;
- 2) максимальної частоти обертання колінчатого валу в режимі холостого ходу.

Ці режими легко відтворити в умовах експлуатації без будь-якого спеціального обладнання за винятком димомірів (приладів для вимірювання димності відпрацьованих газів).

Норми димності відпрацьованих газів дизелів транспортних засобів згідно ГОСТ 21393-75 наведені у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Норми димності відпрацьованих газів дизелів транспортних засобів

Режим перевірки	Димність звичайних дизелів, %	Димність дизелів з турбонадувом, %
Вільного прискорення	40	50
Максимальної частоти обертання в режимі холостого ходу	15	15



Але на автомобільному транспорті джерелом забруднення навколишнього середовища є не тільки автомобілі, а і виробництво по технічному обслуговуванню і ремонту автомобілів.

Основними джерелами викидів на ремонтних підприємствах є:

1) Акумуляторна дільниця. При виконанні робіт на цій дільниці мають місце такі шкідливі компоненти:

- пари сірної і соляної кислот;
- сірчаний ангідрид;
- водневі сполуки та інші компоненти.

2) Зварювальна дільниця. Вміст шкідливих викидів наступний:

- тверді і газоподібні компоненти, до яких відносяться зварювальний аерозоль у складі марганцю та його оксидів; оксид хрому; сполуки кремнію; фтористий водень; оксиди азоту і вуглецю.

3) Ковальсько-ресорна дільниця. Вміст шкідливих речовин залежить від складу пального або енергії, що використовується для ковальських горнів. До основних шкідливих речовин відносяться:

- оксид вуглецю;
- оксид азоту;
- оксид сірки;
- пари мастил;
- хлористий водень;
- аерозолі солей і золи;
- пил.

4) Малярна дільниця. Склад і маса забруднюючих речовин при фарбуванні залежить від кількості та складу використаного матеріалу, способу їхнього нанесення і сушіння. Основними шкідливими речовинами є:

- аерозолі фарб;

- пари фарборозчинників (хлорбензол, спирти, толуол і інші);
- інгредієнти плівкоутворюючих речовин та інші речовини.

5) Мідницько-радіаторна дільниця. Вміст шкідливих речовин залежить від виду технологічної підготовки відтворюваної поверхні:

- механічної (очистка, шліфування, полірування);
- розчинна (травлення, знежирювання, хромування);
- нанесення гальванічних та хімічних покриттів, паяння.

При цьому мають місце наступні шкідливі речовини:

- кальцинована сода;
- фосфати;
- сірчана, азотна і фосфорна кислоти;
- аерозолі; хлориди і інші речовини.

### *5.3 Заходи по зменшенню шкідливого впливу автомобілів та виробничо-технічної бази ремонтного підприємства на навколишнє середовище*

Для контролю екологічних та економічних показників автомобілів на автотранспортних підприємствах створюються контрольно-регулювальні пости (КРП), основним завданням яких є випуск на лінію автомобілів з вмістом токсичних компонентів, димності відпрацьованих газів (ВГ) та витрати палива в межах встановлених норм [27]. Це досягається шляхом усунення технічних несправностей, які впливають на екологічні та економічні показники автомобіля, шляхом регулювання або заміни несправних елементів систем живлення або запалювання двигуна.

Контроль потрібно здійснювати:

- при експлуатації автомобілів не рідше, ніж при ТО-2;

- після ремонту агрегатів, систем і вузлів, які впливають на вміст шкідливих речовин (зокрема оксиду вуглецю, вуглеводнів і сажі);
- по заявкам водіїв.

Для виконання робіт контрольно-регулювальні пости обладнуються спеціальним обладнанням, до якого відноситься: газоаналізатор, тахометр, димомір, мотортестери, дизельтестери та інше. Все обладнання повинно відповідати вимогам, які висуваються при його експлуатації. При вимірі вмісту шкідливих речовин у ВГ показник повинен знаходитися у межах, наведених нормативно-правовими документами [25], [26].

#### *5.4 Складання переліку вимог та вказівки щодо безпечного виконання операцій технологічного процесу на модернізованому устаткуванні*

Приступати до роботи з витягом дозволяється лише за дотримання всіх нижчеперелічених умов:

1. Підйомник може бути встановлений та введений в експлуатацію тільки уповноваженим обслуговуючим персоналом.
2. У стандартній версії підйомник не може бути встановлений і введений в експлуатацію в безпосередній близькості від вибухових речовин або легкозаймистих рідин, на відкритому повітрі або у вологих приміщеннях (наприклад, автомийки).
3. Перед використанням підйомника обов'язково уважно прочитайте цей посібник.
4. До експлуатації можуть бути допущені лише спеціально навчені оператори віком від 18 років.
5. Завжди підтримуйте підйомник та робочу зону в чистоті та вільної від інструменту, деталей та сміття.

6. Після того, як автомобіль був піднятий, обов'язково перевірте надійність фіксації автомобіля на майданчиках.

7. Піднімання автомобіля завжди здійснюйте за допомогою всіх чотирьох лап.

8. Переконайтеся, що двері автомобіля зачинені в процесі підйому та опускання.

9. Переконайтеся, що під час підйому чи опускання в робочій зоні підйомника та в автомобілі немає людей.

10. Використовуйте підйомник лише за прямим призначенням.

11. Завжди дотримуйтесь наведених правил техніки безпеки.

12. Не перевищуйте максимальної вантажопідйомності.

13. Використовуйте лише спеціально передбачені виробником автомобіля місця встановлення майданчиків підйомника.

14. Після позиціонування автомобіля, обов'язково встановіть його на гальмо стоянки.

15. Будьте обережні під час зняття та встановлення важких частин автомобіля, оскільки може зміститися центр тяжіння.

16. Захистіть усі електричні частини підйомника від попадання вологи.

17. Технічне обслуговування та ремонт можуть проводитись тільки уповноваженим персоналом

18. Перед проведенням будь-яких робіт з ремонту або обслуговування відключіть підйомник від джерела електроживлення.

19. Будь-які роботи, пов'язані з електричними компонентами підйомника повинні виконуватися тільки сертифікованими електриками.

20. Не використовуйте мийки високого тиску / очищувачі пором або їдкі миючі засоби, оскільки вони можуть пошкодити компоненти підйомника.

## 6. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД МОДЕРНІЗАЦІЇ ЧОТИРЬОХСТІЙКОВОГО ПІДЙОМНИКА

Економічну ефективність від модернізації чотирьохстійкового підйомника можна розрахувати за витратами на його проектування і виготовлення, енергетичними витратами під час експлуатації, за тарифною ставкою слюсаря – складальника і збільшенням продуктивності виконання операцій. В основу розрахунку покладено методику визначення економічної ефективності витрат на дослідження і розробки.

Розрахунковий економічний ефект від запровадження нового пристрою визначаємо за формулою:

$$E_p = B_p - Z_p, \text{ грн.} \quad (6.1)$$

де  $B_p$  – вартісна оцінка результатів, які отримані за розрахунковий період, грн.;

$Z_p$  – вартісна оцінка витрат, що пов'язані з використанням пристрою за розрахунковий період, грн.;

При розрахунку береться до уваги строк служби пристосування  $t$ , а вартісну оцінку результатів, які отримані за період використання визначаємо за формулою:

$$B = \sum_{t=t_n}^{t=t_k} B_t \times \alpha_t; \text{ грн.} \quad (6.2)$$

де  $B_t$  – вартісна оцінка результатів в  $t$ -тому році розрахункового періоду, грн.;

$t_n$  – початковий рік розрахункового періоду;

$t_k$  – кінцевий рік розрахункового періоду;

$\alpha_t$  – коефіцієнт зведення до розрахункового року.

Вартісна оцінка результатів в  $t$ -тому році визначається за формулою

$$B_t = C_t \times A_t \times P_t, \text{ грн.} \quad (6.3)$$

де,  $C_t$  – економія коштів на ремонті і обслуговуванні однієї коробки передач;

$A_t$  – кількість одиниць використовуваного обладнання в даному році;

$\Pi_t$  - загальна кількість ремонтів і обслуговувань з використанням розробленого обладнання.

Коефіцієнт зведення до розрахункового року визначаємо за формулою:

$$\alpha_t = (1 + E_n)^{t_0 - t}; \quad (6.4)$$

де  $E_n$  - норматив зведення різночасових витрат і отримання результатів, що чисельно прирівнюються до нормативу ефективності номінальних вкладень,  $E_n = 0,1$ ;

$t_p$  - розрахунковий рік;

$t$  - рік, затрати якого зводяться до розрахункового року.

Результати розрахунків заносимо в таблицю.

Розрахункові дані для визначення економічного ефекту від модернізації чотирьохстійкового підйомника визначаємо за наступною методикою:

Економію коштів на операціях визначаємо за формулою:

$$\Pi = (C_n + C_p) \times (t_1 - t_2) + e_n, \text{ грн.} \quad (6.5)$$

де  $C_n$  - втрати від години простою автомобіля;

$C_p$  - середня годинна тарифна ставка робітників,  $C_p = 2,7$  грн/год.;

$t_1$  - середня трудомісткість технічного обслуговування за існуючою технологією,  $t_1 = 2$  люд.-год.;

$t_2$  - трудомісткість під час ремонту однієї машини з використанням модернізованого обладнання  $t_2 = 1$  люд.-год.;

$$\Pi = (7,8 + 2,7) \times (2 - 1) = 10,5 \text{ грн.}$$

Кількість операцій визначаємо за наступною формулою :

$$\Pi_t = (W_{TO} \cdot j_1 + W_{PP} \cdot j_2 + W_{VB} \cdot j_3) \cdot \mu, \text{ шт.} \quad (6.6)$$

де,  $W_{TO}$  - програма технічного обслуговування,  $W_{TO} = 429$ ;

$W_{PP}$  - програма поточного ремонту,  $W_{PP} = 400$ ;

$W_{VB}$  - програма усунення відмов,  $W_{VB} = 498$ ;

$j_1, j_2, j_3$  - коефіцієнт які відповідно дорівнюють:  $j_1 = 0,3$ ;  $j_2 = 0,6$ ;  $j_3 = 0,45$ ;

$\mu_t$  - коефіцієнт річного збільшення програми,  $\mu_t = 1,05$ ;

$$P_{2023} = (429 \cdot 0,3 + 400 \cdot 0,6 + 498 \cdot 0,45) \cdot 1 = 592,8 \text{ шт.};$$

$$P_{2024} = (429 \cdot 0,3 + 400 \cdot 0,6 + 498 \cdot 0,45) \cdot 1,05 = 622,4 \text{ шт.};$$

Аналогічно проводимо розрахунки для решти років і результати заносимо в таблицю.

Економію коштів на під час використання обладнання для наступних років визначаємо за формулою:

$$C_t = \alpha_t \times C; \text{ грн.} \quad (6.7)$$

$$C_{2024} = 0,9091 \times 10,5 = 9,55 \text{ грн.}$$

Аналогічно проводимо решту розрахунків і результати заносимо в таблицю.

Вартісну оцінку витрат визначаємо за формулою:

$$Z_p = \sum_{t=1}^{e=e} Z_t * \alpha_t, \text{ грн.} \quad (6.8)$$

де  $Z_t$  - величина витрат в  $t$ -тому році, грн.

Для першого розрахункового року вартісну оцінку витрат визначаємо з виразу :

$$Z_{2023} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6, \text{ грн.} \quad (6.9)$$

де  $C_1$  - вартість виготовлення конструкторської та технічної документації,  $C_1 = 120$  грн.;

$C_2$  - вартість матеріалів на 5 комплектів,  $C_2 = 540$  грн.;

$C_3$  - вартість комплектуючих,  $C_3 = 45$  грн.;

$C_4$  - вартість виготовлення деталей,  $C_4 = 650$  грн.;

$C_5$  - вартість складальних, монтажних, налагоджувальних і випробувальних робіт,  $C_5 = 110$  грн.;

$C_6$  - витрати на організацію і підготовку виробництва за новою технологією,  $C_6 = 85$  грн.

Значення показників  $C_1...C_6$  прийняті на підставі експертних оцінок спеціалістів ремонтної майстерні, що займається виготовленням нестандартного обладнання.

$$Z_{2023} = 120 + 540 + 45 + 650 + 110 + 85 = 1550 \text{ грн.}$$

Для решти років вартісну оцінку витрат визначаємо за формулою

$$Z_t = C_e \times \alpha_t, \text{ грн.} \quad (6.10)$$

де  $C_e$  - розрахункові експлуатаційні витрати на підтримання пристрою в роботоздатному стані, грн.

$$C_e = \eta \times Z_{tp}, \text{ грн.} \quad (6.11)$$

де:  $\eta$  - частка початкової вартості обладнання, необхідна для підтримання його роботоздатності,  $\eta = 0,1$ ;

$$C_e = 0,1 \times 1550 = 155 \text{ грн.}$$

$$Z_{2024} = 155 \times 0,9091 = 140,9 \text{ грн.}$$

Аналогічно проводимо розрахунки для решти років і результати заносимо в таблицю.

Скориставшись формулою (5.3) визначаємо вартісну оцінку результатів:

$$B_{2023} = 10,5 \times 592,8 = 6224,4 \text{ грн.};$$

$$B_{2024} = 9,55 \times 622,4 = 5943,9 \text{ грн.}$$

Аналогічно проводимо розрахунки для решти років і результати заносимо в таблицю.

Підставивши результати розрахунків у формулу (6.1) отримаємо значення економічного ефекту

$$E = 9450 - 98,9 = 9351 \text{ грн.}$$

Строк окупності запропонованого пристрою визначаємо за формулою:

$$T_{ок.} = \frac{\sum Z_t}{\sum C_t} * t_{вик.}, \text{ років} \quad (6.12)$$

де,  $t_{вик.}$  - термін використання обладнання приймаємо  $t_{вик.} = 8$  років.



$$T_{ок.} = \frac{401}{6129} \times 8 = 0,5 \text{ року.}$$

Отже, строк окупності пристрою буде становити 6 місяців.

Таблиця 6.1 - Розрахунок економічного ефекту від запровадження обладнання

Показники	Роки								Разо м
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
$P_t$ - річна програма виконуваних операцій, шт.	592,8	622,4	653,5	686,2	720,5	756,5	794,4	834,1	5660
$C_t$ - економія коштів на одній операції, грн.	10,5	9,55	8,68	7,89	7,17	6,52	5,93	5,39	-
$\alpha_t$ - коефіцієнт приведення до розрахункового року	1	0,909	0,826	0,751	0,683	0,620	0,564	0,513	-
$B_t$ - вартісна оцінка результатів, тис. грн.	6,22	5,94	5,67	5,42	5,17	4,93	4,71	4,5	42,6
$Z_t$ - вартісна оцінка затрат, грн.	155	140,9	116,4	87,5	59,8	37,1	20,9	10,8	628,4
$E_t$ - економічний ефект, тис. грн.	6,06	5,8	5,55	5,33	5,11	4,89	4,69	4,49	41,92

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Було вивчено сертифікацію технологічного обладнання, використовуваного під час проведення ТО і ТР автомобілів на ОАС, визначено перелік операцій, що виконуються на цьому обладнанні. Також було зроблено огляд конструкцій технологічного обладнання та його класифікацію, аналіз конструкції обладнання, визначено мету і завдання модернізації.

Встановлено за допомогою використання для вирівнювання дослідної інформації закону нормального розподілу. Закон нормального розподілу охарактеризовано за допомогою диференціальної (функцією густини ймовірностей) і інтегральної (функцією розподілу) функціями. На підставі отриманих значень нами були побудовані гістограма, полігон і крива накопичених досвідчених ймовірностей, які дають наочне уявлення про розподіл показників надійності і дозволяють вирішувати ряд інженерних задач графічними способами.

Після обґрунтування вихідних даних для виконання модернізації та наведення переліку технічних характеристик устаткування, що модернізується, було зроблено вибір і обґрунтування даних для виконання розрахунку з модернізації обладнання. Проведений аналіз отриманих результатів і розробка конструкторських рішень з модернізації обладнання. Після розгляду варіантів опрацьованих конструкторських рішень устаткування, що модернізується, було розроблено конструкторську документацію і визначено технічні характеристики модернізованого обладнання з описом особливостей його функціонування. Складено послідовність виконання операцій у технологічному процесі з урахуванням модернізації обладнання.

Запроектовано заходи з охорони праці та захисту навколишнього середовища.

Розраховано техніко – економічну оцінку ефективності модернізації обладнання.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лімот А.С. Теоретичні основи забезпечення працездатності машин : навч. посіб. / А.С. Лімот. Житомир. Держ. агроєколог. ун-т, 2008. 410 с.
2. Ільченко В.Ю. Експлуатація МТП в аграрному виробництві / Ільченко В.Ю., Карасьов П. Т., Лімот А.С. та ін. Київ. Урожай, 1993. 288 с.
3. Агулов І.І. Довідник по технічному обслуговуванню сільськогосподарських машин / Агулов І.І., Вознюк Л.Ф., Левчій О.В. Київ. Урожай, 1989. 256 с.
4. Козаченко О.В. Технічна експлуатація сільськогосподарської техніки / О.В. Козаченко. Харків. Торнадо, 2000. 192 с.
5. Козаченко О.В. Практикум з технічної експлуатації сільськогосподарської техніки : Монографія / Козаченко О. В., Сичов І. П. та ін. ; за ред. О.В. Козаченка. Харків. Торнадо, 2001. 374 с.
6. Технологія технічного обслуговування машин : [навч. посіб. для студентів інжен. спец. зі спеціалізації «Технічний сервіс на осв. кваліф. рівні «Спеціаліст», «Магістр»] / І.М. Бендера, С.М. Грушецький, П.І. Роздорожнюк, Я.М. Михайлович. Кам'янець-Подільський. ФОП Сисин О.В., 2010. 320 с.
7. Грушецький С.М. Технологія технічного обслуговування машин : навч.-мет. компл. для студентів інжен. спец. зі спеціалізації «Технічний сервіс» на осв.-кваліф. рівні «Спеціаліст», «Магістр»] / Грушецький С.М. Кам'янець-Подільський. ФОП Сисин О.В., 2012. 400 с.
8. Канарчук В. Є. Надійність машин : Підручник / В.Є. Канарчук, С.К. Полянський, М.М. Дмитрієв. Київ. Либідь, 2003. 424 с.
9. Лімонт А.С. Теоретичні основи забезпечення працездатності машин : Навч. посіб. / А.С. Лімонт. Держ. агроєколог. ун – т. Житомир, 2008. 420 с.

10. Погорілій Л.В. Випробування сільськогосподарської техніки: науково – методичні засади оцінки та прогнозування надійності сільськогосподарських машин / Л.В. Погорілій, В.Я. Анілович. Київ Фенікс, 2004. 208 с.

11. Булей І.А. Проектування підприємств з виробництва і ремонту сільськогосподарських машин. Київ. „Вища школа”, 1993.

12. Гряник Г.М. Охорона праці. Київ. Урожай, 1994.

13. Зерхалов Д.В., Береславський М.Л. Обладнання для технічного обслуговування і ремонту машин. Довідник. Київ. Урожай, 1991.

14. Злобін Ю.А. Основи екології. Київ Лібра, 1998.

15. Лехман С.Д. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ. Урожай. 1993.

16. Ремонт машин., Методичні поради до курсового та дипломного проектування: У 2 – х частинах / За заг. ред. академіка О.Д. Семковича. Частина 2. Львів. держ. агр. ун-т, 1997. 150с.

17. Семкович О.Д. Визначення параметрів ремонтної технологічності. Організаційно-технологічна взаємодія підприємств АПК в процесі ремонту сільськогосподарської техніки // Збірник наукових праць – Львів: Львівський с-г інститут, 1991.

18. Методика визначення економічної ефективності витрат на наукові дослідження і розробки та їх впровадження у виробництво: Затв. Наказом Міністерства економіки та з питань європейської інтеграції та Міністерством фінансів України за № 218/446 від 26.09.01.

19. Технічна експлуатація та надійність автомобілів : навчальний посібник / Є. Ю. Форнальчик, М. С. Оліскевич, О. Л. Мاستикаш, Р. А. Пельо. Львів. Афіша, 2004. 492 с.

20. Канарчук В. Є. Виробничі системи на транспорті : підручник / В. Є. Канарчук, П. П. Куртков. Київ. Вища школа, 1997. 359 с.

21. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів : підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигиринець. Київ. Вища школа, 1994. (У 3-х кн.): Кн. 1: Теоретичні основи: Технологія. 342 с.; Кн. 2: Організація, планування і управління. 383 с.; Кн. 3: Ремонт автотранспортних засобів. 599 с.

22. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів : підручник / Лудченко О. А. Київ. Знання-Прес, 2003. 511 с.

23. Надійність техніки. Терміни і визначення: ДСТУ 2860:1994. Київ. Держстандарт України, 1994. 36 с. (Національні стандарти України).

24. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. Київ. Мінтранс України, 1998. 16 с.