

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет інженерно-технологічний**  
**Кафедра механічної та електричної інженерії**

Пояснювальна записка  
до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти  
« магістр »

на тему: «Оцінка надійності рухомого складу з урахуванням впливу  
показників умов його зберігання та терміну служби»

КРМ.133ГМмд\_22.13.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти  
за освітньо-професійною програмою  
*«Машини і засоби механізації  
сільськогосподарського  
виробництва»*  
спеціальності *133 Галузеве  
машинобудування*  
ступеня вищої освіти *магістр*  
*групи 133ГМмд 22*  
ЛИМАРЕНКО Владислав

Керівник: к.т.н., доцент  
ДУДНИК Володимир

Рецензент: к.т.н., доцент  
ЛАПЕНКО Тарас

## ВСТУП

Сьогодні сільськогосподарське виробництво неможливо уявити без автомобільного транспорту (АТ). І якість роботи автомобілів, в першу чергу, залежить від їх технічного стану, надійності і роботопридатності. В сучасних умовах частка транспортних витрат у собівартості валової сільськогосподарської продукції становить 20...40%, а в бездорожніх районах досягає 47% і більше. Транспортними роботами зайнято 20...25% працівників сільськогосподарського виробництва.

У свою чергу, виходячи з природно-кліматичних умов і виконуваних завдань, найбільш доцільним є використання повнопривідної автомобільної техніки.

Парк автомобільного транспорту сільського господарства характеризується граничним фізичним і моральним зносом. Це зумовлює значне зниження основних показників зразків АТ, в першу чергу, показників надійності. Крім цього, умови зберігання зразків АТ агропромислового комплексу характеризуються істотним впливом кліматичних факторів, що також значно знижує показники безвідмовності.

Разом з тим, існуючий методичний апарат недостатньо враховує як зміну показників безвідмовності в залежності від терміну служби, так і умови зберігання зразків АТ.

**Об'єкт розробки** – зразки автомобільного транспорту господарства.

**Предмет розробки** – дослідження показників безвідмовності автомобільного транспорту, що використовується в сільському господарстві.

**Мета кваліфікаційної роботи магістра** – підвищення надійності автомобільного транспорту, що використовується в сільському господарстві.

**Постановка актуальної технічної задачі** – створення і забезпечення ефективної роботи автомобільного транспорту, як одного із головних напрямків розвитку сільського господарства країни і забезпечення її продовольчої безпеки.

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Практичне значення кваліфікаційної роботи магістра** – полягає в практичному застосуванні отриманих загальних результатів дослідження, що забезпечить істотне підвищення ефективності роботи автомобільного транспорту, що використовується в сільському господарстві.

**Практичні результати роботи** – полягають в практичному застосуванні отриманих загальних результатів дослідження, що забезпечить істотне підвищення показників безвідмовності автомобільного транспорту господарства.

**Рекомендації щодо використання результатів роботи** – економічний ефект від впровадження результатів дослідження в залежності від середнього терміну служби автомобілів в парку становить від 0,43% до 7,29%, що є істотно.

**Апробація.** Основні положення виконаної роботи доповідались і обговорювались:

- на XIV Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки» (Україна, Кропивницький, 8-10 листопада 2023 року).

- на VI Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку сільськогосподарського машинобудування» (Україна, Полтава, 21-22 грудня 2023 року).

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

## 1.1 Роль і місце автомобільного транспорту в сільськогосподарському виробництві. Стан парку автомобільного транспорту агропромислового комплексу

Сільське господарство є однією з найбільш транспортноємних галузей народного господарства. Витрати праці на транспортні роботи від загальної трудомісткості вирощування і збирання зернових становлять 30%, картоплі - 40% і кукурудзи на силос – 70%. В середньому по сільськогосподарському виробництву витрати на транспортні роботи складають 40...45%, а витрати на палива до 50%. В даний час транспортними роботами зайнято 20...25% робітників сільськогосподарського виробництва [1].

В сучасних умовах частка транспортних витрат у собівартості валової сільськогосподарської продукції становить 20...40%, а в бездорожніх районах досягає 47% і більше. Іншими словами, сільськогосподарські роботи наполовину є транспортними, тому можна вважати, що автоперевезення - найважливіша складова частина технологічного процесу виробництва сільськогосподарської продукції [2].

Щорічно галузь демонструє попит на 18,5% дизельного палива (5 млн. тон), що поставляється на внутрішній ринок, та 1,5 млн. тон бензину [3].

Транспортні роботи в сільськогосподарському виробництві виконуються по транспортним і транспортно-виробничим процесам. Транспортні процеси включають операції навантаження, перевезення та розвантаження. Транспортні роботи в сільськогосподарському виробництві, що виконуються всередині сільськогосподарського підприємства є внутрішньогосподарськими, а між районними та обласними підприємствами - міжгосподарськими. Обсяг тракторних перевезень обмежується зайнятістю тракторів на виконання основних сільськогосподарських робіт і вартістю перевезень, яка вище, ніж вартість автомобільних перевезень в сільському господарстві. Як правило, тракторні

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевезення це ті, які не можуть виконати за своїми технічними можливостями автомобілі, тому, в основному, тракторні перевезення входять в транспортно-виробничі процеси.

До особливостей перевезення вантажів в сільському господарстві відносяться [4]:

- значні коливання вантажообігу і обсягу перевезень протягом року. Для негосподарських перевезень коефіцієнт нерівномірності вантажообігу коливається в середньому від 2,5 до 3,5. Розподіл річного обсягу перевезень по кварталах виглядає приблизно так: по 15% в I і II кварталах, 45% в III і 25% в IV кварталі;

- короткі строки збирання врожаю і вивезення його з полів. Як показує практика, затримка в збиранні зернових культур на 10 днів призводить до втрат врожаю до 15%, на 20 днів - до 30%. Буряк після збирання схильний до швидкого псування (починає в'янути, загнивати, втрачає в масі, знижує цукристість), тому необхідна термінова доставка його на цукрові заводи і спеціальні пункти зберігання. При збиранні врожаю сільськогосподарських продуктів застосовуються три основних способи організації робіт: поточний, коли продукт з збирального агрегату подається безпосередньо в кузов транспортного засобу; роздільний, коли прибраний продукт тимчасово зберігається в полі, а потім завантажується в рухомий склад; комбінований, який поєднує перші два способи;

- невелика відстань (від 5 до 20 км) внутрішньогосподарських перевезень і великий діапазон відстаней (від 30 до 3000 км) для негосподарських;

- висока питома вага навалювальних і насипних вантажів з невеликою щільністю. Наприклад, такі вантажі, як сіно, солома, силос, мають щільність 0,25...0,35 т/м<sup>3</sup>, капуста – 0,4...0,45 т/м<sup>3</sup>, що веде до неповного використання номінальної вантажопідйомності автомобілів;

- серед сільськогосподарських вантажів значну частину становлять порошкоподібні або рідкі мінеральні добрива, перевезення яких має свої особливості. Порошкоподібні приходять в непридатний стан при впливі вологи, а рідкі можуть мати шкідливий вплив на людський організм, викликати

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пошкодження транспортних засобів, тари;

- для внутрішньогосподарських перевезень характерна перевага ґрунтових доріг з низькою проїжджою здатністю в весняно-осінні періоди, а також їзда по оранці, стерні. При цьому автомобіль повинен рухатися на малій швидкості (5...10 км/год), через що в теплу пору року двигуни перегріваються;

- розгойдування кузова і як наслідок розхитування його заснування, рами при русі по нерівних дорогах з вантажем малої щільності (при перевезенні проводять нарощування бортів кузовів, внаслідок чого підвищується центр ваги автомобіля);

- сільськогосподарські вантажі схильні до значних пошкоджень під час перевезення (овочі, фрукти та ін.). Великі також втрати деяких вантажів, особливо зернових, при транспортуванні внаслідок висипання через нещільності кузова (зерно здатне «текти» навіть через невеликі щілини), а також в результаті видування з кузова завихреним потоками повітря.

## **1.2 Особливості експлуатації автомобільного рухомого складу в сільському господарстві**

До факторів, що визначаються особливості експлуатації автомобільного транспорту в сільському господарстві, відносяться природно-кліматичні та дорожні-ґрунтові умови і їх сезонні зміни, розвиток дорожньої мережі і ступінь її стану, рельєф, рослинний покрив, наявність водних перешкод та ін. Кліматичні та дорожні-ґрунтові умови є одним з основних факторів, що визначають умови використання АТ. Важливим показником кліматичних умов є середні і екстремальні температури навколишнього повітря і середні погодні умови, а також їх сезонні зміни. Мінімальна температура в північно-східних районах країни може досягати мінус 30...35°C. Значні коливання температури мають великий вплив на готовність АТ до застосування.

Територія України розташована в районах з помірним і холодним кліматом. В якості основних кліматичних факторів, при районуванні території України для

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технічних цілей, прийняті температура і відносна вологість повітря [5, 6]. Можливість використання АТ в країнах СНД розширює перелік кліматичних районів для дослідження особливостей впливу природно-кліматичних факторів на використання АТ.

АТ використовується в районах з температурою повітря в діапазоні від мінус 35°C до плюс 40°C. Середня декадна висота снігового покриву, що впливає на прохідність АТ, досягає 0,4 м. Все це породжує ряд особливостей використання АТ в різних кліматичних районах. Територія України розділена на напрямки і райони, які характеризуються різними природно-кліматичними умовами.

Аналіз кліматичних зон показує, що кожна з них створює специфічні умови, що впливають на використання АТ. Для ефективного застосування шин в різних кліматичних зонах необхідно проведення конструктивних, експлуатаційних та організаційних заходів, спрямованих на зниження впливу негативних факторів, таких як перепади температури навколишнього повітря, вологість, кількість опадів, глибина сніжного покриву та ін.

Відомо, що напрямки і райони включають особливі природно кліматичні зони, що мають специфічні, притаманні тільки кожній з них, особливо, що впливають на використання АТ. До таких особливостей можна віднести: слаборозвинену дорожню мережу, важкодоступну місцевість, низькі температури на Півночі і високі на Півдні, круті підйоми і спуски.

Під особливою природно-кліматичною зоною розуміється сукупність районів зі специфічними, в тому числі особливими фізико-географічними, кліматичними факторами, що створюють певні особливі умови використання АТ. До особливих природно-кліматичних зон відносяться гірські, пустельні райони, лісиста-болотиста місцевість, де поряд з кліматичними факторами велике значення рельєфу місцевості і дорожніх-грунтових умов.

Пустельні райони займають значні площі. На використання АТ в цій особливій зоні великий вплив мають висока температура повітря і ґрунту, запиленість повітря. Середні температури найтеплішого місяця в пустелях плюс

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

35°C. Максимальна температура влітку досягає плюс 55°C вдень і падає вночі до 15°C; при такій температурі ґрунт нагрівається до 60°C, а температура дорожнього покриття, обробленого органічними в'язучими матеріалами, досягає плюс 75°C. Такі температурні умови призводять до перегріву каркаса і інших елементів шин.

Атмосферні опади в цих районах рідкісні і незначні, випадає 80...200 мм на рік, причому до 90% опадів припадає на весну і зиму. Зима нестійка, але холодна. Температура повітря опускається до мінус 30°C. Сніговий покрив незначний і короткочасний. Часті вітри великої сили (швидкість вітру 10...30 м/с) викликають піщані і пилові бурі, а також рух незакріплених і частково закріплених пісків, засинають дороги і місця стоянок машин.

Дорожня мережа розвинена слабо. Рух поза дорогами по незакріплених пісках і солончаках утруднено. Основну частку доріг складають ґрунтові, рідше зустрічаються гравійні дороги.

Основним фактором, що визначає прохідність АТ поза дорогами, є стан ґрунту. Лесові ґрунти в сухому стані при русі машин інтенсивно порошать. Після найменшого зволоження лесові ґрунти легко розмокають, утворюючи липкий, в'язкий, труднопрохідний бруд.

Солончакові ґрунти після зволоження стають взагалі непрохідними, а в суху погоду важко прохідними. Піщані ґрунти, важко прохідні в суху погоду, стають більш прохідними в період дощів. Екстремальний температурний режим використання АТ викликає прискорене старіння і подальше руйнування гумотехнічних деталей.

Сезонні зміни погодних умов роблять значний вплив на прохідність АТ. Глибокий сніговий покрив робить деякі райони непрохідними для колісної техніки. У період весняного й осіннього бездоріжжя, раніше добре торовані ґрунтові дороги можуть стати непрохідними для колісної техніки.

Рельєф місцевості є одним з важливих факторів фізико-географічних умов, що впливає на застосування АТ, особливо на її прохідність. Разом з тим рельєф є найстабільнішим фактором, що необхідно враховувати при розробці нового

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

покоління повнопривідних автомобілів із забезпеченням ефективного використання автотранспорту, здатного долати підйоми крутизною не менше 30° і стійко пересуватися по косогуру до 20°.

Таким чином, аналіз природно-кліматичних зон і дорожніх умов показав, що кожна з них створює специфічні умови, в тому числі і екстремальні, що впливають на використання АТ. Для забезпечення виконання завдань необхідний повнопривідний автомобільний транспорт.

В даний час в агропромисловому комплексі знаходиться близько 350 тис. од. при необхідній кількості близько 850 тис. од. [7].

Сучасна структура парку автомобільного транспорту, використовуваного в агропромисловому комплексі, наведена на рисунку 1.1 [7].

Рисунок 1.1 - Структура парку АТ агропромислового комплексу по заводам виробникам

З аналізу рис. 1.1 випливає, що більшість АТ має вантажопідйомність до 1 т (45% чисельності парку). Близько 17% машин парку мають вантажопідйомність від 1 до 2,5 т. Таким чином, 2/3 автомобілів парку техніки мають вантажопідйомність до 2,5 т. Решта 1/3 парку повнопривідної АТ представлена, в основному, автомобілями марки «Урал», «КамАЗ» або «ЗіЛ».

Вікова структура парку АТ представлена на рис. 1.2 [7].

З аналізу вікової структури можна зробити висновок, що в парку повнопривідного АТ переважають автомобілі з термінами служби понад 10 років, що обумовлює істотний фізичний знос парку. Разом з тим, частка автомобілів

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### Рисунок 1.2 - Розподіл парку АТ за терміном служби

нових марок (з термінами служби до 5 років) неприпустимо мала (16% від загальної чисельності парку повнопривідного АТ). Це характеризує значний моральний знос парку повнопривідної техніки народногосподарського призначення.

### 1.3 Аналіз основних методів прогнозування показників надійності автомобільного транспорту

Показники надійності включають чотири групи основних ознак: безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності, зберігання.

Показники безвідмовності.

Процес функціонування відновлюваного об'єкта можна уявити як послідовність чергуються інтервалів працездатності та відновлення (простою) як приведено на рис. 1.3 [8].

Рисунок 1.3 - Г рафік функціонування відновлюваного об'єкта  
де  $t_1 \dots t_n$  - інтервали працездатності;  $\tau_1 \dots \tau_2$  - інтервали відновлення

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Для характеристики безвідмовності відновлюваних об'єктів при розгляді періоду до першої відмови або між двома послідовними відмовами можуть використовуватися ті ж показники, що і для невідновлювальних об'єктів. Специфічними показниками безвідмовності відновлюваних об'єктів є наступні.

Середнє напрацювання на відмову об'єкта (напрацювання на відмову) визначається як відношення сумарного напрацювання відновлюваного об'єкта до числа відмов, що відбулися за сумарного напрацювання [8]:

$$T = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n(t)}, \quad (1.1)$$

де  $t_i$  - напрацювання між  $i-1$  і  $i$ -м відмовами;

$n(t)$  - сумарна кількість відмов за час  $t$ .

Параметр потоку відмов показує число відмов об'єкта за спостережуваний інтервал часу.

За статистичними даними визначається за допомогою формули [8]:

$$\omega = \frac{n(t_2) - n(t_1)}{t_2 - t_1}, \quad (1.2)$$

де  $n(t_1)$  і  $n(t_2)$  - кількість відмов об'єкта, зафіксованих відповідно, після закінчення часу  $t_1$  і  $t_2$ .

Параметр потоку відмов є щільність ймовірності виникнення відмови відновлюваного об'єкта. Відмови об'єктів виникають в випадкові моменти часу і протягом заданого періоду експлуатації спостерігається потік відмов. Існує безліч математичних моделей потоків відмов. Найбільш часто при вирішенні задач надійності використовують найпростіший потік відмов - пуасонівський потік. Найпростіший потік відмов задовольняє одночасно трьома умовам: стаціонарності, ординарності, відсутності наслідків.

Досвід експлуатації показує, що відмови елементів відбуваються миттєво і якщо старіння елементів відсутнє ( $\lambda = \text{const}$ ), то потік відмов в системі можна вважати найпростішим.

Випадкові події, що утворюють найпростіший потік, розподілені за законом Пуасона [8]:

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_n(t) = \frac{(\gamma \cdot t)^n}{n} e^{-\lambda \cdot t}, \quad (1.3)$$

де  $P_n(t)$  - ймовірність виникнення протягом часу  $t$  рівно  $n$  подій (відмов);  
 $\lambda$  - параметр розподілу, що співпадає з параметром потоку подій.

Якщо у виразі (1.3) прийняти  $n = 0$ , то отримаємо  $P(t) = P^{-\lambda t}$  ймовірність безвідмовної роботи об'єкта за час  $t$  при інтенсивності відмов  $\lambda = \text{const}$ . Неважко довести, що якщо відновлюваний об'єкт при відсутності відновлення має характеристику  $\lambda = \text{const}$ , то, надаючи об'єкту відновлюваність, ми зобов'язані записати  $\omega(t) = \text{const}$ ;  $\lambda = \omega$ . Це властивість широко використовується в розрахунках надійності ремонтів пристроїв.

Показники довговічності.

Середній термін служби (математичне очікування терміну служби) для відновлюваного об'єкта представляє собою середню календарну тривалість експлуатації об'єкта від її початку або її відновлення після ремонту певного виду до переходу в граничний стан [8]:

$$t_c = \int_0^{\infty} t \cdot f_c(t) dt. \quad (1.4)$$

Середній ресурс являє собою середній наробіток об'єкта від початку експлуатації або його відновлення після попереджувального ремонту до настання граничного стану [8]:

$$t_p = \int_0^{\infty} t \cdot f_c(t) dt. \quad (1.5)$$

Оскільки середній і капітальний ремонт дозволяють частково або повністю відновити ресурс, то відлік напрацювання при обчисленні ресурсу відновлюють після закінчення такого ремонту, розрізняючи в зв'язку з цим такі тимчасові поняття ресурсу: повний ресурс, призначений ресурс (термін служби) об'єкта і залишковий ресурс (термін служби).

Повний ресурс відраховують від початку експлуатації об'єкта до його переходу в граничний стан, відповідно остаточного припинення експлуатації.

Призначений ресурс - сумарний наробіток, при досягненні якого експлуатація об'єкта має бути припинена незалежно від його технічного стану. Аналогічно визначаються поняття «призначений термін служби», «призначений

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

термін зберігання».

Після закінчення призначеного ресурсу (призначеного терміну служби, призначеного терміну зберігання) об'єкт повинен бути вилучений з експлуатації, і має бути прийнято рішення, передбачене відповідною нормативно-технічною документацією – напрямок в ремонт, списання, знищення, перевірка і встановлення нового призначеного терміну (ресурсу) і т.д.

Зазначені тимчасові поняття застосовуються по відношенню до об'єктів, граничні стани яких призводять до великих економічних втрат, загрожують безпеці людини або призводять до шкідливого впливу на навколишнє середовище.

Залишковий ресурс (залишковий термін служби) – сумарне напрацювання (календарна тривалість експлуатації) об'єкта від моменту контролю його технічного стану до переходу в граничний стан.

Співвідношення значень ресурсу і терміну служби залежить від інтенсивності використання об'єкта. Повний термін служби, як правило, включає тривалість всіх видів ремонту, тобто враховується календарний термін.

Для невідновлюваного об'єкта ресурс він являє собою середню тривалість роботи до відмови або до настання граничного стану. Практично ця величина збігається з середньою напрацюванням до відмови  $T_1$ .

Гамма-процентний ресурс, представляє доробок, протягом якого об'єкт не досягає граничного стану із заданою ймовірністю (чисельно рівний заданій величині  $u$  в відсотках) [8]:

$$\int_{t_{pc}}^{\infty} f_p(t) dt = \gamma. \quad (1.6)$$

Показники ремонтпридатності.

При якісному описі таких властивостей, які властиві лише відновлюваному об'єкту, час відновлення є випадковою величиною, що залежить від цілого ряду чинників: характеру виниклого відмови, пристосованості об'єкта до швидкого виявлення відмови, кваліфікації обслуговуючого персоналу, наявності технічних засобів, швидкості заміни елемента, що відмовив в об'єкті та ін.

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Час відновлення – це час, витрачений на виявлення, пошуку причини відмови і усунення наслідків відмови. Досвід показує, що в складних АТ 70-90% часу відновлення доводиться на пошук елемента, що відмовив.

Ймовірність відновлення – ймовірність того, що час відновлення об'єкта не перевищить заданий [8]:

$$P(t_B) = \int_0^{t_B} f_B(t) dt, \quad (1.7)$$

де  $f_B(t)$  - функція щільності ймовірності (згідно закону розподілу).

Графічна інтерпретація ймовірності відновлення приведена на рис. 1.4.

Рисунок 1.4 - Залежність ймовірності відновлення

Середній час відновлення – це математичне очікування часу відновлення працездатного стану об'єкта після відмови. З визначення випливає, що:

$$T_B = \int_0^{\infty} t \cdot f_B(t) dt. \quad (1.8)$$

Статистично даний показник визначається:

$$T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \tau_i, \quad (1.9)$$

де  $n$  - число відновлень, яке дорівнює кількості відмов;

$\tau_i$ , - час, витрачений на відновлення (виявлення, пошук і усунення відмови).

Інтенсивність відновлення – це відношення умовної щільності ймовірності відновлення працездатного стану об'єкта, визначеної для даного моменту часу за умови, що до цього моменту відновлення не було завершено, до тривалості цього інтервалу. Тобто:

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\mu(t_B) = \frac{f_B(t_B)}{1-P(t_B)}. \quad (1.10)$$

Статистична оцінка цього показника знаходиться як:

$$\bar{\mu}(t) = \frac{n_B(\Delta t)}{N_{HCP} \cdot \Delta t}, \quad (1.11)$$

де  $n_B(\Delta t)$  - кількість відновлень однотипних об'єктів за інтервал  $(\Delta t)$ ;

$N_{HCP}$  - середня кількість об'єктів, що знаходяться в непоновленому стані на інтервалі  $(\Delta t)$ .

В окремому випадку, коли інтенсивність відновлення постійна, тобто  $\omega(t) = \omega = \text{const}$ , ймовірність відновлення за заданий час  $t$  підпорядковується експоненціальним законом.

Цей окремих випадок має найбільше практичне значення, оскільки реальний закон розподілу часу відновлення більшості об'єктів (потік відновлень) близький до експоненціального. Використовуючи властивості цього розподілу, за пишемо дуже важливу залежність:

$$\mu = \frac{1}{T_B}. \quad (1.12)$$

Гамма-процентний час відновлення – це час, протягом якого відновлення працездатності об'єкта буде здійснено з ймовірністю  $u$ , вираженої в відсотках – час відновлення, що досягається об'єктом із заданою вірогідністю  $g$ , вираженою у відсотках:

$$\int_0^{t_{B\tau}} f_B(t) dt = \gamma. \quad (1.13)$$

Показники зберігання.

Гамма-процентний термін зберігання – термін зберігання, що досягається об'єктом із заданою вірогідністю  $u$ , виражених в відсотках [8]:

$$\int_{t_{cx}}^{\infty} f_{CX}(t) dt = \gamma, \quad (1.14)$$

де  $f_{CX}(t)$  - функція щільності розподілу випадкової величини  $T_{CX}$  - терміну зберігання об'єкта.

Середній термін зберігання – математичне очікування терміну зберігання:

$$t_{cx} = \int_0^{\infty} t \cdot f_{CX}(t) dt, \quad (1.15)$$

Призначений термін зберігання - термін зберігання, після досягнення якого

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зберігання об'єкта повинно бути припинено незалежно від його технічного стану.

Комплексні показники.

Коефіцієнт готовності - це ймовірність того, що об'єкт виявиться в працездатному стані в даний момент часу, крім запланованих періодів, протягом яких застосування об'єкта за призначенням не передбачається. Цей показник одночасно оцінює властивості працездатності і ремонтпридатності об'єкта,  $K_{Г\max} = 1$ .

Для одного об'єкта, що ремонтується коефіцієнт готовності [8]:

$$K_{Г} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n t_i + \sum_{i=1}^n \tau_i} \quad (1.16)$$

Для визначення коефіцієнта готовності необхідний досить тривалий календарний термін функціонування об'єкта.

Залежність коефіцієнта готовності від часу відновлення ускладнює оцінку надійності об'єкта, так як по  $K_{Г}$  не можна судити про час безперервної роботи до відмови.

Коефіцієнт оперативної готовності визначається як ймовірність того, що об'єкт виявиться в працездатному стані в довільний момент часу (крім планованих періодів, протягом яких застосування об'єкта за призначенням не передбачається) і, починаючи з цього моменту, буде працювати безвідмовно протягом заданого інтервалу часу.

З імовірнісного визначення випливає, що:

$$K_{ОГ} = K_{Г} \cdot P(t_p), \quad (1.17)$$

де  $K_{Г}$  - коефіцієнт готовності;

$P(t_p)$  - ймовірність безвідмовної роботи об'єкта протягом часу ( $t_p$ ), необхідного для безвідмовного використання за призначенням.

Коефіцієнт технічного використання дорівнює відношенню математичного очікування сумарного часу перебування об'єкта в працездатному стані за деякий період експлуатації до математичного сподівання сумарного часу перебування об'єкта в працездатному стані і простоїв, обумовлених технічним обслуговуванням і ремонтом за той же період експлуатації:

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{\Gamma} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n t_i + \sum_{i=1}^m \tau_i + \sum_{j=1}^k \tau_j} \quad (1.18)$$

де  $t_i$  - час збереження працездатності в  $i$ -м циклі функціонування об'єкта;  
 $\tau_i$  - час відновлення (ремонт) після  $i$ -ї відмови об'єкта;  
 $\tau_j$  - тривалість виконання  $j$ -ї профілактики, що вимагає виведення об'єкта з працюючого стану (використання за призначенням);  
 $n$  - число робочих циклів за розглянутий період експлуатації;  
 $m$  - число відмов (відновлень) за аналізований період;  
 $k$  - число профілактики, що вимагає відключення об'єкта в розглянутий період.

Як видно з виразу (18), коефіцієнт технічного використання характеризує частку часу перебування об'єкта в працездатному стані щодо загальної (календарної) тривалості експлуатації.

Отже,  $K_{ТИ}$  відрізняється від  $K_{\Gamma}$  тим, що при його визначенні враховується весь час вимушених простоїв, тоді як при визначенні  $K_{\Gamma}$  час простою, пов'язаний з проведенням профілактичних робіт, не враховується.

Сумарний час вимушеного простою об'єкта зазвичай включає час: на пошук і усунення відмови, на регулювання і налаштування об'єкта після усунення відмови, на простій через відсутність запасних частин, на профілактичні роботи.

Розглянуті методи оцінки показників надійності недостатньо враховують вплив терміну служби.

#### Висновки і постановка завдань досліджень

Автомобільний транспорт має для сільськогосподарської галузі найважливіше значення. В сучасних умовах частка транспортних витрат у собівартості валової сільськогосподарської продукції становить 20...40%, а в районах з бездоріжжям досягає 47% і більше. Транспортними роботами зайнято 20...25% працівників сільськогосподарського виробництва.

У свою чергу, виходячи з природно-кліматичних умов і виконуваних

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

завдань, найбільш доцільним є використання повнопривідної автомобільної техніки.

Парк автомобільного транспорту сільського господарства характеризується граничним фізичним і моральним зносом. Це зумовлює значне зниження основних показників зразків АТ, в першу чергу, показників надійності. Разом з тим, існуючий методичний апарат недостатньо враховує зміну показників безвідмовності в залежності від терміну служби.

Крім цього, зберігання більшості зразків АТ здійснюється в відкритому майданчику або в неопалюваному сховищі. Умови зберігання істотно впливають на показники безвідмовності. Сучасні методи прогнозування показників безвідмовності не приділяють цьому проблемному питанню достатньої уваги.

Таким чином, наукова задача досліджень полягає в розробці методу, основних положень методики і залежності показників безвідмовності зразків АТ, використовуваних в агропромисловому комплексі, на основі врахування впливу терміну служби і умов зберігання.

Виходячи з цього, були сформульовані основна мета і завдання дослідження.

Мета досліджень полягає в підвищенні надійності автомобільного транспорту, що використовується в сільському господарстві.

Основні завдання дослідження:

- розробка методу техніко-економічної оцінки безвідмовності зразків автомобільного транспорту;
- розробка методичних аспектів прогнозування безвідмовності зразків АТ;
- узагальнення результатів експериментальних досліджень з визначення показників безвідмовності зразків АТ;
- виявлення залежності показників безвідмовності зразків автомобільного транспорту від довговічності та умов зберігання;
- розробка та техніко-економічна оцінка практичних рекомендацій щодо підвищення рівня безвідмовності автомобільного транспорту.

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

### 2.1 Залежності впливу кліматичних факторів на показники безвідмовності зразків автомобільного транспорту

Визначимо чутливість показника безвідмовності до основних кліматичних факторів, що впливають на умови зберігання зразків АТ. До таких фактором слід віднести [9]:

- середньорічне число переходів температури через 0°C;
- сумарну середньорічну сонячну радіацію;
- середньорічну кількість опадів;
- концентрацію сірчистого ангідриду;
- час висихання фазової плівки;
- тривалість короткочасного зберігання.

Чутливість показника готовності до перших трьох факторів проілюстрована на рис. 2.1.

Рисунок 2.1 - Залежність зміни показника безвідмовності від відносної зміни основних факторів

З графіків рис. 2.1 видно, що еластичність показника безвідмовності по

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

середній кількості опадів і середньорічній сонячній радіації становить 0,045. Дещо менше рівень еластичності показника безвідмовності за кількістю переходів температури через 0°C – 0,0387.

Ступінь еластичності показника безвідмовності за концентрацією сірчистого ангідриду і часу висихання фазової плівки становить несуттєву величину і тому не враховується в подальших дослідженнях [10].

Чутливість показника безвідмовності до тривалості короткочасного зберігання представлена в якості залежностей зниження показника безвідмовності від терміну короткочасного безгаражного зберігання в різних кліматичних умовах.

Рисунок 2.2 - Залежність зниження показника безвідмовності від терміну короткочасного зберігання

Як видно з рис. 2.2, показник безвідмовності зразків АТ у всіх без винятку кліматичних районах характеризується високою чутливістю до терміну зберігання, починаючи з 2 місяця. Після цього терміну залежність зниження показника безвідмовності має вигляд статечної функції з постійно зростаючим темпом зниження. Через 6 місяців безгаражного зберігання зниження показника безвідмовності досягає від 11,2 до 13,77%.

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2 Залежності показників безвідмовності зразків автомобільного транспорту в стандартних умовах зберігання

За результатами експериментальних досліджень, що описані нижче, було визначено дві ключові залежності, що лежать в основі визначення показників безвідмовності:

- залежність напрацювання на відмову від терміну служби зразків АТ;
- залежність середньої тривалості усунення відмови від спорядженої маси зразків АТ.

Залежність напрацювання на відмову від терміну служби виглядає наступним чином [11]:

$$(H_{від})_i = (a + \log_{10} \tau_i^{-0,394}) \cdot (H_{від})_{поч}, \quad (2.1)$$

де  $(H_{від})_i$  – напрацювання на відмову зразка АТ  $i$ -го терміну служби, км;

$\tau_i$  – термін служби зразків зразка АТ;

$a$  – дослідний коефіцієнт;

$(H_{від})_{поч}$  – початкове напрацювання на відмову з 0-м терміном служби зразка АТ, км.

У графічній формі дана залежність зображена на рис. 2.3.

Рисунок 2.3 - Залежності напрацювання на відмову представницьких зразків АТ від терміну служби

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З наведеного рис. 2.3 видно, що залежності напрацювання на відмову від терміну служби для всіх представлених зразків АТ ідентичні. При терміні служби до 6 (8) років залежності мають виражену опуклість вниз. Далі, їх графіки відповідають прямим лініям, паралельним один одному. Це відображає на початку використання зразка АТ істотний стохастичний фактор, який пізніше втрачає вплив на напрацювання.

У свою чергу, залежність середньої тривалості усунення відмови від спорядженої маси автомобіля має наступний вигляд:

$$\overline{T}_B = 0,365 \cdot M_{спор}, \quad (2.2)$$

де  $\overline{T}_B$  – середня трудоемність усунення відмов, люд.год.;

$M_{спор}$  – споряджена маса зразка АТ, т.

Коефіцієнт кореляції середньої трудомісткості усунення відмов і спорядженої маси становить 0,918, що характеризує сильний зв'язок між цими величинами. Шукана залежність приведена на рис. 2.4.

Рисунок 2.4 - Залежність середньої тривалості усунення відмови від спорядженої маси автомобіля

Як впливає з рівняння (2.2) і рис. (2.4), залежність середньої тривалості має прямий вид, що дозволяє зробити висновок про детермінований характер взаємозв'язків, які обумовлюють цю залежність.

На базі розглянутих залежностей на рис. 2.5 і 2.6 приведені залежності

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відповідно до показників безвідмовності і простою від терміну служби.

Рисунок 2.5 - Залежність показника представлених зразків АТ від терміну служби

Рисунок 2.6 - Залежність показника простою представницьких зразків АТ від терміну служби

З даних, наведених на рис. 2.5, можна зробити наступні висновки:

1. Форми представлених графічних залежностей ідентичні залежностям напрацювання на відмову (рис. 2.3).

2. Якщо в якості критеріального значення показника безвідмовності прийняти 0,8, то термін всіх розглянутих представлених зразків АТ перевищує 20 років. Виняток становить тільки автомобіль КамАЗ-4310, раціональний термін служби якого становить 10 років. Якщо ж в якості критеріального значення прийняти 0,85, то тільки 9 автомобілів матимуть раціональний строк служби не

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

менше 20 років (УАЗ-469, УАЗ-3151, ГАЗ-66, ГАЗ-3308, ЗІЛ-131, ЗІЛ-131Н, ЗІЛ - 433420, Урал-4320 і Урал-4320-10). Термін служби інших зразків АТ значно менше 20 років: Урал-375Д – 11 років, КамАЗ-4310 – 2 роки, КамАЗ-4326 – 17 років, КамАЗ-43114 – 7 років, КрАЗ- 255 – 9 років, КрАЗ-260 – 11 років.

З аналізу графіків, представлених на рис. 2.6, можна зробити висновок про те, що найбільший знос має автомобіль КамАЗ-4310. Далі йдуть автомобілі КамАЗ-43114, КрАЗ-255, Урал-375Д і КрАЗ-260.

На підставі усереднення графіків, наведених на рис. 2.5, на рис. 2.7 приведена залежність середньої величини (математичне очікування) показника безвідмовності від терміну служби з довірчими межами. Довірчий інтервал є несиметричним. Це пов'язано з верхньою межею. Значення величин, що складають верхню межу, вище 1,0 не має сенсу.

Рисунок 2.7 - Залежність середньої величини показника безвідмовності від терміну служби

З рис. 2.7 видно, що ширина довірчого інтервалу є досить невеликою. Коефіцієнт варіації не перевищує 15%. Наведена залежність може бути замінена прямою лінією, що говорить про прямий зв'язок показника готовності і терміну служби зразків АТ. Рівняння для опису цієї залежності виглядає наступним чином:

$$\left( P_{б/от} \right)_{опер}^{стат} = 0,918 - 0,0036 \cdot \tau_i, \quad (2.3)$$

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

де  $(P_{б/от})_{опер}^{стац}$  – стаціонарний показник миттєвої готовності зразків АТ і-го терміну служби.

Наприкінці розглянемо вплив категорій умов експлуатації та тривалості використання зразків АТ за призначенням на показники безвідмовності [12].

Для оцінки впливу категорій умов експлуатації в якості типового прикладу на рис. 2.8 наведені залежності показника безвідмовності автомобіля УАЗ-3151 від терміну служби.

Рисунок 2.8 - Залежності показника безвідмовності від терміну служби для різних категорій експлуатації

З аналізу наведеного рисунку витікає, що показник безвідмовності зразків АТ в різних категоріях експлуатації змінюється незначно. Так, при малих термінах служби (від 0 до 5 років) значення показника готовності для 1 і 5 категорій умов експлуатації різняться менш, ніж на 3%. Зі збільшенням терміну служби зразка АТ дана різниця дещо зростає, але не перевищує 5%. Отже, мінливістю показника безвідмовності в залежності від категорій умов експлуатації можна знехтувати.

Для оцінки впливу тривалості використання зразків АТ за призначенням на рис. 2.9 наведені залежності показника безвідмовності від терміну служби для

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

двох граничних значень: 20 і 100 робочих змін. Нижня межа характеризує роботу зразка АТ протягом 1 місяця, а верхня межа – 5 місяців [13].

Рисунок 2.9 - Залежності показника безвідмовності від терміну служби зразків АТ при різній тривалості використання за призначенням

З наведеного рис. 2.9 слід зробити висновок про те, що впливом тривалості використання автомобіля за призначенням на показники безвідмовності можна знехтувати.

Таким чином, в даному розділі наведені результати дослідження основних залежностей показників безвідмовності від терміну служби зразків АТ.

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1 Основні положення методики проведення експериментальних досліджень АТ в стандартних умовах зберігання

Мета досліджень полягає в отриманні достовірних вихідних даних для розрахунку показників безвідмовності:

- напрацювання на відмову зразків АТ ( $T_0$ );
- час простою ( $T_B$ ).

Середнє напрацювання на відмову і середній час простою є ймовірними величинами, які характеризуються математичним сподіванням і середнім квадратичним відхиленням. Для оцінки цих величин буде використовуватися інтервальний метод оцінки, основними параметрами якого є довірна ймовірність і довірчий інтервал.

Математичне сподівання, і середньоквадратичне відхилення визначається за відомою формулою:

$$m_{T_0, T_B} = \frac{1}{N_{\text{обр}}} \cdot \sum_{i=1}^{N_{\text{обр}}} (T_0)_i, (T_B)_i, \quad (3.1)$$

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^{N_{\text{обр}}} \frac{(m_{T_0, T_B} - (T_0)_i, (T_B)_i)^2}{N_{\text{обр}}}}, \quad (3.2)$$

де  $m_{T_0, T_B}$  – математичне очікування величин відповідно напрацювання на відмову і питомої трудомісткості відмов;

$\sigma$  – середньоквадратичне відхилення;

$(T_0)_i$  – середнє напрацювання на відмову  $i$ -го зразка АТ, км;

$(T_B)_i$  – питомої трудомісткості усунення відмов  $i$ -го зразка АТ, люд.год.;

$N_{\text{обр}}$  – кількість зразків АТ, які зазнали випробувань.

Для інтервальної оцінки припустимо, отримані значення показників безвідмовності не дозволяють визначити характеристики генеральної сукупності. Іншими словами, експериментально певні значення представляють собою вибірккову сукупність.

Отже, генеральна дисперсія невідома. Тоді стандартне теоретичне

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відхилення замінимо на стандартне емпіричне відхилення (розподіл Стьюдента), тобто:

$$\sigma \Rightarrow S, \quad (3.3)$$

де  $S$  – стандартне емпіричне відхилення.

В результаті, довірчий інтервал визначається наступним чином:

$$m_{T_o, T_B} - t_i(P; N_{обр} - 1) \cdot \frac{S}{\sqrt{N_{обр}}} < m_{T_o, T_B} < m_{T_o, T_B} + t_i(P; N_{обр} - 1) \cdot \frac{S}{\sqrt{N_{обр}}}, \quad (3.4)$$

де  $t_i(P; N_{обр} - 1)$  – коефіцієнт Стьюдента.

Як наслідок, точність визначення показників безвідмовності розраховувалася таким чином:

$$\theta = 1 - \sigma, \quad (3.5)$$

де  $\theta$  – відносна точність визначення показників безвідмовності;

$\sigma$  – відносна помилка визначення показників безвідмовності.

У свою чергу, відносна помилка визначається як відношення довірчого інтервалу до математичного сподівання оцінюваної величини:

$$\sigma = \frac{2 \cdot t_i(P; N_{обр} - 1)}{m_{T_o, T_B}}. \quad (3.6)$$

Простій зразок АТ включає два показники:

- середня тривалість усунення відмови;
- питома трудомісткість поточного ремонту.

Питома трудомісткість поточного ремонту на відміну від середньої тривалості усунення відмови кількість залучених робітників.

Тоді, питома трудомісткість поточного ремонту пов'язана із середньою тривалістю усунення відмови:

$$\overline{T_B} = \frac{1}{T_o} \cdot T_B \cdot N_{рем}, \quad (3.7)$$

де  $\overline{T_B}$  – питома трудоємність поточного ремонту, люд.год/1000 км;

$T_B$  – середня тривалість усунення відмови, люд.год.;

$N_{рем}$  – кількість ремонтників, які залучені до усунення відмови, люд.

Значення показників напрацювання на відмову, середньої тривалості усунення відмов і питомої трудомісткості диференціюються за п'ятьма категоріями експлуатації (1, 2, 3, 4 і 5).

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При цьому всі значення спочатку приводяться до 1 категорії експлуатації. Далі, вони перераховуються по інших чотирьох категоріях експлуатації (з 2 по 5):

$$(T_0)_j = (T_0)_i \cdot K_j \quad (3.8)$$

$$(T_B)_j = (T_B)_i \cdot R_j, \quad (3.9)$$

$$(\overline{T_B})_j = (\overline{T_B})_i \cdot R_j, \quad (3.10)$$

де  $(T_0)_j, (T_0)_i$  – значення напрацювання на відмову відповідно для j-й і i-й категорії експлуатації, км.;

$(T_B)_j, (T_B)_i$  – значення середньої тривалості усунення відмов відповідно для j-й і i-й категорії експлуатації, люд.год.;

$(\overline{T_B})_j, (\overline{T_B})_i$  – значення питомої трудоемності поточного ремонту відповідно для j-й і i-й категорії експлуатації, люд.год.;

$K_j, R_j$  – переводні коефіцієнти відповідно напрацювання на відмову і питомої трудомісткості відмов для 2, 3, 4 і 5 категорій експлуатації.

Перекладні коефіцієнти встановлені за даними [13]. Їх значення наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Значення перекладних коефіцієнтів

Категорії умов експлуатації	Значення перекладних коефіцієнтів	
	Напрацювання на відмову	Середня тривалість усунення відмов, питома трудомісткість поточного ремонту
1	1,0	1,0
2	0,8	1,1
3	0,6	1,2
4	0,4	1,4
5	0,25	1,5

Крім цього, середнє напрацювання на відмову визначалася в двох варіантах:

- протягом гарантійного пробігу;
- протягом післягарантійного пробігу (до капітального ремонту).

Для визначення показників простою використовувалися ті ж зразки АТ, що і для визначення показників безвідмовності.

Всього було досліджено 15 марок найбільш поширених автомобілів (УАЗ-469, УАЗ-3151, ГАЗ-66, ГАЗ-3308, ЗіЛ-131, ЗіЛ-131Н, ЗіЛ-433420, Урал-375Д, Урал-4320, Урал-4320-10, КамАЗ-4310, КамАЗ-4326, КамАЗ-43114, КраЗ-255Б, КраЗ-260). Загальна кількість досліджених зразків склало близько 80 од.

### 3.2 Основні положення методики проведення експериментальних досліджень під впливом кліматичних факторів

Кількість машин, що містяться на зберіганні в однакових умовах, які підлягають обстеженню визначалося при плануванні експерименту згідно ГОСТ 27.502. Для плану (при розподілі Вейбула (експоненційному) прийнявши відносну помилку рівну 0,2, довірчу ймовірність – 0,8, передбачуваний коефіцієнт варіації – 0,4) кількість обстежених машин повинно бути не менше 5 од.

Всього обстежено 70 машин. Характеристика обстежених машин і його результати наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Кількісна характеристика зібраної інформації

Марка	Кількість машин, шт.	Середній термін зберігання	Місце зберігання	Середня кількість, шт.	
				відмови	ушкодження
КамАЗ-4310	10	14,8	ОП	2,2	34,8
ЗіЛ-131	10	14,0	ОП	1,6	29,4
МТ-ЛБ	7	25,4	ОП	3,5	25,7
ЗіЛ-131	10	19,5	ОП	4,1	18,2
Урал-4320	10	19,0	ОП	1,5	19,2
ГАЗ-66	10	16,8	ОП	6,7	20,6
КамАЗ-4310	5	17,9	ОП	5,4	3,6
КрАЗ-260	5	18,0	НХ	3,1	11,7
КрАЗ-260В	10	12,5	ОП	5,4	3,8
Урал-4320	7	18,5	ОП	2,4	4,8
УАЗ-3151	10	17,4	ОП	2,5	9,4
ГАЗ-66	10	21,6	ОП	4,5	10,7
ГАЗ-66	10	20,7	ОП	2,0	9,7
ЗіЛ-131	10	25,6	ОП	3,7	17,9
КрАЗ-255Б	5	16,0	ОП	2,6	14,3
КамАЗ-43106	5	16,3	ОП	7,2	8,1
ЗіЛ-131	5	19,1	ОП	1,4	2,6
ГАЗ-66	5	17,0	ОП, навіс	1,8	6,0
Урал-4320	5	16,7	НХ	4,0	3,8
КрАЗ-255Б	5	16,4	ОП	1,4	2,4
ЗіЛ-131	6	13,0	ОП	1,6	6,5
КамАЗ-43101	5	13,0	ОП	1,7	5,0
КрАЗ255-Б	5	19,0	ОП	2,7	3,1

У відповідності до методики досліджень [14-16] параметр потоку відмов визначався за результатами контрольних оглядів, пуску двигуна і перевірки машин

пробігом на відстань 50 км (для ГМ – 25 км). За наявного досвіду аналогічних досліджень величина контрольного пробігу 50 км є достатньою для прояву відмов, обумовлених впливом навколишнього середовища в період зберігання, з імовірністю не нижче 0,9. При відмовах проводилася їх диференціація з причин виникнення, і в залік приймалися тільки ті з них, які обумовлені умовами зберігання.

При експлуатаційних спостереженнях, як правило, виникає ситуація, коли до моменту аналізу частина машин має відмови, а інша частина ще працездатна.

У цьому випадку результати спостережень є вибіркою з  $N$  машин, в якій  $r$  машин відмовило, а решта  $(N-r)$  машини працездатні (надалі будемо називати їх припиненими) і вони мають різні терміни зберігання.

Для оцінки безвідмовності використовуємо метод [13], що дозволяє врахувати всю наявну інформацію. Його ідея полягає у визначенні дійсної ваги відмови, що є змінною величиною, так як у вибірці з відмовивших і призупинених машин порядковий номер  $i$ -тої відмови залежить не тільки від числа попередніх відмов, але і від числа всіх обстежених машин.

Таким чином, узагальнена інформація за показниками безвідмовності 50 од. техніки, за середній термін зберігання 17 років.

Отримані дані були використані для встановлення залежностей показників безвідмовності від різних кліматичних факторів, розробці математичної моделі прогнозування безвідмовності АТ при зберіганні в різних кліматичних зонах України.

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

### 4.1 Результати експериментальних досліджень в залежності від впливу кліматичних факторів

На основі проведеного попарного регресійного аналізу виявлено характер залежності фактору і порядок невідомих параметрів у випадку експоненціальної залежності. Результати розрахунків зведені в таблицю 4.1. На основі попарної регресії з першої групи найбільш корелятивною з  $D_x$  є середньорічна кількість опадів  $d_{оп}$ . За характером залежності, як видно з порівняння  $R_1 = 0,541$  і  $R_2 = 0,447$ , більше підходить пряма залежність. Отже, з першої групи в якості незалежного фактору вибираємо  $d_{оп}$ , з лінійним впливом на  $D_x$ . З другої групи найбільш значущим (задовольняє нашим вимогам) є  $f_0$ .

З 3 групи вибираємо концентрацію сірчистого ангідриду. У джерелі [17] приведено вислів, що враховує вплив будь-якого виду забруднення (в нашому випадку концентрація в повітрі сірчистого ангідриду) на корозійний ефект КЕ металів:

Таблиця 4.1 – Результати попарного регресійного аналізу

Група змінних	Умовне значення	Вид залежності	Коефіцієнт кореляції	Обчислене значення $t$	Обчислене значення $F$
I	$d_{оп}$	Лінійна	0,541	1,104	1,2
		Параболічна	0,447	0,951	0,9
	$t_{ос}$	Лінійна	0,013	3,910	15,2
		Параболічна	0,130	3,737	13,3
	$\varphi_b$	Лінійна	0,037	4,123	17,2
		Параболічна	0,056	3,663	13,4
II	$d_{сл}$	Лінійна	0,606	2,100	1,7
		Параболічна	0,606	2,031	4,01
	$\tau_{max}$	Лінійна	0,006	0,591	0,3
		Параболічна	0,020	0,791	0,6
	$\tau_{cp}$	Лінійна	0,117	3,087	9,5
		Параболічна	0,117	3,081	9,4
	$\tau_{min}$	Лінійна	0,264	2,594	6,5
		Параболічна	0,263	2,692	7,3
III	$\delta_{so2}$	Лінійна	0,472	2,150	4,3
		Параболічна	0,440	2,117	4,4
	$\delta_{сл}$	Лінійна	0,083	5,053	25,3
		Параболічна	0,084	4,326	18,3
IV	$f_0$	Лінійна	0,435	1,866	3,3
		Параболічна	0,344	2,052	4,2
	$f_p$	Лінійна	0,007	1,866	3,3
		Параболічна	0,180	2,052	4,2

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$KE = a \cdot \tau \cdot C, \quad (4.1)$$

де  $a$  – коефіцієнт, який характеризує вплив забруднень;

$\tau$  – кількість годин протягом року без опадів за вирахуванням годин з відносною вологістю більше 80%;

$C$  – концентрація забруднення атмосфери сірчистим ангідридом.

Тому природно включити  $KE$  в основну формулу для обчислення в лінійному вигляді.

Розрахунки коефіцієнтів кореляції для четвертої групи, показують про перевагу впливу  $d_{сл}$ .

Визначення тісноти зв'язку між виділеними кліматичними факторами.

Парний коефіцієнт кореляції є мірою лінійної залежності між двома змінними на тлі дії інших, розглянутих в аналізі.

Розрахунок парних коефіцієнтів кореляції проводився за формулою:

$$r_{yx} = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{S_x \cdot S_y}, \quad (4.2)$$

де  $\overline{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i y_i$ ;

$S_x$  – середнє квадратичне відхилення по признаку  $x$ ;

$S_y$  – середнє квадратичне відхилення по признаку  $y$ .

Результати розрахунків парних коефіцієнтів кореляції представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Матриця парних коефіцієнтів кореляції по величинам

	$D_0$	$d_{сл}$	$d_{ос}$	$f_0$	$KE$
$D_0$	<b>1,00</b>	0,57	0,41	0,41	-0,73
$d_{он}$	0,57	<b>1,00</b>	0,39	0,73	-0,78
$d_{сл}$	0,41	0,39	<b>1,00</b>	0,61	-0,66
$f_0$	0,41	0,73	0,61	<b>1,00</b>	-0,74
$KE$	-0,73	-0,78	-0,66	-0,74	<b>1,00</b>

Значимість парних коефіцієнтів перевірялася за допомогою  $t$ -критерію Стьюдента. Спостережуване значення критерію знаходилося за формулою:

$$t_{наб} = -\frac{r}{\sqrt{1-r^2}}\sqrt{-2}. \quad (4.3)$$

Потім проводилося порівняння обчисленого значення з табличним значенням  $t$  -критерію Стюдента. Результати розрахунків показали, що гіпотеза про значущість коефіцієнтів парної кореляції не відкидається [18]. Результати перевірки значущості парних коефіцієнтів кореляції при рівні  $p < 0,05$  представлені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Результати перевірки значущості парних коефіцієнтів

	$D_0$	$d_{oc}$	$d_{cl}$	$f_0$	$KE$
$D_0$	-	$p=,612$	$p=,215$	$p=,176$	$p=,950$
$d_{oc}$	$p=,612$	-	$p=,364$	$p=,496$	$p=,666$
$d_{cl}$	$p=,215$	$p=,364$	-	$p=,608$	$p=,000$
$f_0$	$p=,176$	$p=,496$	$p=,608$	-	$p=,488$
$KE$	$p=,950$	$p=,666$	$p=,000$	$p=,488$	-

Частковий коефіцієнт кореляції характеризує тісноту лінійної залежності між двома змінними при виключенні впливу всіх інших показників, що входять в модель.

Розрахунок приватних коефіцієнтів кореляції проводився за формулою:

$$r_{x_1 x_2 | x_3 x_4 \dots x_p} = \frac{r_{x_1 x_2 | x_3 \dots x_{p-1}} - r_{x_1 x_p | x_3 \dots x_{p-1}} \cdot r_{x_2 x_p | x_3 \dots x_{p-1}}}{\sqrt{(1-r_{r_1 | r_p | r_3 r_4 \dots r_{p-1}}^2) \sqrt{(1-r_{r_2 r_p | r_3 r_4 \dots r_{p-1}}^2)}}. \quad (4.4)$$

Результати розрахунку окремих коефіцієнтів кореляції між залежною змінною  $D$  і відповідної незалежності представлені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Приватні коефіцієнти кореляції по величинам

	Бета (B)	Окремий коефіцієнт кореляції	Окремий кор.	Толерантність	Коефіцієнт детермінації	Розрахункове значення $t$ -критерію	Імовірність відхилення гіпотези про значимість окремого коефіцієнта кореляції
$d_{on}$	-0,346863	-0,555200	-0,271547	0,612879	0,387121	-2,75231	0,013602
$d_{cl}$	-0,458977	-0,458977	-0,210151	0,362531	0,637469	-2,13002	0,048076
$f_0$	-0,458519	-0,458519	-0,209885	0,562203	0,437797	-2,12732	0,048329
$KE$	-0,233423	-0,233423	-0,097652	0,333616	0,666384	-2,28977	0,036166

Значимість коефіцієнтів часткової кореляції визначалася з використанням наступної нерівності [19]:

$$t_{\hat{r}} = \frac{|\hat{r}|}{S_{\hat{r}}} > t_{\beta;n-3}, \quad (4.5)$$

де  $t_{\beta;n-3}$  – квантиль розподілу Стюдента при довірчій ймовірності  $\beta$  і числі ступенів свободи  $n - 3$ , рівний 1,6814;

$S_{\hat{r}}$  – середнє квадратичне відхилення коефіцієнтів кореляції, які визначається за формулою:  $S_{\hat{r}} = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-3}}$ .

Аналіз даних таблиці 4.4 підтверджує, що гіпотеза про значимість окремих коефіцієнтів кореляції не відкидається.

Побудова регресійної залежності.

З використанням програми STATISTICA 6.0 [14] були отримані наступні рівняння регресії:

$$D_x = 24,66313 - 0,00514 \cdot d_{on} - 0,0015 \cdot d_{cl} - 0,0888 \cdot f_0 - 0,0015 \cdot \mu \cdot \delta_{SO_2}. \quad (4.6)$$

У даній моделі прийняті наступні обмеження:

- середньорічна кількість опадів ( $d_{on}$ ) від 0 до 1800 мм;
- сумарна середньорічна сонячна радіація ( $d_{cl}$ ) від 0 до 6250 МДж/м<sup>2</sup>;
- середньорічне число переходів через 0°C ( $f_0$ ) від 9 до 90 разів;
- час висихання фазової плівки вологи ( $\mu$ ) від 1850 до 7250 год;
- середньорічна концентрація в повітрі сірчистого ангідриду ( $\delta_{SO_2}$ ) від 0,005 до 0,4 мг/м<sup>3</sup> на добу.

Виходячи з цього, рівняння має наступні характеристики:

- множинний коефіцієнт кореляції: 0,91352092;
- множинний коефіцієнт детермінації  $R^2$ : 0,83452048;
- незміщена оцінка коефіцієнта детермінації: 0,79558412;
- ймовірність відхилення гіпотези про значимість множинного коефіцієнта детермінації  $p$ : 0,000002;
- обчислене значення F-критерію: 21,43294;
- число ступенів свободи: 4,17;
- стандартна помилка оцінки: 1,329569490;

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- вільний член: 22,663125981;

- стандартна помилка:  $2,956055 \cdot t(17) = 7,6667$   $p < 0,0000$ .

Результати аналізу рівняння представлені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Дисперсійний аналіз рівняння

	Сума квадратів	Ст. свободи	Середній квадрат	F-критерій	p-рівень
Регресія	151,5527	4	37,88818	21,43294	0,00000
Залишки	30,0518	17	1,76779	-	-
Всього	181,6046	-	-	-	-

Таким чином, наведене рівняння дозволяє прогнозувати вплив кліматичних факторів на безвідмовність АТ з прийнятною точністю.

Аналіз залишків.

Залишки представляють собою відхилення спостережуваних значень від вирівняних на основі регресійної моделі. Якщо модель адекватна отриманим даними, то в ряду залишків відсутня систематична складова (ряд не має закономірності, його елементи випадкові), послідовні залишки незалежні між собою, мають нормальний закон розподілу з нульовим математичним очікуванням і постійною дисперсією.

Середнє значення графі «залишок» дорівнює 0, це говорить про правильність побудованої регресійної моделі. Аналіз графі «віддалені залишки» показує, що вони не дуже відрізняються від стандартизованого значення залишків. Аналіз останньої графі показує, що всі відстані Кука мають приблизно однакову величину. З цього випливає, що викидів у вибірці немає.

Перевірка умови незалежності залишків між собою проводилася за допомогою критерію Дарбіна-Уотсона [20], результати якої представлені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Статистика Дарбіна-Уотсона

	Статистика Дарбіна-Уотсона	Серійна кореляція
Оцінка	2,231881	-0,116442

Коефіцієнт змінюється від 0 до 4, близькість до крайніх значень говорить про погану якість моделі. У нашому випадку він дорівнює 2,231881, що дозволяє судити про побудовану модель, як про адекватну. Аналіз графіка залишків на нормальному імовірнісному папері (рис. 4.1) показує, що залишки розподілені нормально, тобто модель адекватна даним.

Рисунок 4.1 - Графік залишків

Перевірка гіпотези про адекватність отриманого рівняння регресії.

Для перевірки умови про адекватність використовувався наступний вираз:

$$F = \frac{S_{\Pi}^2(G)}{S_{\text{зал}}^2(G)} > F_{\alpha}(f_{\Pi} \cdot f_{\text{зал}}), \quad (4.7)$$

де  $F$  – розрахункове значення критерія Фішера;

$S_{\Pi}^2(G)$  – повна дисперсія (середній квадрат) перемінної  $G$ ;

$S_{\text{зал}}^2(G)$  – залишкова дисперсія (середній квадрат), яка характеризує неадекватність моделі і помилку експерименту;

$F_{\alpha}(f_{\Pi} \cdot f_{\text{зал}})$  – табличне значення критерію Фішера при заданому рівні значимості  $\alpha$  і при ступенях свободи які відповідають повній і залишковій дисперсії перемінної  $D_x$ .

$$F = \frac{37,88818}{1,76776} = 21,43294 > F_{0,05}(4,17) = 2,37. \quad (4.8)$$

Гіпотеза про адекватність моделі з отриманими даними не відкидається з ймовірністю  $p=0,95$ .

Статистична оцінка коефіцієнтів рівняння регресії.

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для перевірки значимості окремих коефіцієнтів регресії використовувався t-критерій Стьюдента [21], спостережуване значення якого знаходилося за формулою:

$$t_{\text{набл}} = (b_j) = \frac{b_j}{S_{b_j}}, \quad (4.9)$$

Знаменник містить дисперсію відповідного коефіцієнта регресії, значення якої знаходиться на головній діагоналі коваріаційної матриці (таблиця 4.7).

Таблиця 4.7 – Коваріаційна матриця

	$d_{oc}$	$d_{cl}$	$f_0$	$KE$
$d_{oc}$	<b>0,000003</b>	-0,000001	-0,000023	0,000000
$d_{cl}$	-0,000001	<b>0,000000</b>	0,000007	-0,000001
$f_0$	-0,000023	0,000007	<b>0,001740</b>	-0,000034
$KE$	0,000000	-0,000001	-0,000034	<b>0,000002</b>

Отримані результати представлені в таблиці 4.8.

Аналіз таблиці показує що, гіпотеза про значущість коефіцієнтів регресії не відкидається з імовірністю 0,95.

Таблиця 4.8 – Результати обчислень коефіцієнтів регресії

	Стандартизовані оцінки коефіцієнтів регресії	Сер.кв. відхилення стандартизованих коефіцієнтів регресії	Нестандартизований коефіцієнт регресії	Сер.кв. відхилення нестандартизованих коеф. регресії	t-критерій Стьюдента	Імовірність прийняття помилкового рішення
Вільний член			22,66313	2,956055	7,66668	0,000001
$\tau_{cp}$	-0,346863	0,126026	-0,00506	0,001839	-2,75231	0,013602
$\phi$	-0,349026	0,163861	-0,00149	0,00070	-2,13002	0,04807
$f_p$	-0,279921	0,131583	-0,08875	0,041718	-2,12732	0,048329
$KE$	-0,169067	0,170814	-0,00150	0,001519	-2,28977	0,036166

Таким чином, проведені оцінки моделі дозволяють прийняти її для прогнозування безвідмовності зразків АТ.

## 4.2 Результати експериментальних досліджень зразків АТ в стандартних умовах зберігання

Результати визначення значень напрацювання на відмову представницьких зразків АТ наведені в табл. А.1 Додатку А. В даній таблиці відображені основні

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

характеристики оцінюваних показників.

З даних, наведених у табл. А.1 Додатку А, видно, що прийнятна точність (74-88%) забезпечується при надійності оцінки (довірчої ймовірності) 80%. При надійності оцінки 90%, точність попадання фактичної величини напрацювання на відмову в довірчий інтервал становить всього (60-82%). Таким чином, для подальших розрахунків виберемо довірчий інтервал з 80% надійністю оцінки.

У свою чергу, при визначенні нормативного значення напрацювання на відмову зразків АТ доцільно застосувати концепцію песимізму. Це забезпечить мінімізацію ризиків, пов'язаних із заниженням величини напрацювання на відмову при плануванні заходів щодо підвищення показників безвідмовності зразків АТ. Отже, в якості нормативного значення показника напрацювання на відмову приймаємо нижню межу довірчого інтервалу.

Визначення значень напрацювання на відмову в інших категоріях експлуатації здійснено розрахунковим методом відповідно до рівняннями (4.5) та (4.7). Результати розрахунків напрацювання на відмову представницьких зразків АТ для всіх категорій експлуатації наведені в табл. А.2 Додатку А.

Аналогічно показнику «напрацювання на відмову», в табл. А.3 Додатку А приведена характеристика показника «середня тривалість усунення відмови». Як випливає з наведених даних, також як і в попередньому випадку, з точки зору точності найбільш обґрунтованим є вибір рівня надійності - 80%. При цьому забезпечується достатня точність (10-22%). Для подальших досліджень з довірчого інтервалу виберемо значення, складову його верхньої межі. Результати розрахунків середньої тривалості усунення відмови представницьких зразків АТ для всіх категорій експлуатації наведені в табл. А.4 Додатку А.

Значення середньої питомої трудомісткості усунення відмов, що припадають на 1000 км, визначаються таким же методом, як і середній наробіток на відмову і середню тривалість усунення відмови. Результати експериментальних даних наведені в таблиці табл. А.5 Додатку А.

На підставі даних табл. А.5 Додатку А, в табл. А.6 Додатку А наведені прийняті для подальших досліджень значення питомої трудомісткості усунення відмови представницьких зразків АТ в різних категоріях умов експлуатації.

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

## Висновки за результатами експериментальних досліджень

Узагальнення результатів експериментальних досліджень з визначення показників безвідмовності зразків автомобільного транспорту проводилися в два етапи.

На першому етапі визначалися вихідні дані для визначення показників безвідмовності в стандартних умовах. Мета полягала в отриманні достовірних вихідних даних для розрахунку показників безвідмовності:

- середнє напрацювання на відмову;
- середня тривалість усунення відмови;
- питома трудомісткість поточного ремонту.

Дані показника визначалися, як імовірнісні величини, які характеризуються математичним очікуванням і середнім квадратичним відхиленням. Для оцінки цих величин використаний інтервальний метод оцінки. Довірча ймовірність склала 80%. Всього було досліджено 15 марок найбільш поширених автомобілів (УАЗ-469, УАЗ-3151, ГАЗ-66, ГАЗ-3308, ЗіЛ-131, ЗіЛ-131Н, ЗіЛ-433420, Урал-375Д, Урал-4320, Урал-4320-10, КамАЗ-4310, КамАЗ-4326, КамАЗ-43114, КраЗ-255Б, КраЗ-260). Загальна кількість досліджених зразків склала близько 180 од.

На другому етапі експериментальні дослідження здійснювалися з метою побудови регресійної моделі визначення умовного терміну зберігання зразків АТ.

Регресійна модель дозволила визначити п'ять основних факторів навколишнього середовища, що роблять найбільший вплив на показники безвідмовності:

- середньорічна кількість опадів ( $d_{on}$ ) від 0 до 1800 мм;
- сумарна середньорічна сонячна радіація ( $d_{cl}$ ) від 0 до 6250 МДж/м<sup>2</sup>;
- середньорічне число переходів через 0°C ( $f_0$ ) від 9 до 90 разів;
- час висихання фазової плівки вологи ( $\mu$ ) від 1850 до 7250 год;
- середньорічна концентрація в повітрі сірчистого ангідриду ( $\delta_{SO_2}$ ) від 0,005 до 0,4 мг/м<sup>3</sup> на добу.

Гіпотеза про адекватність моделі з отриманими даними не відкидається з імовірністю  $p=0,95$ , що дозволяє використовувати її для прогнозування показника безвідмовності.

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

## 5 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

### 5.1 Екологічна експертиза

Екологічна експертиза являє собою врегульовану нормами діяльність експертів по аналізу, перевірці і оцінці документації об'єктів і рішень, на їх відповідність правилам і вимогам охорони навколишнього середовища і раціонального природокористування в цілях попередження можливих негативних наслідків для навколишнього середовища.

Цілі екологічної експертизи [22]:

- забезпечення наукового визначення відповідності проектних рішень сучасним екологічним вимогам перед їх затвердженням в компетентних державних органах;

- попередження можливого негативного втручання на екосистему функціонуючих і проектних об'єктів в процесі її реалізації.

Екологічна експертиза буває державною, громадською, а також інших видів. Вона є обов'язковою умовою законодавчої роботи господарства і іншої діяльності, яка впливає на стан навколишнього середовища. В останні роки відбуваються негативні зміни навколишнього середовища, тому у 1991 році 25 червня був прийнятий Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», а 9 лютого 1995 року був прийнятий Закон України «Про екологічну експертизу». Зазначені закони визначає правові, екологічні і соціальні основи організації охорони навколишнього середовища, вимоги до проведення екологічної експертизи [23].

Громадська екологічна експертиза може здійснюватися в будь-якій сфері діяльності, що потребує екологічного обґрунтування, за ініціативою громадських організацій чи інших громадських формувань. Громадська екологічна експертиза може здійснюватися одночасно з державною екологічною експертизою шляхом створення на добровільних засадах тимчасових або постійних еколого-експертних колективів громадських організацій чи інших громадських формувань.

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Еколого-експертний процес складається з трьох основних етапів [22]:

- підготовчого, або перевірки необхідних даних, представлених проектних матеріалів і їх відповідності до законодавства;

- основного, або аналітичної обробки даних по об'єктах експертизи;

- заключного, або підведення результату і оцінці даних і складання акта.

Екологія в сільськогосподарському виробництві займає чинне місце, оскільки здійснюється суттєвий вплив на оточуюче середовище, особливо в наш час і з розвитком нових технологічних процесів, що впроваджуються у виробництво, застосуванням модернізованої техніки в Україні.

Спрямована екологічна експертиза на підготовку висновків про відповідність запланованої чи здійснюваної діяльності нормам та вимогам законодавства про охорону навколишнього природного середовища, раціонального використання і відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки.

Завдання екологічної експертизи полягають у регулюванні суспільних відносин в галузі екологічної експертизи для забезпечення екологічної безпеки, охорони навколишнього середовища, раціонального використання та відтворення природних ресурсів, захисту екологічних прав та інтересів громадян держави.

Мета екологічної експертизи – запобігання негативному впливу антропогенної діяльності на природне середовище та здоров'я людей, а також оцінка ступеня екологічної безпеки господарської діяльності та екологічної ситуації на окремих територіях та об'єктах.

Вимоги до проведення екологічної експертизи такі [22]:

1. Дотримання пріоритету права суспільства на сприятливе екологічне середовище.

2. Гармонійне поєднання екологічних та економічних інтересів.

3. Екологічна сутність об'єктів з вимогами охорони довкілля.

4. Комплексна еколого-економічна оцінка існуючого чи передбачуваного впливу на навколишнє середовище.

5. Альтернативні варіанти зменшення негативних впливів об'єктів експертизи на оточуюче середовище.

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Суворе дотримання законодавства та державних норм природокористування.

Порядок проведення екологічної експертизи включає:

1. Перевірку наявності та повноти матеріалів та реквізитів на об'єкти екологічної експертизи.

2. Аналітичне опрацювання матеріалів екологічної експертизи.

3. Узагальнення окремих експертних досліджень та наслідків діяльності об'єктів експертизи.

4. Підготовку висновків.

Технологія сільськогосподарського виробництва має базуватися на екологічно-обґрунтованих раціональних нормах.

Відповідно до теми роботи об'єктом забруднення навколишнього середовища є автомобільний транспорт. Тому, в ньому проводиться комплекс заходів по захисту довкілля від негативного впливу транспорту.

Діяльність АТ в тому числі і території де знаходиться він, а особливо ПММ, впливає на стан оточуючого середовища, тому ми пропонуємо деякі заходи по попередженню забруднення навколишнього середовища.

На території де знаходиться АТ джерелом виходу забруднюючих речовин в атмосферу є обладнання, яке встановлене на ній: майстерні, цистерни та склади для зберігання ПММ, заправні колонки.

Згідно ГОСТ 12.1.005-76 система безпеки стандартів праці «Повітря робочої зони. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги», в якому регламентується допустимий вміст шкідливих речовин в перерахованих джерелах: сірчаний ангідрид – 10мг/м, оксид вуглецю – 20 мг/м, двооксид азоту – 5 мг/м, тверді речовини – 1 мг/м.

В зв'язку з цим для забезпечення чистоти повітря, крім діючої вентиляції у приміщеннях, пропонуємо встановити пристрій для очищення повітря від забруднюючих речовин. Для видалення пилу пропонуємо до загальної системи вентиляції додати циліндричний циклон ЦН-15, який очищує повітря.

Пропонуємо застосовувати місцеву вентиляцію з очищенням повітря у

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сопловому вихровому пиловловлювачі. Він добре очищає повітря від дрібнодисперсних частинок, розміром менше 3 мкм. Джерелом забруднення ґрунту і ґрунтових вод є ПММ, заправне обладнання, санвузол, так на них проводяться викиди забруднюючих рідин у каналізацію.

Стічні води підлягають взаємній нейтралізації шляхом змішування їх у фільтрі відстійнику, а потім пропусканню їх крізь розчин вапна, де вони повністю нейтралізуються і направляються в живильний басейн для можливого повторного їх використання. Стічні води містять консистентні мастила, дизпаливо, етиленгліколь, луги та інші речовини. Вони мають РН = 9-10,5, хімічний кисень в межах 9-15 г/л і 10-16г/л емульсійних масел. Ці стічні води направляються в загальний колектор, а потім очищатися на двох установках. Стічні води з санвузлів направляються у спеціальні фільтри – відстійники, де вони підлягають хлоруванню. Відпрацьовані технічні рідини та мастила, відстої дизельного пального зливають окремо в спеціальні герметичні ємності, в яких вони відстоюються на протязі двох місяців. Потім зливають в автоцистерну і транспортують на пункт збирання відпрацьованих мастил і технічних рідин нафтобази.

Отже, дані заходи забезпечать мінімальний вплив на екологічну систему при обслуговуванні автомобільного транспорту.

## **5.2 Охорона праці**

### **5.2.1 Актуальність проблеми безпеки людини у виробничому середовищі**

Охорона праці в нашій країні охоплює заходи по подальшому покращенню умов праці на основі механізації важких і шкідливих виробничих процесів, широкому впровадженню сучасних засобів охорони праці, усуненню причин, що породжують травматизм і професійні захворювання робітників. Вона тісно пов'язана з умовами праці.

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умови праці – це складне об’єктивне суспільне явище, що формується в процесі трудової діяльності під впливом взаємопов’язаних факторів соціально-економічного характеру, які впливають на здоров’я, працездатність людини, на її відношення до праці та ступінь задоволення від неї, на ефективність праці та інші економічні результати виробництва [24].

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях в умовах сільського виробництва – важливе завдання, вирішення якого забезпечить нормальні умови праці працівниками сільського господарства. Це заходи по подальшому поліпшенню і оздоровленню умов праці, широкому впровадженню сучасних засобів безпеки, усуненню причин, що породжують травматизм, створенню на виробництві необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов.

### **5.2.2 Технічний регламент та вимоги безпеки при технічному обслуговуванні автомобільного транспорту**

Кожен водій, який бере участь в роботі з технічного обслуговування або ремонту автомобіля, повинен пройти інструктаж щодо заходів безпеки. Вимоги техніки безпеки при обслуговуванні та ремонті складаються головним чином в правильній організації робочого місця, оснащення його необхідними пристроями та інструментом, що забезпечують безпечну роботу [25].

Піднімаючи машину домкратом або талю, не можна працювати під вивішений машиною без міцних спеціальних підставок. Працюючи під машиною, не можна складати інструмент і деталі на раму, підніжки та інші місця, звідки вони можуть впасти на працюючих.

Необхідно суворо дотримуватися правил користування монтажним інструментом. Не допускається застосування сильно зношених або невідповідного розміру ключів, а також іншого інструменту з несправною або неправильно заправленою робочою частиною, зламаними або погано насадженими ручками.

При користуванні стисненим повітрям для обдування деталей струмінь повітря треба направляти від себе; накачуючи повітря в шини, зняті з машини,

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поміщати колеса в спеціальний захисний кожух.

Забороняється проводити операції технічного обслуговування машин при працюючому двигуні, крім випадків регулювання двигуна і перевірки гідропідсилювача рульового управління і гальм.

При обслуговуванні машини на підйомнику необхідно зміцнювати на механізмі управління підйомником табличку з написом: «Не чіпати - під машиною працюють люди».

При роботі з основним технологічним обладнанням необхідно дотримуватися таких правил.

До роботи на установках, що мають електродвигуни з живленням від електромереж, допускаються особи, які пройшли спеціальний інструктаж але техніці електробезпеки. Перед початком роботи в першу чергу необхідно перевірити надійність і справність захисного заземлення. Забороняються ремонтні роботи і дотик струмоведучих частин при включеному електродвигуні. Весь електрифікований інструмент повинен бути обов'язково заземлений.

### **5.2.3 Аналіз формування травмонебезпечних ситуацій**

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що їх можна поділити на групи, які [24]:

- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця, конструктивні недоліки конкретного вузла чи машини;
- спонукають працюючого допускати помилки у процесі роботи, низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці;
- створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону в наслідок відсутності відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці, та інші.

Всяке порушення аналітичної цілості організму або його функцій внаслідок дії на людину, дії будь-якого небезпечного фактору визначається як травма.

Якщо внаслідок аварії технічної системи виникли травми у людей, то сам

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випадок травми необхідно розглянути як подію, що є наслідком аварії. Це стосується тих систем, у яких підсистемами одночасно є машина і людина. Якщо при функціонуванні таких систем з ладу вийшла машина, раптово припинивши свої функції внаслідок руйнування окремих деталей або самої машини, і це привело до значного матеріального збитку, то таке випадкове явище необхідно назвати аварією.

Оскільки при функціонуванні людино-машинних систем такі явища як травми, аварії мають дуже близькі механізми формування та виникнення, у подальшому ці явища будуть описуватись паралельно.

Висновки та пропозиції.

За умов складання на підприємстві планів попередження, а у разі виникнення локалізації і ліквідації пожеж, а також проведення тренувань серед персоналу можна уникнути виникнення надзвичайної ситуації або її важких наслідків.

Для того щоб на підприємстві трапилося менше випадків які закінчуються травмами необхідно дотримуватись наступних заходів:

1. Забезпечити видання стандартних розмірів спецодягу та головних уборів.
2. Забезпечити біля кожного робочого місця наявність інструкції по вимогам безпеки та знаки з попереджувальними написами.
3. Забезпечити зменшення загазованості повітря на базі.
4. Обладнати приміщення для проведення інструктажів та навчання працівників з питань охорони праці.
5. Організувати постійний контроль за станом охорони праці.
6. Поновити електроізоляцію.

Виконання запропонованих заходів сприятиме зниженню ризику небезпек, що призведе до зниження рівня виробничого травматизму.

### **5.3 Визначення економічного ефекту від впровадження проектних пропозицій**

Результати теоретичних і експериментальних досліджень, отриманих в даній

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

роботі, дозволяють отримати практичний ефект в наступних основних напрямках [26]:

- підвищення точності прогнозування показників безвідмовності за рахунок врахування кліматичних факторів, а також уточнення напрацювання на відмову і трудомісткості поточного ремонту дозволяє в повному обсязі спланувати основні сили і засоби технічного обслуговування і ремонту зразків АТ;

- розроблений метод техніко-економічної оцінки показників безвідмовності в поєднанні з регресійною моделлю впливу кліматичних факторів при зберіганні зразків АТ на рівень безвідмовності створюють необхідну методичну основу для обґрунтування найбільш раціональних способів, методів і комплексних засобів зберігання автомобілів.

В якості основного (інтегрального) показника безвідмовності в роботі обґрунтований стаціонарний показник оперативної безвідмовності. Помилка визначення цього показника, обумовлена помилкою розрахунку складових елементів визначається наступним чином [26]:

$$\Delta(\Pi_{б/от})_{опер}^{стац} = (\Delta(\Pi_{гот})_{МГН}^{стац} \cdot P(t_{исп}) + \Delta P(t_{исп})) \cdot (\Delta \Pi_{гот})_{МГН}^{стац}, \quad (5.1)$$

де  $\Delta(\Pi_{б/от})_{опер}^{стац}$  – помилка визначення стаціонарного показника оперативної безвідмовності;

$\Delta(\Pi_{гот})_{МГН}^{стац}$  – помилка визначення стаціонарного показника миттєвої готовності зразків АТ;

$\Delta P(t_{исп})$  – помилка визначення вірогідності безвідмовної роботи зразка АТ при використанні по призначенню протягом часу.

Зниження помилки визначення стаціонарного показника миттєвої готовності зразків АТ забезпечується за рахунок врахування впливу умов зберігання за допомогою показника  $\Pi_{ур}$ . Значення цього показника для різних кліматичних районів наведено в таблиці 5.1.

У свою чергу, зменшення помилки визначення ймовірності безвідмовної роботи зразка АТ відбувається за рахунок урахування зниження показника безвідмовності в залежності від терміну служби автомобілів. Залежність показника

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

безвідмовності від терміну служби зразків АТ наведена на рис. 2.7.

Таблиця 5.1 – Значення показника  $P_{xp}$  для різних кліматичних районів.

Кліматичний район	Значення $P_{xp}$
Помірний центральний	1,00
Помірний теплий	0,91
Помірний північно-західна	0,88
Помірний холодний	0,92
Холодний	0,88
Жаркий	0,89

Відповідно до цієї залежності показник безвідмовності при терміні служби від 1 до 20 років знижується з 91,8% до 84,6%. Це означає, що точність визначення показника безвідмовності в залежності від терміну служби для центрального кліматичного району підвищується від 1,08% (при терміні служби 2 роки) до 7,86% при терміні служби (20 років). Отже, ступінь підвищення точності визначення показника безвідмовності знаходиться в прямій залежності від середнього терміну автомобілів в парку сільськогосподарського підприємства (рис. 5.1).

Рисунок 5.1 - Залежність підвищення точності визначення стаціонарного показника оперативної безвідмовності від середнього терміну служби автомобілів в парку для центрального кліматичного району

Графік, наведений на рис. 5.1, відображає підвищення точності визначення

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

показника безвідмовності, обумовлене тільки підвищенням точності прогнозування ймовірності безвідмовної роботи зразка АТ. Для різних природно-кліматичних районів залежно підвищення стаціонарного показника оперативної безвідмовності від середнього терміну служби автомобілів в парку наведені на рис. 5.2. Дані залежності враховують ефект підвищення точності прогнозування показників безвідмовності не тільки за рахунок уточнення ймовірності безвідмовної роботи, а й обліку умов зберігання.

Рисунок 5.2 - Залежності підвищення точності оцінки стаціонарного показника оперативної безвідмовності для різних кліматичних районів

Як видно з наведеного рисунка, залежності підвищення точності визначення показника безвідмовності для різних кліматичних районів паралельні один одному. Форма залежностей характеризується на початковому етапі незначною опуклістю вгору. Далі залежності відповідають прямим лініям. Значення коефіцієнта кореляції для розглянутих залежностей становлять 0,92, що свідчить практично про прямий взаємозв'язок величини підвищення точності від терміну служби зразків АТ.

Величина підвищення точності в залежності від терміну служби складає в залежності від кліматичного району від 0-11% при нульовому терміні служби до 7,86-18,23% при 20-ти річному терміні служби.

Після визначення величини підвищення точності прогнозування показника

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

безвідмовності необхідно оцінити технічний і економічні ефекти. Технічний ефект полягає в підвищенні показника безвідмовності. Отже технічний ефект [26] можна оцінити на основі залежностей, наведених на рис. 5.2.

Економічний ефект можна визначити виходячи з наступної логіки. Недооцінка виходу автомобілів в поточний ремонт призводить до відповідного зниження обсягу виконуваної транспортної роботи. У свою чергу, зниження обсягу транспортної роботи призводить до певного зменшення обсягу сільськогосподарського виробництва в цілому.

В кінцевому вигляді формула для визначення економічного ефекту виглядає наступним чином:

$$E_{\Delta\Pi} = (B_{cx})_p \cdot K_{W_{cx}/W_{тр}} \cdot \Delta(\Pi_{б/от})_{опер}^{стац}, \quad (5.2)$$

де  $E_{\Delta\Pi}$  – економічний ефект від підвищення точності визначення стаціонарного показника оперативної безвідмовності, грн.;

$(B_{cx})_p$  – річний об'єм виручки від реалізації сільськогосподарської продукції, грн.;

$K_{W_{cx}/W_{тр}}$  – коефіцієнт еластичності об'єму сільськогосподарського виробництва по об'єму транспортної роботи.

З урахуванням залежностей, наведених на рис. 5.2, з'являється можливість визначити економічний ефект в залежності від терміну служби автомобілів:

$$E_{\Delta\Pi} = (B_{cx})_p \cdot K_{W_{cx}/W_{тр}} \cdot f_{\Pi/\tau} \cdot \tau_{сл}, \quad (5.3)$$

де  $f_{\Pi/\tau}$  – функція, яка пов'язує показник безвідмовності і термін служби автомобілів, 1/рік;

$\tau_{сл}$  – термін служби автомобілів, р.

При розрахунках величина  $K_{W_{cx}/W_{тр}}$  дорівнювала 0,4. Результати визначення відносного економічного ефекту представляють собою частку від річного обсягу виручки від реалізації сільськогосподарської продукції, наведені в таблиці 5.2.

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.2 – Відносний економічний ефект від підвищення точності прогнозування стаціонарного показника оперативної безвідмовності, % від річного обсягу виручки від реалізації сільськогосподарської продукції

Найменування кліматичного району	Середній термін служби автомобілів в парку									
	0,00	0,43	0,74	0,99	1,20	1,39	1,56	1,72	1,87	2,01
Помірний центральний	3,30	3,70	3,98	4,20	4,40	4,57	4,72	4,87	5,00	5,13
Помірний теплий	4,41	4,80	5,09	5,31	5,51	5,68	5,84	5,98	6,12	6,25
Помірний північно-західний	2,94	3,34	3,62	3,84	4,04	4,21	4,37	4,51	4,65	4,78
Помірний холодний	4,41	4,80	5,09	5,31	5,51	5,68	5,84	5,98	6,12	6,25
Холодний	4,04	4,44	4,72	4,94	5,14	5,31	5,47	5,62	5,75	5,88
Жаркий	2,14	2,27	2,39	2,51	2,62	2,73	2,84	2,94	3,04	3,14
Помірний центральний	5,25	5,37	5,48	5,58	5,69	5,79	5,89	5,98	6,07	6,16
Помірний теплий	6,37	6,49	6,60	6,71	6,81	6,91	7,01	7,11	7,20	7,29
Помірний північно-західний	4,90	5,02	5,13	5,24	5,34	5,44	5,54	5,64	5,73	5,82
Помірний холодний	6,37	6,49	6,60	6,71	6,81	6,91	7,01	7,11	7,20	7,29
Холодний	6,00	6,12	6,23	6,34	6,44	6,54	6,64	6,74	6,83	6,92
Жаркий										

З аналізу даних табл. 5.2 витікає, що економічний ефект в залежності від середнього терміну служби автомобілів в парку становить від 0,43% до 7,29%, що є істотним.

Отже, підвищення точності оцінки стаціонарного показника оперативної безвідмовності дозволяє отримати суттєвий технічний і економічний ефекти.

## ВИСНОВКИ

1. В результаті досліджень, проведених в даній роботі, вирішено актуальне наукове завдання, що полягає в розробці методу, основних положень методики і залежностей показників безвідмовності зразків АТ, використовуваних в сільському господарстві, на основі врахування впливу терміну служби і умов зберігання.

2. Розроблено метод технічно-економічної оцінки безвідмовності зразків автомобільного транспорту, що використовуються в сільському господарстві, який, з одного боку, на основі теорії ймовірності встановлює зв'язок показників готовності з показником якості, а з іншого боку – на основі методів теорії прийняття рішень дозволяє сформулювати область раціональних значень показників безвідмовності і експлуатаційних витрат. Об'єднання даних показників здійснено на основі визначення довжини вектору в координатах «показник безвідмовності» – «експлуатаційні витрати».

3. Узагальнено результати експериментальних досліджень по визначенню показників безвідмовності зразків АТ.

Зокрема визначено показники безвідмовності з наступною точністю:

- середнє напрацювання на відмову 74-88% при довірчій ймовірності 80%;
- середня тривалість усунення відмови – 10-22% при довірчій ймовірності 80%;
- питома трудомісткість поточного ремонту – 78-88% при довірчій ймовірності 80%.

Крім цього в результаті експериментальних досліджень розроблена регресійна модель визначення умовного терміну зберігання зразків АТ. Регресійна модель дозволила визначити п'ять основних факторів навколишнього середовища, що роблять найбільший вплив на показники безвідмовності (середньорічна кількість опадів, сумарна середньорічна сонячна радіація, середньорічне число переходів через 0°C і середньорічна концентрацію в повітрі сірчистого ангідриду).

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гіпотеза про адекватність моделі з отриманими даними не відкидається з імовірністю  $p=0,95$ , що дозволяє використовувати її для прогнозування показника безвідмовності.

4. Визначено та оцінено з технічно-економічних позицій практичний ефект від підвищення точності прогнозування показників безвідмовності за рахунок врахування кліматичних факторів і умов зберігання, а також уточнення напрацювання на відмову і трудомісткості поточного ремонту дозволяє в повному обсязі спланувати основні сили і засоби технічного обслуговування і ремонту зразків АТ.

Підвищення точності дозволяє збільшити показник безвідмовності в залежності від терміну служби і кліматичного району на 0-11% при нульовому терміні служби і на 7,86-18,23% при 20-ти річному терміні служби.

Економічний ефект в залежності від середнього терміну служби автомобілів в парку становить від 0,43% до 7,29%, що істотно.

Отже, підвищення точності оцінки стаціонарного показника оперативної безвідмовності дозволяє отримати суттєвий технічний і економічний ефекти.

					КРМ.133ГМмд_22.13.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		