

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: **„Оцінення показників експлуатаційної надійності тракторів
марки CLAAS моделі Ахіон в умовах Західного Лісостепу”**

Виконав: студент 6 курсу групи Аін-62

Спеціальності 208 „Агроінженерія”

(шифр і назва)

Остапчук Павло Ростиславович

(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Шарибура А.О.

(Прізвище та ініціали)

Рецензенти: _____

(Прізвище та ініціали)

(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри _____
(підпис)

к.т.н., доцент Андрій ШАРИБУРА
“ _____ ” _____ 2023 р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студенту
Остапчуку Павлу Ростиславовичу

1. Тема роботи: **„Оцінення показників експлуатаційної надійності тракторів марки CLAAS моделі Axion в умовах Західного Лісостепу”**

Керівник роботи: Шарибура Андрій Остапович, к.т.н., доцент
Затверджена наказом по університету від 28.04.2023 року № 133/К-С

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 15.01.2024 року.

3. Вихідні дані: 1. Аналіз виробничих умов; 2. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення; 3. Методика кількісної оцінки властивостей надійності сільськогосподарської техніки; 4. Методика математичного опрацювання статистичних даних; 5. Початкові дані розрахунків.

4. Перелік питань, які необхідно розробити

Вступ

1. Аналіз об'єкту проектування

2. Виробничі умови формування показників надійності тракторів

3. Методика збору та опрацювання початкових даних для дослідження властивостей надійності тракторів

4. Результати оцінення показників надійності тракторів

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

6. Техніко-економічна оцінка технологічних втрат через несвоєчасність виконання робіт

Висновки та пропозиції.

Бібліографічний список.

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
тема – 1-й слайд; мета роботи та завдання дослідження – 2-й слайд; природно-виробниче середовище західного лісостепу – 3-й слайд; характеристика об'єкту досліджень – 4-й слайд; властивості надійності – 5-й слайд; схема класифікації відмов тракторів – 6-й слайд; форма для відображення статистичних даних відмов тракторів марки Claas моделі Axion – 7-й слайд; результати опрацювання даних виробничих експериментів – 8-й та 9-й слайди; графічна інтерпретація залежності прогнозованої теоретичної ймовірності безвідмовної роботи тракторів – 10-й слайд; техніко-економічна оцінка втрат через несвоєчасність виконання робіт – 11-й слайд.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 4, 6	Шарибура А.О. к.т.н., доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. Олександра Семковича			
5	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 28.04.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	<i>Написання першого розділу</i>	<i>28.04.23-01.05.23</i>	
2.	<i>Виконання другого розділу: «Виробничі умови формування показників надійності тракторів»</i>	<i>02.05.23-29.06.23</i>	
3.	<i>Виконання третього розділу: «Методика збору та опрацювання початкових даних для дослідження»</i>	<i>30.06.23-5.08.23</i>	
4.	<i>Написання розділу: «Результати оцінення показників надійності тракторів»</i>	<i>6.08.23-2.10.23</i>	
5.	<i>Написання розділу: «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»</i>	<i>3.10.23-30.10.23</i>	
6.	<i>Написання розділу: «Техніко-економічна оцінка технологічних втрат через несвоєчасність»</i>	<i>31.10.23-30.11.23</i>	
7.	<i>Завершення роботи в цілому</i>	<i>1.12.2-15.01.24</i>	

Студент _____ Остапчук П.Р.
 (підпис)

Керівник роботи _____ Шарибура А.О.

УДК: 631.3.004

Магістерська робота: 80 с. текст. част., 20 рис., 5 табл., лист., 30 джерел.

Оцінення показників експлуатаційної надійності тракторів марки CLAAS моделі Axion в умовах Західного Лісостепу
Остапчук П.Р. Кафедра АТС ім. проф. Олександра Семковича. – Дубляни, Львівський НУП, 2023.

Здійснено аналіз природно-виробничого середовища Західного Лісостепу України та описано його потенціал. Проаналізовано технічні можливості досліджуваного нами трактора та окреслено можливість сфер його застосування.

Згідно стандарту описано поняття надійності та властивості, які її регламентують та показники якими вони оцінюється.

Подано методичку виробничих експериментів щодо дослідження статистичних даних про відмови тракторів, що ґрунтується на методах математичної статистики.

Встановлено середнє напрацювання на відмову та обґрунтовано ймовірність безвідмовної роботи тракторів марки CLAAS моделі Axion в умовах Західного Лісостепу.

Виконано структурно функціональний аналіз травмонебезпечних ситуацій впродовж виконання сільськогосподарських робіт, а також здійснено аналіз травмонебезпечних ситуацій, що виникають за умови роботи трактора під часу руху на значних ухилах.

Виконано техніко-економічну оцінку технологічних втрат через несвоєчасність виконання сільськогосподарських робіт.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ	9
1.1. Природно-виробниче середовище Західного Лісостепу	9
1.2. Характеристика об'єкту досліджень	12
Висновки до розділу 1	21
2. ВИРОБНИЧІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАКТОРІВ	22
2.1. Класифікація відмов та їх основні причини	22
2.2. Умови експлуатації та безвідмовність сільськогосподарських тракторів	28
2.3. Показники надійності тракторів як випадкові величини	33
Висновки до розділу 2	38
3. МЕТОДИКА ЗБОРУ ТА ОПРАЦЮВАННЯ ПОЧАТКОВИХ ДАНИХ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАДІЙНОСТІ ТРАКТОРІВ.....	39
3.1. Методика збору та опрацювання інформації про надійність	39
3.2. Методика кількісної оцінки властивостей надійності тракторів .	43
3.3. Методика математичного опрацювання статистичних даних	50
Висновки до розділу 3	54
4. РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ТРАКТОРІВ	55
4.1. Результати обґрунтування середнього напрацювання на відмову та тривалості її усунення для	55
4.2. Результати обґрунтування імовірності безвідмовної роботи	58
Висновки до розділу 4	61
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	62

5.1. Структурно функціональний аналіз травмонебезпечних ситуацій впродовж виконання робіт	62
5.2. Аналіз методики моделювання травмонебезпечних та аварійних ситуацій	63
5.3. Результати розробки логічно-імітаційної моделі травм на виробництві ситуаціях	64
Висновки до розділу 5	68
6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВТРАТ ЧЕРЕЗ НЕСВОЄЧАСНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОБІТ	69
Висновки до розділу 6	72
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	75
ДОДАТКИ	78

ВСТУП

Якісне виготовлення та ремонт сільськогосподарської техніки відіграють важливу роль у функціонуванні агропромислового комплексу України. Забезпечення надійності стає ключовим аспектом в сучасній техніці і вирішується на етапах проектування, виробництва, дослідження, експлуатації та ремонту сільськогосподарських машин і технологічного обладнання.

Збереження роботоздатності, відновлення ресурсу машин і технічного обладнання, а також підвищення їх безвідмовності стають важливими завданнями підприємств, що займаються технічним сервісом. Підвищення надійності сільськогосподарської техніки має значущий економічний вплив.

У розвитку науки про надійність виділяються внески вітчизняних та зарубіжних вчених. Математичну теорію надійності розробили видатні науковці, такі як О. Я. Хінчин, А. М. Колмогоров, Б. В. Гнеденко. Також значний внесок внесли вчені, такі як А. І. Берг, М. Г. Бруєвич, Б. С. Сотсков, С. Проніков, Я. Б. Шор, В. Вейбулл та інші.

Поряд із дослідженнями надійності радіоелектронної апаратури, з'явилися роботи з розрахунків та оцінки надійності машин, обладнання, апаратури в інших сферах, зокрема в тих, що використовуються у сільськогосподарському виробництві.

Вчені, такі як В. Я. Анілович, В. М. Міхлін, М. М. Сєверньов, В. М. Кряжков, В. Я. Сковорodin, А. Ш. Рабінович, Р. В. Кугель, І.М. Велічкін, С. С. Дмитриченко, М. М. Тененбаум, Н. С. Ждановський, О. В. Ніколаєнко та інші, розробили методіку оцінки надійності сільськогосподарської техніки.

Теорія надійності належить до інженерних дисциплін, і незважаючи на те, що її основними методами є теорія ймовірностей та математична статистика, інженерний аналіз характеристик надійності машин і обладнання допомагає виявляти недоліки в організації та технології технічного обслуговування.

Мета роботи – підвищити ефективність використання тракторів марки CLAAS моделі Axion в умовах Західного Лісостепу.

Завдання дослідження:

- здійснити аналіз впливу умов експлуатації на технічний стан тракторів;
- розробити програму експериментів, виконати їх та опрацювати результати, які дадуть змогу кількісно оцінити властивості надійності тракторів;
- з прогнозувати динаміку показників надійності тракторів в залежності від їх напрацювання;
- виконати техніко-економічну оцінку надійності тракторів.

Об'єкт дослідження: трактори марки CLAAS моделі Axion, що експлуатуються в умовах Західного Лісостепу та їхній технічний стан.

Предмет дослідження: напрацювання тракторів на відмови різних видів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що вперше:

- встановлено розподіл та статистичні характеристики середнього напрацювання на відмову тракторів марки CLAAS моделі Axion в умовах Західного Лісостепу;
- встановлено теоретичну ймовірність безвідмовної роботи тракторів марки CLAAS моделі Axion в умовах Західного Лісостепу.

Практичне значення результатів полягає у тому, що:

- встановлений розподіл та статистичні характеристики середнього напрацювання на відмову тракторів марки CLAAS моделі Axion є важливою передумовою для оцінки їхньої ефективності використання в умовах Західного Лісостепу.
- встановлена залежність динаміки прогнозованої теоретичної ймовірності безвідмовної роботи тракторів в умовах Західного Лісостепу від напрацювання дає змогу оцінити ймовірність того, що у межах заданого напрацювання відмова не виникне.

1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1. Природно-виробниче середовище Західного Лісостепу

Західний Лісостеп займає територію Хмельницької, Тернопільської та Львівської областей. Клімат Західного Лісостепу помірно-континентальний, м'який, достатньо вологий. Зима малосніжна, нестійка, порівняно тепла, літо тепле і помірно вологе. Середня температура повітря за рік становить 7,4 – 8,6 °С. Середня температура повітря у січні становить мінус 1,6-3,8 °С, середня температура повітря у липні – плюс 18,5-19,9 °С [3, 30].

У Західному Лісостепу кількість вологи є достатньою, в деякі періоди, навіть надмірна кількістю опадів призводять до поширення хвороб.

На відміну від вологи кількості сум ефективних температур є в недостатній кількості. Тому у цій зоні варто звернути увагу на ранньо- та середньостиглі гібриди, які мають гарну стійкість до хвороб, та потурбуватись про надійний фунгіцидний захист (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Суми ефективних температур повітря за період із середньою добовою температурою рівною і вище 5, 10, 15 °С у Західному Лісостепі

Середня багаторічна кількість опадів за рік у Західному Лісостепу коливається від 627 до 694 мм, розподіляючись по території від 572 до 769 мм. Найбільша річна кількість опадів коливається від 1035 до 1094 мм, у посушливі роки становить лише 317-373 мм. Близько 70 % від річної кількості опадів випадає у теплий період року (рис. 1.2) [3, 30].



Рисунок 1.2 – Кількість опадів (мм) за теплий період (IV-X) та за рік у Західному Лісостепі

Перші осінні заморозки за середніми багаторічними даними спостерігаються у першій-другій декаді жовтня, останні весняні – у другій-третьій декаді квітня. Середня кількість днів із заморозками у повітрі (за середніми багаторічними даними) становить 5-12 днів, на поверхні ґрунту – 9-26 дні. Середня тривалість періоду без заморозків у повітрі становить 160–186 днів, на поверхні ґрунту – 141–170 днів. У більшості років сніговий покрив утворюється в кінці листопада-на початку грудня, а руйнується у впродовж березня [3, 30].

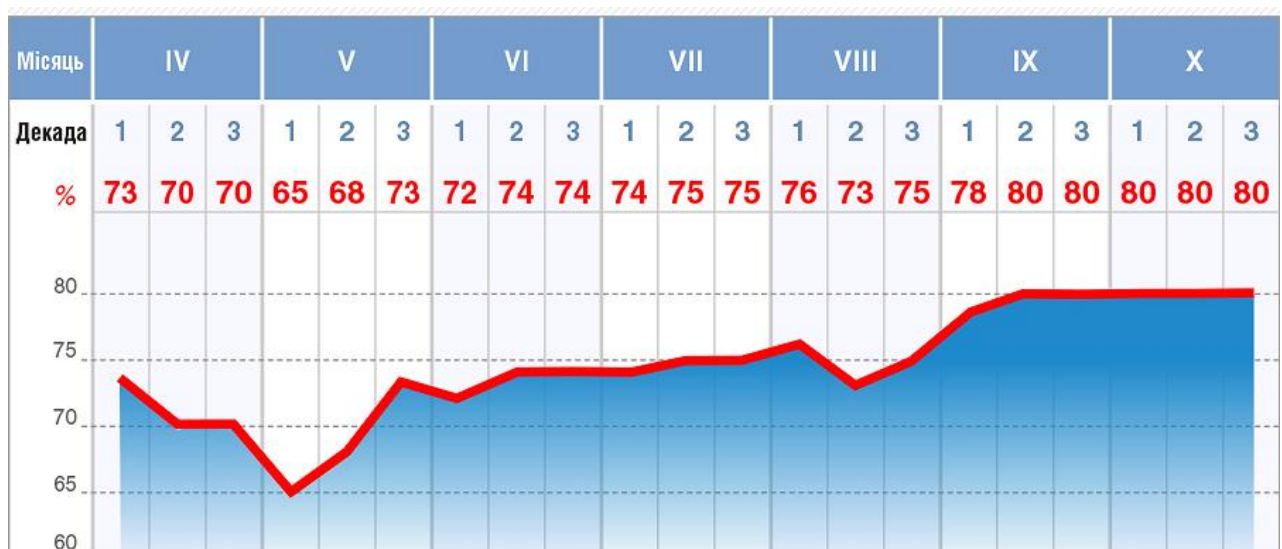


Рисунок 1.3 – Середньодекадна відносна вологість повітря (%) за теплий період (IV-X) у Західному Лісостепі

Загальна тривалість залягання снігового покриву за зиму коливається від 61 до 91 дня. Середня висота снігу за зиму становить 5–18 см, тоді як максимальна висота в окремі роки досягала 55-58 см. В останні десятиріччя досить часто спостерігаються зими без сталого снігового покриву або взагалі безсніжні. Середня глибина промерзання ґрунту за зиму коливається від 13 см до 38 см. Максимальна глибина промерзання досягала 103-117 см. Середня із мінімальних температура ґрунту на глибині 3 см (глибина залягання вузла кущіння озимини) за зиму, залежно від типу ґрунту, становить мінус 2,1-3,9 °С.

Місяць	IV			V			VI			VII			VIII		
Декада	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
КУКУРУДЗА															
шар ґрунту 0-20 см	40	38	38	32	31	33	32	33	31	31	29	30	29	26	
шар ґрунту 0-100 см	200	195	182	177	171	174	171	172	167	163	158	157	155	140	

Рисунок 1.4 – Запаси продуктивної вологи (мм) у 0-20 см і 0-100 см шарах ґрунту під кукурудзою

Вегетаційний період триває 209-227 днів, починається в середньому в кінці березня - на початку квітня і закінчується у кінці жовтня - на початку листопада. Сума позитивних температур повітря вище 5 °С за цей період змінюється від 2925 °С до 3190 °С. Період активної вегетації с.-г. культур (із середніми добовими температурами повітря 10 °С і вище) в середньому триває 163-172 дні, змінюючись в окремі роки від 140 до 210 днів, починається у другій-третьій декаді квітня і закінчується в першій декаді жовтня. Сума позитивних температур повітря вище 10 °С за цей період коливається від 2460–2600 °С на півночі до 2710 – 2880 °С на півдні, в окремі роки досягаючи 2910-3100 °С [3, 30].°

Помірна атмосферна засуха має ймовірність 90 % на більшій частині території даної кліматичної зони. Кількість днів із суховіями за теплий період

(квітень-жовтень) в середньому становить 1- 6 днів, хоча трапляються роки коли суховії не спостерігаються зовсім. Серед інших несприятливих для с.-г. культур явищ погоди на території цієї кліматичної зони у вегетаційний період спостерігається град, сильний вітер, сильний дощ, зливи.

Відносна вологість повітря у теплий період року (квітень–жовтень) по областях Західного Лісостепу коливається від 62-70 % до 75-84 %, а кількість днів із відносною вологістю повітря 30 % та менше (показник посушливості) за цей період становить в середньому 3-15 днів (максимальні значення цього показника сягали 36-43 дні).

Узимку зазвичай спостерігаються відлиги, кількість днів з якими за період грудень – лютий коливається від 39 до 60. Відлиги, які тривають більше ніж 5 днів поспіль, зумовлюють порушення зимового спокою озимини, що призводить до зниження морозостійкості рослин. Після тривалих відлиг за наявності снігового покриву існує значна ймовірність його руйнування, що сприяє утворенню льодяної кірки на полях. Небезпечна для посівів льодяна кірка товщиною 10 мм і більше та тривалістю залягання три декади і більше спостерігається в 10-30% років (один-три рази за 10 років) [3, 30].

1.2. Характеристика об'єкту досліджень

На європейському ринку сільгоспмашин компанія CLAAS відома як один із провідних виробників потужних, надійних та економічних в експлуатації універсально-просапних тракторів. Продукція цього підприємства характеризується відмінними тяговими властивостями, помірною витратою ПММ, нескладним обслуговуванням та стабільністю робочих характеристик.

Понад десять успішних років на ринку говорять самі за себе: протягом найкоротшого часу CLAAS заявив про себе як про важливого виробника тракторів. У 2011 році компанія CLAAS розширила сімейство тракторів у сегменті до 400 к.с. трактором AXION 900. Неймовірне тягове зусилля, високий

рівень зручності управління та безліч високотехнологічних рішень відкрили для AXION 900 широке поле діяльності з найвищими вимогами та дозволили йому швидко завоювати надійні позиції [28, 29].

Трактор CLAAS AXION – символ надійності та продуктивності у сфері сільського господарства. Завдяки передовим технологіям та високій якості, він стає незамінним помічником для аграріїв, які прагнуть досягти максимальних результатів на своїх полях.

Розробка машин CLAAS полягає у постійному прагненні до збільшення ККД, підвищення надійності та економічної ефективності. Під назвою CLAAS POWER SYSTEMS (CPS) фірма CLAAS об'єднала у собі найкращі компоненти в рамках єдиної системи. Ця система забезпечує максимальну потужність за потребою, ідеально узгоджена з роботою компонентів між собою, оснащена технологіями для економії палива, що швидко окупається.

Під цілісним капотом працює 6-циліндровий двигун FPT (Fiat Power Train) Cursor-9 з робочим об'ємом 8,7 л. Він обладнаний найсучаснішою 4-клапанною технологією, упорскуванням Common-Rail, системою охолодження наддувного повітря та турбонагнітачем з перепускною заслінкою. Електронна система управління вентилятором Visctronic дозволяє точно узгодити швидкість обертання вентилятора з навантаженням та температурою двигуна, забезпечуючи таким чином оптимальну температуру двигуна. Знижена швидкість обертання вентилятора зменшує рівень шуму, економить цінне паливо і не відбирає зайвої потужності, яка тепер може бути перетворена на тягове зусилля. Завдяки типовим для CLAAS характеристикам двигуна повний момент, що крутить, доступний в широкому діапазоні швидкості обертання двигуна. Це забезпечує продуктивність саме тоді, коли це необхідно. Економна пальне робота при низькій швидкості обертання двигуна і максимальному моменті, що крутить, з валом відбору потужності ECO або робота при номінальній швидкості обертання двигуна з повним резервом не становлять жодних труднощів [28, 29].

Отже, однією з ключових переваг трактора CLAAS AXION є його потужний та ефективний двигун. Завдяки цьому, він легко справляється з найскладнішими сільськогосподарськими завданнями, такими як оранка, обприскування, а також комбайнування. Потужність та ефективність трактора допомагають збільшити продуктивність господарства та знизити витрати часу та зусиль [28, 29].

СМАТІС – це безступінчаста коробка, що використовується в тракторах CLAAS. Моделі серії AXION 900 обладнані коробкою ZF Ессом. Це система з розгалуженим потоком потужності з 4 механічними діапазонами, що перемикаються за допомогою мокрих пластинчастих муфт. Ручне перемикання між групами не потрібне. Завдяки високій механічній складовій у передачі крутного моменту коробка передач СМАТІС на будь-якій швидкості забезпечує неперевершений ККД.

Компактна конструкція та висока маневреність трактора CLAAS AXION дозволяють ефективно працювати навіть на обмежених просторах. Це робить його ідеальним вибором для роботи в умовах сільськогосподарських полів з різноманітною конфігурацією.

Технології Precision Farming, що використовуються в тракторі CLAAS AXION, дозволяють оптимізувати обробіток поля та раціонально використовувати ресурси. Автоматичний контроль розподілу добрив та інтенсивності обробітку забезпечують максимальний врожай та ефективність господарства [28, 29].

Комфортабельна кабіна трактора CLAAS AXION створена з урахуванням потреб водія. Мультимедійні інтерфейси та сучасні системи керування роблять роботу на тракторі максимально зручною та приємною.

Трактор CLAAS AXION – це гармонія між потужністю, надійністю та ефективністю. Тому, обираючи якісний трактор для господарства, який застє змогу досягнути найкращих результатів слід звернути увагу на трактори фірми CLAAS серії AXION.



Рисунок 1.5 – Трактор фірми CLAAS серії AXION:

1 – Двигун FPT потужністю до 410 к.с. (згідно з ECE R 120); 2 – Безступенева трансмісія SMATIC; 3 – 50 або 40 км/год на знижених обертах двигуна; 4 – Задні колеса: діаметр до 2,15 м; 5 – Загальна довжина лише 5,60 м; 6 – Вал відбору потужності ESO з частотою обертання 1000 об/хв.; 7 – До восьми секцій гідро розподільників; 8 – Передній міст із підвіскою у формі паралелограма та вбудованим гальмом; 9 – Повністю інтегрована передня навіска вантажопідйомністю до 6,5 т; 10 – Механічна 4-точкова підвіска кабіни; 11 – До 20 фар робочого освітлення, серед них до чотирьох ксенонових; 12 – Автоматична система кермування GPS PILOT

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПЕРЕВАГИ МАШИНИ.

Стабільності споживчого попиту на серію тракторів Axion сприяє сумісності із широкозахватним навісним та причіпним робочим обладнанням,

тривалий міжремонтний ресурс машини, оперативна та ефективна робота сервісних служб.

Тягово-зчіпні характеристики моделей серії Axion визначають можливість застосування трактора для механізації повного циклу трудомістких та масштабних сільськогосподарських робіт різної складності.

Великий вибір швидкісних режимів дозволяє використовувати машину як тягач для буксирування важких тракторних причепів по ґрунтових дорогах, а також загального призначення з твердим покриттям.

Завдяки ефективній роботі систем охолодження та передпускового підігріву трактор Claas Axion 940 максимально адаптований для експлуатації в складних кліматичних умовах.

Високий рівень автоматизації керування та комп'ютерне оснащення дозволяють використовувати можливості машини з максимальною віддачею.

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Остов трактора є жорсткою литою напіврамною конструкцією з великим запасом міцності, що компенсує навантаження від ваги фронтальних довантажувачів. Компонування вузлів та агрегатів забезпечує доступ для сервісного та ремонтного обслуговування.

Машина вагою 13 тонн має довжину всього 5,7 метра, що у поєднанні з невеликим радіусом розвороту позитивно відбивається на її маневреності [28, 29].

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика трактора Claas Axion 940

Модель	Claas Axion 940
1	2
Двигун	FPT Cursor-9
Потужність, кВт/л.с	276/375
Робочий об'єм, см ³	8710

Продовження таблиці 1.1

Модель	Claas Axion 940
1	2
Місткість паливного бака, л	700
Інтервал заміни масла в двигуні, ч	600
Коробка передач	безступінчаста
Розмір коліс, передні/задні	620/75R30 710/85R38
Колісна база, мм	3150
Дорожній просвіт (кліренс), мм	611
Габарити, мм довжина x висота	5744 x 3452
Маса, кг	13060

СИЛОВИЙ АГРЕГАТ.

Серія універсально-просапних тракторів Axion моделі 940 комплектується надійним в експлуатації та простим в обслуговуванні шестициліндровим 375-сильним дизелем марки FPT Cursor-9 з робочим об'ємом 8,7 літра.

У конструкції двигуна використані переваги комбінованої оливи, паливної системи Common-Rail, чотириклапанного газорозподільного механізму кожного циліндра і турбонаддува з контуром попереднього охолодження повітря, що нагнітається [28, 29].

Стабільність робочої температури двигуна реалізована системою керування електричного вентилятора Vistronic, що задає режим роботи крильчатки в залежності від температури рідини, що охолоджує.



Рисунок 1.6 – Робоче місце оператора трактора Claas Axion 940

СИЛОВА ПЕРЕДАЧА.

Тягові характеристики двигуна використовуються з високою ефективністю за допомогою 4-х діапазонних безступінчастих коробок передач марки СМАТІС. Цей агрегат забезпечує виконання польових робіт на швидкості до 12-15 км/год та буксирування причепів зі швидкістю 50 км/год із мінімальними втратами потужності.

Залежно від рівня складності робіт, трансмісія може працювати у кількох режимах – автоматичному, СМOTION та ручному. Швидкість обертання основного механізму відбору потужності складає 540-1000 об/хв, переднього аналога - 1000 об/хв.

У режимах Еко 540 та Еко 1000 робочі обороти ВВП залишаються стабільними під час роботи двигуна на низькооборотних режимах [28, 29].

Шасі.

Ходова частина повнопривідного типу відрізняється гарною прохідністю, мінімальним питомим тиском на ґрунт, рівномірним розподілом навантажень на обидва мости, високим дорожньо-агротехнічним просвітом.

Широкопрофільні, одинарні або здвоєні шини діаметром до 2,5 метрів з шевронними ґрунтозачепами забезпечують відмінне зчеплення з ґрунтом, що дозволяє в ряді випадків відмовитися від навішування баластових вантажів.

Подовжена колісна база підвищує шляхову стійкість трактора під час руху дорогами зі складним мікрорельєфом і під час роботи тракторного агрегату в міжряддях. Для екстреного гальмування задіюються дискові гальма, що працюють в оливній ванні.



Рисунок 1.7 – Трактор Claas Axion 940 під час виконання сільськогосподарських робіт

ГІДРОСИСТЕМА

Продуктивності гідронасоса в 150 л/сек достатньо для оперативного керування навісним обладнанням вагою 11 тонн, а також активації гідролікованих агрегатів, підключених до бортової гідравліки через швидкокороз'ємні штуцери. Конструкція багатоконтурного гідророзподільника надає оператору можливість паралельного керування кількома навісними пристроями.

Особливість інтегрованої передньої навішування вантажопідйомністю 6,5 тонни – без додаткової рами. Всі навантаження сприймаються балкою переднього моста та литою напіврамою [28, 29].

ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ

У концепцію трактора Claas серії Axion закладено передові технічні та конструкційні рішення, світовий досвід роботи важких колісних універсалів у різних умовах.

До основних перевагах цієї моделі можна віднести:

- універсальність застосування, високий потужнісний та функціональний потенціал;
- відповідність рекомендаціям машинобудівних, санітарно-гігієнічних та екологічних стандартів та особливостям сучасних сільськогосподарських технологій;
- продуктивна та економічна експлуатація;
- високий рівень адаптації до різних погодних та кліматичних умов.

У переліку недоліків — висока вартість самої матеріальної частини та комплектуючого робочого обладнання, відсутність повноцінної інформації щодо самостійного усунення нескладних відмов та несправностей.

Експлуатаційниками також відзначається підвищена чутливість двигуна до якості палива.

ВАРТІСТЬ.

Вартість нової машини знаходиться в межах 7 600 000 гривень (200 000 \$), тому більшість пропозицій з продажу – це вживані машини, які виробили значну частину призначеного міжремонтного ресурсу. Ціна вживаного трактора Claas Axion моделі 940 в хорошому технічному стані і мінімум з 50% залишком ресурсу починається від 4,3-4,5 мільйонів гривень (115 000 - 135 000 \$).

Основні конкуренти на вітчизняному тракторному ринку – потужна тракторна техніка провідних європейських та американських виробників. Це брендові машини Джон Дір серії 9, трактори моделі NEW HOLLAND - T8030, CASE IH Magnum 235 та ідентичний за потужністю силового агрегату Челенджер MT945.

Висновки до розділу 1

1. Аналізуючи природно-кліматичні умови у Західному Лісостепу приходимо до висновку, що кількість вологи є достатньою, в деякі періоди, навіть надмірна кількістю опадів призводять до поширення хвороб. На відміну від вологи кількості сум ефективних температур є в недостатній кількості. Тому у цій зоні варто звернути увагу на ранньо- та середньостиглі гібриди, які мають гарну стійкість до хвороб, та потурбуватись про надійний фунгіцидний захист

2. Тягово-зчіпні характеристики трактора фірми Claas серії Axion визначають можливість його застосування для механізації повного циклу трудомістких та масштабних сільськогосподарських робіт різної складності. Також високий рівень автоматизації керування та комп'ютерне оснащення дозволяють використовувати можливості машини з максимальною віддачею.

3. Великий вибір швидкісних режимів дозволяє використовувати машину як тягач для буксирування важких тракторних причепів по ґрунтових дорогах, а також загального призначення з твердим покриттям.

4. Аналізуючи конструктивні особливості та експлуатаційні характеристики можна зробити ряд висновків, а саме, до основних переваг цієї моделі:

- універсальність застосування, високий потужнісний та функціональний потенціал;
- відповідність рекомендаціям машинобудівних, санітарно-гігієнічних та екологічних стандартів та особливостям сучасних сільськогосподарських технологій;
- продуктивна та економічна експлуатація;
- високий рівень адаптації до різних погодних та кліматичних умов.

У переліку недоліків – висока вартість самої матеріальної частини та комплектуючого робочого обладнання, відсутність повноцінної інформації щодо самостійного усунення нескладних відмов та несправностей.

2. ВИРОБНИЧІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАКТОРІВ

2.1. Класифікація відмов та їх основні причини

Вплив на надійність трактора в умовах експлуатації змінюється внаслідок взаємодії різноманітних чинників, які діють не відокремлено, а взаємодіючи між собою в складній системі залежності. Ці чинники можна класифікувати в три основні групи: конструктивні (K), технологічні (T) і експлуатаційні (E). Графічно їх можна уявити як складний векторний простір, де вектори представляють собою самі чинники (рис. 2.1) [4, 5].

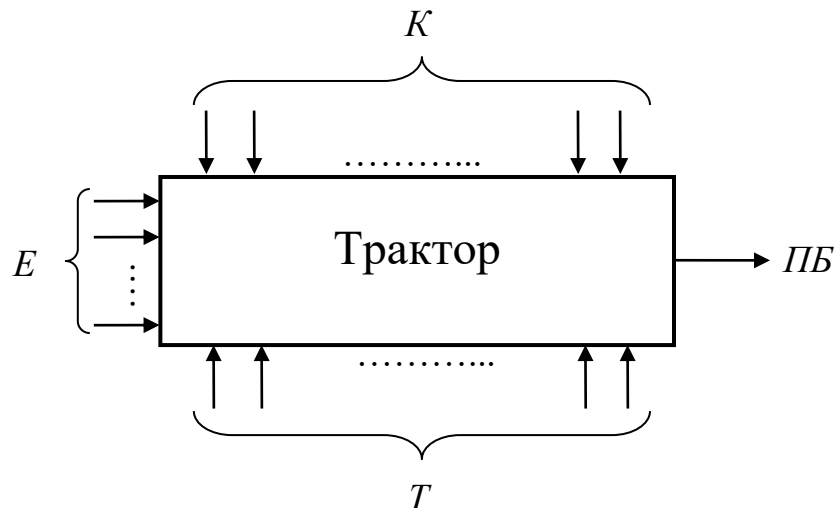


Рисунок 2.1 – Ссхема чинників, які потенційноможуть впливати на показники безвідмовності сільськогосподарського трактора: E – експлуатаційні, K – конструктивні, T – технологічні чинники; $ПБ$ – показники безвідмовності.

Експлуатаційні чинники включають якість проведення технічного обслуговування (ТО) і ремонту (Р) тракторів, кваліфікацію операторів (КО), якість палива і мастильних матеріалів (ЯЕМ), зберігання трактора (ЗТ), а також вплив ґрунтових і кліматичних умов або виробничі умови (ВУ).

Конструктивні чинники охоплюють невраховані випадкові навантаження, які суттєво перевищують розрахункові, а також проблеми, такі як невірно обраний матеріал для деталей і невідповідність посадки сполучень умовам їх роботи. Наявність цих чинників свідчить про недосконалість конструкції трактора та його складових частин.

Технологічні чинники відображають порушення прийнятої технологічної послідовності виготовлення (відновлення) деталей, складання, регулювання, припрацювання та випробування складових частин і трактора в цілому.

Розглянуті групи чинників можна умовно розділити на внутрішні і зовнішні відносно системи трактора.

Тому, в залежності від ступеня відхилень у конструкторській документації, технології виробництва та середовища в якому експлуатується трактор, можуть виникати відмови різного походження. Аналіз причин цих відмов уможливує розробку певних заходів для зменшення їх кількості.

В проведеному аналізі існуючих класифікацій відмов за різними ознаками була створена узагальнена схема класифікації (рис. 2.2), в якій враховано різні аспекти. Додатково до цього, з урахуванням специфіки реальної експлуатації, класифікацію доповнено ознаками, які характеризують причини виникнення експлуатаційних відмов. Виявлення цих причин дозволяє оперативно вживати заходів для їх усунення. Наприклад, класифікація відмов за місцем усунення надає можливість визначити шляхи покращення ремонтпридатності тракторів, а класифікація за умовами виникнення (видами виконуваних робіт) уточнює номенклатуру та періодичність виконання операцій технічного обслуговування.

Класифікація передбачає розділ відмов на три групи складності:

Прості відмови [4, 5]:

Це відмови, що можуть бути усунуті ремонтом або заміною зовнішніх деталей, не вимагаючи розбирання складових частин і агрегатів. Даний тип відмов, які можуть бути усунуті проведенням ТО-1 або ТО-2, відновлюючи працездатність трактора.

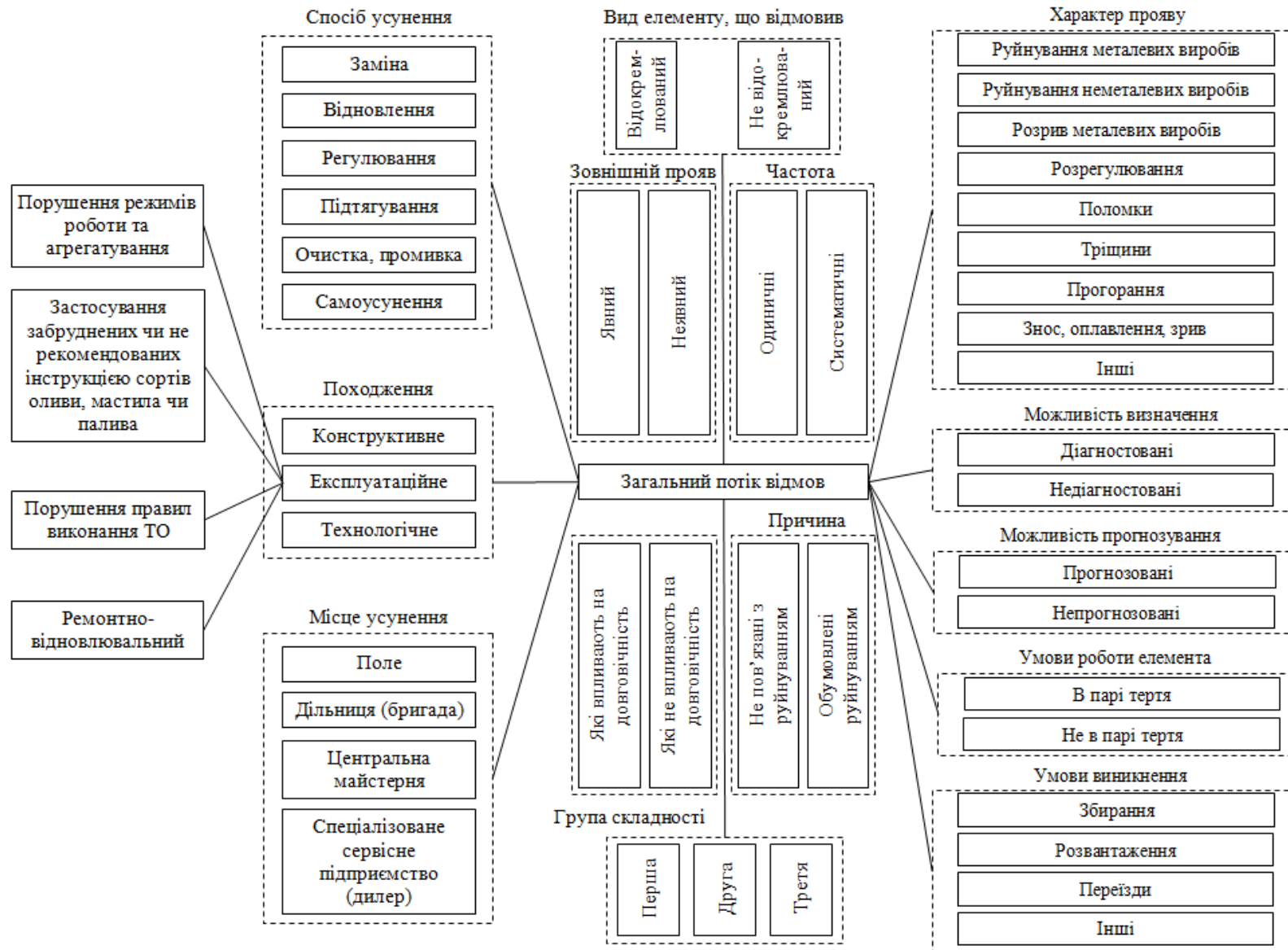


Рисунок 2.2 – Схема класифікації відмов тракторів

Відмови середньої складності:

Відмови другої групи, що вимагають ремонту або заміни легкодоступних складових частин, а також заміни деталей, для демонтажу яких потрібно розкриття внутрішніх порожнин агрегатів (без їх повного розбирання). Відмови, які можуть бути усунуті при проведенні ТО-3.

Складні відмови:

Відмови третьої групи, що вимагають розбирання або розчленування основних агрегатів, таких як двигун, зчеплення, трансмісія, несуча частина.

Ця класифікація дозволяє систематизувати відмови залежно від їхньої складності та визначити оптимальні методи виправлення в залежності від категорії відмови [4, 5].

Таблиця 2.1 – Орієнтовні затрати праці на усунення відмов різних груп складності в тракторах різного тягового класу [4, 5, 11, 19]

Трактор тягового класу	Група складності відмови	Середня трудомісткість усунення відмови, люд.-год	Середня тривалість усунення відмови, год
0,6	I	0,2	0,2
	II	1,2	1,2
	III	6,6	6
1,4	I	0,3	0,3
	II	1,4	1,3
	III	7,8	7
3,0	I	0,5	0,5
	II	11,6	11,5
	III	9,3	8,1
5,0	I	0,6	0,6
	II	2	1,9
	III	12,2	10,5

Тобто, можна зробити висновок про те, що з вищим тяговим класом трактора пов'язані більші витрати на усунення відмов, підтверджується результатами проведених досліджень, які відображені в таблиці 2.1.

Важливо враховувати вартість усунення наслідків відмов при аналізі ефективності експлуатації техніки. Цей показник включає різні компоненти, такі як зарплата працівників, які проводять ремонт, балансова вартість запасних частин, витрати на їхнє придбання і доставку, а також оплату за використання ремонтних засобів і обладнання.

При розрахунку вартості усунення відмов також враховують збитки від простою тракторів. Втрати враховуються тільки у випадку, якщо трактор відмовив і ремонтується в період польових робіт, оскільки це призводить до зупинки виробничих процесів. Якщо ремонт проводиться в той час, коли потреба в машині відсутня, збитки від його простою не враховуються.

Структура класифікації відмов (див. рис. 2.2) надає можливість виконати комплексний якісний аналіз та визначити реальні напрямки для розробки рекомендацій, спрямованих на усунення або попередження виникнення відмов під час експлуатації.

Усунення відмов передбачає переважно заміну компонентів і деталей (68%) та відновлення деталей (20%). У цьому відношенні ефективна управлінська практика включає наявність достатнього обсягу резервних частин, який має поповнюватися не лише новими деталями від виробників, але й якісно відновленими на ремонтних підприємствах. Також важливо посилити адаптованість трактора до поточних ремонтів (ПР), впроваджуючи раціональні підходи до виявлення відмов, розробляючи та застосовуючи пристосування, що зменшують трудомісткість ремонту і сприяють підвищенню технічної готовності та ефективності використання трактора. Зазначається, що певний відсоток відмов (8%) фактично не піддається усуненню в умовах експлуатації, такі як течі оливи та палива, а також несправності світлової і звукової сигналізації [4, 5, 11, 19].

Більшість випадків усунення відмов (76%) здійснюється на тракторній ділянці (бригаді). Приблизно 18% відмов усуваються в майстернях господарств (головним чином відмови III групи складності), а лише невелика частина відмов, пов'язаних з розстикуванням або заміною основних агрегатів, – в спеціалізованих сервісних підприємствах. Таким чином, необхідність усунення відмов на ділянці потребує постійного вдосконалення ремонтних засобів та поліпшення адаптованості тракторів до поточних ремонтів (ПР).

Найбільш характерні вияви відмов виявляються у руйнуванні неметалевих виробів (14%), утворенні тріщин (9%) та виникненні зависань, провертань, деформацій і вигинів. За допомогою оптимізації операцій технічного обслуговування та поліпшення експлуатаційних практик можна зменшити кількість відмов, спричинених розрегулюванням, таких як регулювання форсунок, гальма, зчеплення.

Значна частина випадків відмов (82%) наразі не може бути виявлена вбудованими засобами контролю. Отже, питання розробки та впровадження таких засобів залишається актуальним. Для вирішення цього завдання також важливо розробляти та впроваджувати засоби, які передбачають виникнення відмов.

Основна більшість відмов (89%) не має впливу на термін служби з'єднаних деталей або трактора в цілому. Навіть якщо частка відмов, яка впливає на термін служби, є невеликою (11%), їх усунення є ресурсомоемким, і вони також можуть призвести до значних супутніх замін. Наприклад, несвоєчасна заміна зношеного підшипника може вести до виробничого зносу монтажної місця в корпусних деталях.

Класифікація причин відмов за походженням вказує на місце їх виникнення – конструкторське бюро, завод-виготовлювач, господарство або сервісне підприємство (дилер). Інформація щодо цього необхідна для своєчасного привертання уваги відповідних організацій до необхідності вжиття заходів з підвищення надійності трактора [4, 5, 11, 19].

2.2. Умови експлуатації та безвідмовність сільськогосподарських тракторів

Як вже було відзначено, рівень надійності тракторів в значній мірі залежить від умов їх експлуатації. Неправильно виконана обкатка нового або капітально відремонтованого трактора, порушення режимів роботи, відхилення від правил технічного обслуговування, застосування забруднених або не рекомендованих інструкцією палив і олів вносять суттєві зміни в рівень надійності тракторів. З кожним порушенням зростає ймовірність виникнення відмов, включаючи складні ситуації, які вимагають значних витрат на їх усунення. Ступінь впливу умов експлуатації на надійність тракторів особливо чітко проявляється при порівнянні рівнів надійності тракторів, які експлуатуються в умовах, що різко відрізняються. Наприклад, порівнюючи дві партії тракторів, одна з яких використовується, дотримуючись всіх правил, передбачених інструкцією з експлуатації, а інша - з певними відхиленнями від них, рівень надійності тракторів першої партії буде значно вищим, ніж у другої [14, 22].

Використовуючи показник зниження напрацювання на відмову K_{CH} в умовах реальної експлуатації в порівнянні з нормальними, можна стверджувати, що найбільш істотно цей вплив позначається на двигуні ($K_{CH} = 0,61$), трансмісію ($K_{CH} = 0,55$) і кермове керування ($K_{CH} = 0,56$). На інші складові частини комбайна умови експлуатації впливають в меншій мірі або практично не впливають на зниження рівня безвідмовності (рис. 2.3).

Використовуючи показник зменшення напрацювання на відмову (K_{CH}) в реальних умовах експлуатації у порівнянні з нормальними, можна стверджувати, що цей вплив найбільш істотно виявляється на двигуні ($K_{CH} = 0,61$), трансмісії ($K_{CH} = 0,55$) і кермовому управлінні ($K_{CH} = 0,56$). На інші складові комбайна умови експлуатації впливають менше або практично не впливають на зниження рівня надійності (рис. 2.3).

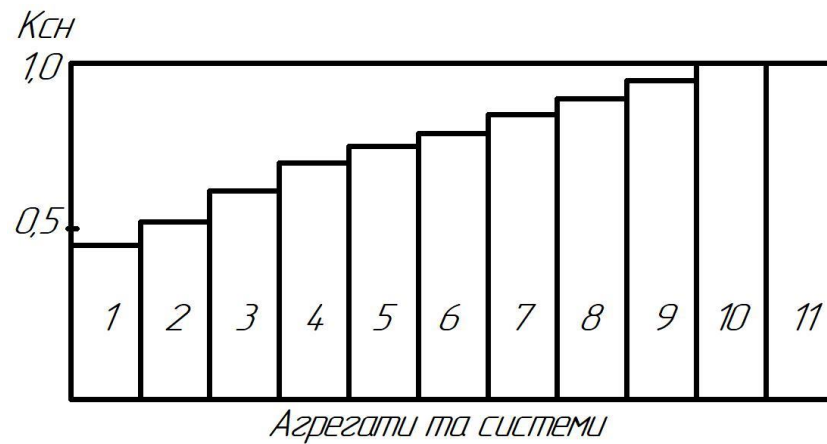


Рисунок 2.3 – Розподіл значень коефіцієнта зниження напруження $K_{сн}$ за складовими частинами, агрегатів і систем тракторів: 1 – трансмісія; 2 – кермове керування; 3 – двигун; 4 – агрегати гідронавісної системи; 5 – електрообладнання; 6 – допоміжні агрегати двигуна; 7 – ходова система; 8 – кабіна і оперення; 9 – прилади; 10 – навісна система; 11 – несуча система

Збільшення кількості відмов двигуна в умовах реальної експлуатації зумовлене порушенням правил технічного обслуговування. Невиконання операцій з своєчасної підтяжки головок циліндрів сприяє прогоранню прокладок, а несвоєчасна заміна або використання оливи з перевищенням норм механічних домішок викликає задираки вкладишів. Важливою експлуатаційною відмовою є також розрив ременя вентилятора, основна причина якого – несвоєчасне регулювання його натягу. Операції з регулювання клапанів та обслуговування паливних насосів рідко виконуються. Більшість з названих відмов можна було б уникнути застосуванням пристроїв, що забезпечують постійний контроль за роботою основних складових частин і агрегатів. Наприклад, автоматичне регулювання натягу ременя вентилятора є досить ефективним. Використання спеціальних сигналізаторів забрудненості оливи, які спричиняють зупинку двигуна при виникненні аварійних ситуацій, значно зменшує кількість задирак вкладишів. Застосування схожих методів може попередити проблеми з регулюванням клапанів і паливного насоса двигуна [14, 22].

В умовах реальної експлуатації для двигуна, як і для інших систем, також характерно взаємодія з неусуненими відмовами. Серед них варто відзначити підтікання з-під кілець ущільнювачів, гайок і прокладки ковпака головки циліндрів, а також палива з-під кілець ущільнювачів форсунок; обрив троса дублюючого пускового механізму та інші. Головним чинником таких відмов є недоліки в організації технічного обслуговування і ремонту техніки [14, 22].

Велика увага також приділяється порушенням умов експлуатації зчеплення. Якщо в нормальних умовах експлуатації зчеплення може виявляти поодинокі відмови, то в реальних умовах частіше спостерігається виникнення відмов, пов'язаних з несвоєчасним його регулюванням, ослабленням болтів кріплення корпусу, руйнуванням підшипників через недостатнє змащення і порушення його регулювання.

Під час експлуатації також виникають проблеми, пов'язані з руйнуванням підшипників хрестовин карданів через порушення режиму змащення та використання не рекомендованих заводом марок консистентних мастил. Щодо кермового керування в умовах реальної експлуатації часто зафіксовані ослаблення гайки кріплення штока гідроциліндра, болтів кріплення кермової колонки, кріплення штока гідроциліндра, кріплення пальця кришки силового циліндра; внаслідок несвоєчасного регулювання можливе заклинювання в парі черв'як-сектор. Зазначено, що витрати клапанів і запобіжного клапана, а також «заїдання» плунжера розподільника, в основному виникають внаслідок використання забрудненої оливи.

Вплив умов експлуатації проявляється також в роботі гідронавісної системи ($K_{CH} = 0,7$), електрообладнання ($K_{CH} = 0,75$), допоміжних агрегатів двигуна ($K_{CH} = 0,78$) і ходової частини ($K_{CH} = 0,85$). Умови експлуатації мають невеликий вплив на безвідмовність приладів ($K_{CH} = 0,9$) і практично не впливають на навісну та несучу системи ($K_{CH} = 1$).

Більша частина (від 40% до 83%) відмов кожної з систем трактора є повторюваними експлуатаційними відмовами. Наприклад, для двигуна ці

відмови становлять майже 64% всіх відмов двигуна і 29% всіх відмов трактора; для рульового управління – відповідно 64% і 10,1%; для електрообладнання – 73,9% і 9,1%; для трансмісії – 75% і 8%.

Кількість відмов, які припадають на ці системи, розподіляється наступним чином: для двигуна – 42%, для електрообладнання – 13,1%, для кермового керування – 12,2%. Таким чином, впровадження заходів, спрямованих на попередження повторюваних експлуатаційних відмов, може значно зменшити їх загальну кількість [14, 22].

Переважає більшість відмов має експлуатаційне походження, з великою часткою відмов, викликаних порушенням правил експлуатації. Наприклад, для агрегатів гідравлічної системи ця частка становить 87,5%, для електрообладнання – 66,8%, для гідрофікованої системи управління поворотом колісного трактора – 60,4%, для двигуна – 60,3%, і для трансмісії – 33,2%.

Порівняння аналогічних результатів періодичних (контрольних) випробувань техніки та спостережень за нею у споживача також свідчить, що якщо в нормальних умовах експлуатації напрацювання на складну відмову прийняте за 100%, то для кращих реальних умов цей показник становить лише 75%. Ці дані, які є типовими для інших сільськогосподарських машин, вказують, що при дотриманні правил, визначених у заводських інструкціях, напрацювання на складну відмову у 1,7 рази більше, ніж у середніх реальних умовах. Варто відзначити, що відмови можуть виникати як внаслідок конструктивних недоліків тракторів або порушень технології їх виготовлення, так і через грубі порушення правил експлуатації, що в основному спостерігаються тільки в реальних умовах [14, 22].

Для першого випадку в якості прикладу можна назвати обрив шатунного болта (до першого розбирання), підтікання оливи через задне ущільнення колінчастого вала, злам поршневих кілець, тріщину паливного бака зі зварювання, злам несучих елементів кабіни. Ці відмови зустрічаються як в умовах нормальної, так і реальної експлуатації з однаковою частотою.

Усунення причин таких відмов вимагає конструктивного доопрацювання або поліпшення якості виготовлення виробів.

Для другого випадку характерні такі відмови, як розморожування блоку циліндрів, підвищений знос деталей механізмів через застосування забруднених і нестандартних ПММ, втрата еластичності ущільнень гільз циліндрів внаслідок перегріву двигуна при роботі з несправною системою охолодження (без охолоджуючої рідини), торцевої знос і сколи зубів шестерень коробки передач при неправильному перемиканні передач (без зупинки машини), сульфатація пластин акумулятора (при малих напруженнях) через порушення правил його обслуговування.

Таким чином, в умовах реальної експлуатації внаслідок порушення нормальних режимів роботи і регламенту ТО, застосування неякісних ПММ – безвідмовність тракторів значно знижується.

Для першого випадку можна привести конкретні приклади відмов, які спостерігаються як в умовах нормальної, так і реальної експлуатації з однаковою частотою. Наприклад: обрив шатунного болта (до першого розбирання); злам поршневих кілець; підтікання оливи через задне ущільнення колінчастого вала; злам несучих елементів кабіни; тріщина паливного бака зі зварювання.

Усунення причин таких відмов може вимагати конструктивного доопрацювання або поліпшення якості виготовлення виробів чи машини.

Для другого випадку характерні відмови, спричинені порушенням нормальних режимів роботи і регламенту технічного обслуговування (ТО), а також використанням неякісних паливо-мастильних матеріалів (ПММ). Наприклад: втрата еластичності ущільнень гільз циліндрів внаслідок перегріву двигуна при роботі з несправною системою охолодження; підвищений знос деталей механізмів через застосування забруднених і нестандартних ПММ; розморожування блоку циліндрів; сульфатація пластин акумулятора через порушення правил його обслуговування при малих

напрацюваннях; торцевий знос і сколи зубів шестерень коробки передач при неправильному перемиканні передач (без зупинки машини).

Отже, в умовах реальної експлуатації через порушення нормальних режимів роботи, регламенту ТО та використання неякісних ПММ безвідмовність тракторів значно знижується.

2.3. Показники надійності тракторів як випадкові величини

Для розробки та впровадження заходів з підвищення якості ремонту та експлуатації машин в сільському господарстві інженер-механік сільськогосподарського виробництва повинен вміти розраховувати та оцінювати показники надійності машин, що знаходяться в сфері експлуатації. Загальну надійність та окремі її властивості (безвідмовність, довговічність, ремонтоздатність та збереженість) можна оцінити повністю лише на основі кількісних вимірювань.

Згідно з стандарту ДСТУ-2860-94 показники надійності поділяють на комплексні та одиночні. До одиночних показників відносять, наприклад, ймовірність безвідмовної роботи, середній ресурс, середній термін служби машини, наробіток до відмови тощо. До комплексних відносять коефіцієнт готовності, відносна трудомісткість технічного обслуговування, відносна сумарна вартість технічного обслуговування та ремонту машини та інші. На основі одиночних показників надійності машинобудівні та ремонтні підприємства підвищують якість продукції [6].

За розмірами показників надійності машиновипробувальні станції вирішують, чи дозволяти чи забороняти серійне виробництво нових машин, тоді як споживач оцінює технічну та економічну доцільність придбання нових машин та планує їхню виробничу діяльність, включаючи простої, витрати праці та кошти на технічне обслуговування та ремонт. Кількість показників надійності залежить від конструктивних особливостей машини,

специфічних умов її експлуатації і, головне, від кінцевих завдань, які ставить перед випробувачем. Тому кількість показників надійності в різних випадках випробувань та для різних машин може змінюватися в широких межах. Наведені нижче основні показники надійності тракторів та сільськогосподарських машин відрізняються комплексним характером. Однак кількість показників може бути збільшена чи зменшена в залежності від поставлених завдань та умов випробування машини [4, 5, 8].

Оціночні показники безвідмовності:

- 1) напрацювання на відмову або напрацювання на одну експлуатаційну відмову T_v (одиниці напрацювання/відмова);
- 2) параметр потоку відмов або параметр потоку експлуатаційних відмов (характеризує частоту чи швидкість появи експлуатаційних відмов) - ω_v (відмови/одиниця напрацювання).

Оціночні показники довговічності:

- 1) технічні ресурси та терміни служби машин або їх елементів, що поділяються на доремонтні - $T_{dp}(Q_{in})$, міжремонтні - $T_{mp}(Q_{mp})$ та повні - T_n , (одиниці напрацювання) та Q_n (години, роки);
- 2) гамма-відсоткові ресурси - $T(\gamma\%)$ (одиниці напрацювання);
- 3) інтенсивність відмов або швидкість виникнення ресурсних відмов (умовна щільність ймовірності виникнення відмов для моменту часу) - λ_{pv} .

Оціночні показники ремонтпридатності:

питомі витрати часу $Ч_{rnp}$, праці $П_{rnp}$ та коштів $Р_{rnp}$ на проведення технічного обслуговування, усунення експлуатаційних відмов та ремонт машини або її елементів.

Оціночні показники збереження:

- 1) термін збереження - $T_{збр}$ (одиниця напрацювання);
- 2) середня питома вартість консервації та розконсервації машини або її елемента $Р_{збр}$ (грн/одиниця напрацювання).

Загальні комплексні показники надійності:

- 1) середня питома вартість надійності - P_n (грн/одинаця напрацювання);
- 2) коефіцієнт готовності, що виражає ймовірність того, що машина або її елемент виявляться працездатними у довільний момент часу – K_2 ;
- 3) коефіцієнт технічного використання, що є відношенням часу перебування машини в працездатному стані до часу її роботи і простоїв на технічне обслуговування та ремонт – K_{mv} .

Логічна схема основних показників надійності тракторів та сільськогосподарських машин показана на рисунку 2.4.

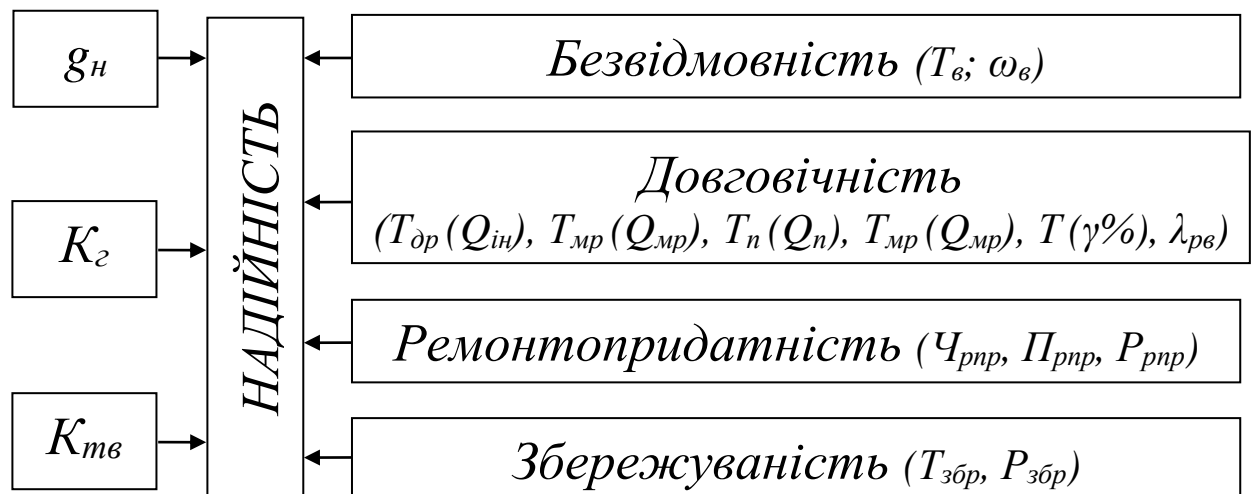


Рисунок 2.4 – Загальна схема зв'язку властивостей та показників надійності.

Показники надійності тракторів та сільськогосподарських машин мають значне розсіювання (розкид), що пояснюється, з одного боку, нестабільністю якості нових та відремонтованих машин, з іншого – різноманітністю та непостійністю умов їх експлуатації. Рівень надійності відремонтованих машин розсіюється ще більше через нестабільну якість запасних частин, різного технічного стану ремонтного фонду та

нестабільність технологічних процесів ремонту на різних ремонтних підприємствах.

Зі сказаного випливає: по-перше, показник надійності конкретної машини або її елемента не може бути характеристикою середнього значення цього показника для сукупності машин, а по-друге, всі показники надійності тракторів та сільськогосподарських машин відносяться до категорії випадкових величин, які розраховують методами теорії ймовірностей та математичної статистики.

Внаслідок цього при розрахунку кожного показника надійності необхідно визначати [4, 5, 8]:

1. Середнє значення показника надійності – \bar{t} .
2. Довірчі межі розсіювання одиночного (t^H та t^B) та середнього (\bar{t}^H та \bar{t}^B) значень показника надійності.
3. Можлива відносна помилка перенесення δ .

Відомо, що ймовірність появи випадкових величин або подій визначається як відношення числа «сприятливих» випадків їх появи в заданому інтервалі до загального числа дослідів чи кількості машин, що випробовуються. В даному випадку слово «сприятливі» укладено в лапки, оскільки воно характеризує кількість випадків появи випадкової величини, тоді як самі ці випадки можуть виявитися у звичайному розумінні далеко не сприятливими (наприклад, аварія чи відмова машини чи її елемента).

Розрізняють математичну та досвідчену ймовірності. Математичну можливість появи події можна визначити логічним чи розрахунковим шляхом без проведення досвіду.

Математичну та досвідчену ймовірності визначають за рівняннями:

$$P(A) = \frac{m}{N}, \quad (2.1)$$

$$p(A) = \frac{M}{N}. \quad (2.2)$$

де $P(A)$ і $p(A)$ — відповідно дослідна та математична ймовірність появи випадкової події A ;

M та m – відповідно розрахункове та досвідчене число «сприятливих» випадків появи випадкової події A ;

N – загальна кількість дослідів, або повторність інформації, або кількість машин, що спостерігаються.

Встановити заздалегідь математичну ймовірність появи того чи іншого значення показника надійності трактора чи сільськогосподарської машини практично неможливо. Тому при випробуванні машин на надійність обмежуються визначенням досліджуваних ймовірностей появи показників надійності та враховують похибку такого визначення.

Визначена за результатами випробування досліджувана ймовірність появи того чи іншого показника надійності є число машин або число елементів машин (y % або частках одиниці), які при наступному випробуванні матимуть приблизно ці значення показників надійності. Наприклад, якщо при випробуванні досить великої кількості однотипних машин була встановлена ймовірність $P = 0,4$ появи ресурсної відмови в інтервалі напрацювань від 2000 до 2500 мото-год, то можна стверджувати, що при наступних випробуваннях або при експлуатації цих машин у цьому ж інтервалі напрацювання і в тих же умовах 40% цих машин вимагатиме ремонту. Чим більше випробувано машин або зразків елементів, тим вищий рівень достовірності прогнозу [4, 5, 8].

Висновки до розділу 2

1. Вплив на надійність трактора в умовах експлуатації змінюється внаслідок взаємодії різноманітних чинників, які діють не відокремлено, а взаємодіючи між собою в складній системі залежності. Ці чинники можна класифікувати в три основні групи: конструктивні (*K*), технологічні (*T*) і експлуатаційні (*E*). Окрім того, їх можна умовно розділити на внутрішні і зовнішні відносно самого трактора.

2. Рівень надійності тракторів в значній мірі залежить від умов їх експлуатації. Неправильно виконана обкатка нового або капітально відремонтованого трактора, порушення режимів роботи, відхилення від правил технічного обслуговування, застосування забруднених або не рекомендованих інструкцією палив і олів вносять суттєві зміни в рівень надійності тракторів. З кожним порушенням зростає ймовірність виникнення відмов, включаючи складні ситуації, які вимагають значних витрат на їх усунення. Ступінь впливу умов експлуатації на надійність тракторів особливо чітко проявляється при порівнянні рівнів надійності тракторів, які експлуатуються в умовах, що різко відрізняються.

3. Аналіз показників надійності засвідчив, що: по-перше, показник надійності конкретної машини або її елемента не може бути характеристикою середнього значення цього показника для сукупності машин, а по-друге, всі показники надійності тракторів та сільськогосподарських машин відносяться до категорії випадкових величин, які розраховують методами теорії ймовірностей та математичної статистики.

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

3.1. Методика збору та опрацювання інформації про надійність тракторів

Для техніки, що використовується у сільськогосподарському виробництві, характерне значне розсіювання значень показників надійності. Тому це зумовлює особливі вимоги до збору інформації про надійність сільськогосподарської техніки. Важливе значення набуває якість вихідної інформації, що залежить від ретельності і тривалості спостережень за часом (за величиною напрацювання машин або їх елементів) і від кількості машин, що одночасно спостерігаються або випробовуються, або їх елементів [4, 5, 8].

Складність збору інформації про показники надійності тракторів та сільськогосподарських машин чи окремих їх елементів погіршується трудомісткістю та відносно високою вартістю проведення випробувань чи спостережень.

З огляду на це, у сільському господарстві склалася специфічна методика збирання інформації про показники надійності машин.

У процесі спостереження машини або елемента у спеціальний журнал записують вихідні дані (найменування та марку машини або її елемента, місце їх випробування чи спостереження, дату виготовлення чи ремонту, назву заводу-виробника чи ремонтного підприємства, дату початку та кінця випробування чи спостереження), а також умови роботи та напрацювання машини або її елемента наростаючим підсумком та реєструють усі випадки простою з технічних причин (проведення технічного обслуговування, усунення відмов та ремонт).

Роботу машини, як і окремих її елементів, реєструють в одиницях напрацювання, при цьому вказують вид і характер роботи, склад агрегату та

особливості експлуатації (дощ, суш, пилозабур'яненість, – кількість зупинок та запусків тощо).

Напрацювання тракторів і самохідних шасі виражають у мотогодинах за показаннями лічильників, а для комбайнів, автомобілів і сільськогосподарських машин – у годинах чистої роботи та в одиницях роботи, прийнятих для даного типу машин (фізичних гектарах, тоннах). намолот, тонно-кілометри тощо).

Для тракторів та самохідних шасі, крім реєстрації мотогодин, рекомендується враховувати витрати палива та олії.

При зборі інформації велику увагу приділяють вимушеним та регламентованим простоям для усунення відмов та проведення щозмінних та періодичних технічних обслуговувань.

По кожній відмові в журнал записують назву елемента, що вийшов з ладу, і його напрацювання до відмови, передбачувану причину виникнення і класифікацію відмови через виникнення (раптовий або поступовий), спосіб усунення та класифікацію відмови за способом усунення (експлуатаційний або ресурсний), елементи витрат часу на усунення відмови (основне та допоміжне), кількість робітників, зайнятих на кожній операції з усунення відмови, найменування та кількість витрачених запасних частин.

У журналі докладно описують особливості проведення щозмінних та періодичних технічних обслуговувань по даній машині: перелік фактично виконаних операцій, тривалість проведення технічного обслуговування, кількість робітників, що брали участь у роботі, тощо [4, 5, 8].

В результаті спостережень або випробувань визначають витрати часу, праці та коштів на технічне обслуговування, усунення експлуатаційних відмов та ремонт. Тому, при реєстрації простоїв машин у журналі вказують кількість та вартість замінених деталей або сполучень, вартість транспортних витрат на доставку деталей та виклик пересувної майстерні, вартість послуг майстерні та інші витрати, пов'язані з проведенням технічного обслуговування та усунення відмов.

Дані про розмір грошових витрат узгоджують з бухгалтерією господарства, щоб правильно врахувати накладні та інші витрати.

Тривалість випробування машин встановлюють залежно від їхньої конструкції та початкового рівня надійності. Найчастіше випробування чи спостереження проводять циклами до настання граничного стану машини, тобто до потреби у ремонті.

У процесі випробування або спостереження з появою відмови проводять мікрометраж основних деталей і пар машини, результати якого заносять у спеціальні мікрометражні карти. Наприкінці випробувань, якщо це передбачено програмою, машину розбирають та повністю мікрометрують. За деталями і вузлами машин, що не мають пар (радіатор, акумуляторна батарея, паливопроводи і т. п.), що труться, зношений стан визначають експертною оцінкою. На основі всіх цих даних підраховують повний та залишковий ресурси основних деталей та вузлів машини.

У процесі випробування або спостереження з появою відмови проводять мікрометраж основних деталей і пар машини, результати якого заносять у спеціальні мікрометражні карти. Наприкінці випробувань, якщо це передбачено програмою, машину розбирають та повністю мікрометрують. За деталями і вузлами машин, що не мають пар (радіатор, акумуляторна батарея, паливопроводи і т. п.), що труться, зношений стан визначають експертною оцінкою. На основі всіх цих даних підраховують повний та залишковий ресурси основних деталей та вузлів машини.

Випробування закінчують проведенням пробного ремонту машини та постановкою її на пробне зберігання. При цьому збирають інформацію про витрати часу, праці та коштів на ремонт та зберігання машини.

Враховуючи значне розсіювання первинної інформації, під час випробування машин головне значення має правильний вибір кількості одночасно випробуваних машин (повторність інформації) [4, 5, 8].

Недостатня кількість машин при випробуванні може спричинити помилку в результаті розрахунків показників надійності і зробити їх

непридатними для практичного використання. З іншого боку, надто велика повторність випробувань, хоч і забезпечує високу точність розрахунків, буде неприйнятною з економічних міркувань через високу вартість таких випробувань. Таким чином, необхідно відчувати таку кількість машин, при якому виходить достатня точність кінцевих результатів за невисоких витрат.

Отриману у процесі випробування (спостереження) машин інформацію зводять у таблиці, що є основою подальшої математичної обробки та розрахунку показників надійності.

Для того щоб здійснити кількісну оцінку властивостей надійності тракторів марки CLAAS моделі Axion 850 нами було проведено збір статистичної інформації випадкових величин. В даному випадку під випадковою величиною розуміємо кількісну величину напрацювання трактора марки CLAAS моделі Axion на момент настання певної відмови. В результаті цього нами було сформовано таблицю, до якої вносились у визначені графи дані щодо результатів спостережень. Нами було визначена дана інформація, до неї відноситься дати настання та назва відмови, загальне напрацювання (t) та напрацювання між відмовами (t_0) (табл. 3.1.)

Таблиця 3.1 – Форма для відображення статистичних даних відмов трактора марки CLAAS моделі Axion

Марка та модель трактора		марки CLAAS моделі Axion 850	Реєстраційний номер	.....
№ з/п	Дата	Відмова	Загальне напрацювання t , мото-год	Напрацювання між відмовами t_0 , мото-год	Трудомісткість усунення відмови, T_p , люд-год
1	2	3	4	5	6
1	14.04.2020	Заміна теплообмінника	5450	837	3
2	02.08.2020	Ремонт навіски	5930	480	4
3	26.05.2021	Заміна шкворневих підшипників	6600	670	6,5
...
n	5.09.2023	Заміна сальника бортового редуктора	10900	890	4,5

Тому, напрацювання між відмовами ми знаходимо відповідно як різницю між загальним напрацюванням до відмови яка настала (t_n) та напрацюванням до попередньої відмови (t_{n-1}), отже:

$$t_0 = t_n - t_{n-1} \quad (3.1)$$

Дане спостереження проводимо для тракторів марки CLAAS моделі Axion 850 (32 од), що експлуатуються в господарствах Західного Лісостепу України. Ми починали проводити спостереження з моменту закінчення офіційної гарантії, а це після закінчення двох років експлуатації або напрацювання 4500 мото-год.

Також певну частину статистичної інформації нам вдалось отримати із журналів обліку головних інженерів господарств.

3.2. Методика кількісної оцінки властивостей надійності тракторів

Імовірність безвідмовної роботи визначають з формули [4, 5, 8, 16]:

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

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

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

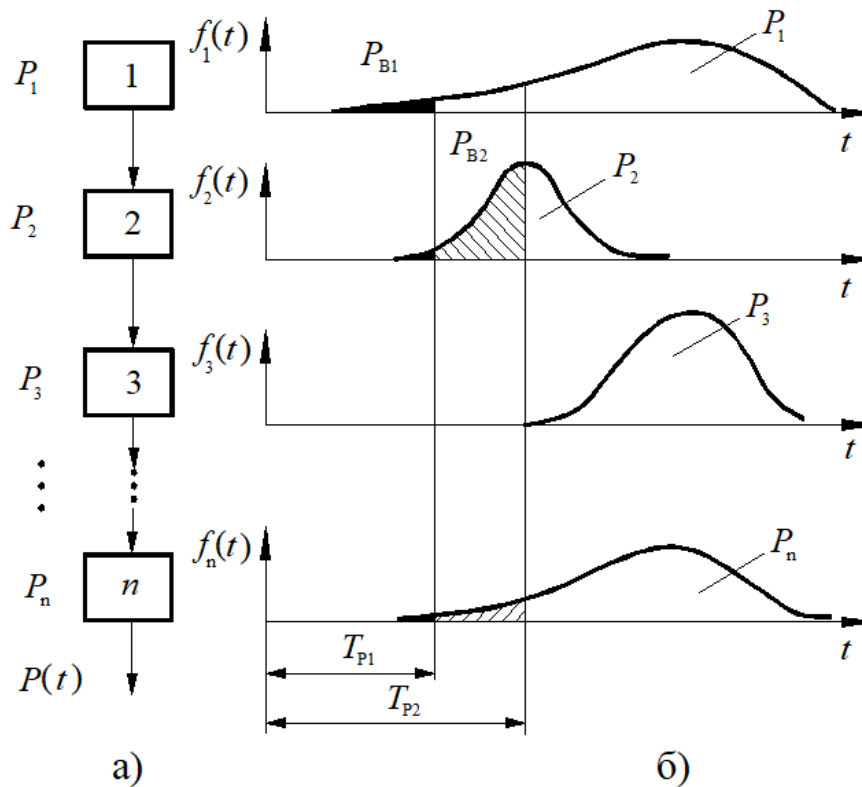


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема послідовного з'єднання елементів складної технічної системи: а) схема з'єднання; б) закономірності розподілу термінів служби елементів

Імовірність безвідмовної роботи такої системи дорівнює добуткові таких же імовірностей її елементів [5, 8, 16]:

$$P(t) = P_1, P_2, \dots, P_n = \prod_{i=1}^n P_i. \quad (3.3)$$

Якщо $P_i = \text{const}$, $i = \overline{1, n}$, то

$$P(t) = P_{in}. \quad (3.4)$$

Якщо причиною виходу з ладу елементів системи є раптові відмови (поломки), які підпорядковані експоненційному закономірності розподілу, то

$$P_i = e^{-\lambda_i t}, \quad (3.5)$$

Якщо $\lambda_i = \text{const}$, отримуємо

$$P(t) = \prod_{i=1}^n e^{-\lambda_i t} = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)t} = e^{-\lambda_0 t}, \quad (3.6)$$

де $\lambda_0 = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n$.

Якщо причиною відмов елементів системи є не раптові, а поступові відмови, то підхід до розрахунку ІБР повинен бути іншим. Схема формування значень P_i для цього випадку показана на рис. 3.1б. Для кожного із елементів характерна своя густина розподілу відмов $f_i(t)$, яку отримують на основі аналізу моделі їх виникнення. Тому, якщо змінюється період розгляду роботи системи, змінюється і значення P_i для кожного елемента. Наприклад, за зміни t від Tr_1 до Tr_2 імовірність відмови першого елемента зростає у 2,0-2,5 рази, другий елемент стане практично непрацездатним через низьку безвідмовність P_2 , а третій взагалі не впливатиме на $P(t)$, оскільки $t_3 > Tr_2$. Якщо застосувати для цього випадку експоненційну закономірність, то отриманий результат щодо імовірності безвідмовної роботи системи не відповідатиме дійсності – він буде помилковим [5, 8, 16].

Середній пробіг трактора до відмови:

$$\bar{L}_o = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N l_{oi} \cdot m_{ij} \quad \text{тис. км,} \quad (3.7)$$

тут l_{oi} – пробіг i -го трактора до першої відмови; m_{ij} – кількість i -х перших відмов j -х трактора.

Інтенсивність відмов:

$$\lambda(L) = \frac{\sum M(l_1) - \sum M(l_2)}{N(l_2 - l_1)} \quad \text{км-1,} \quad (3.8)$$

де $\sum M(l_1) - \sum M(l_2)$ – сумарні кількості, відповідно, працездатних трактора на початку (l_1) і в кінці (l_2) спостережень серед загальної їх кількості N ; $l_2 - l_1$ – заданий інтервал пробігу, на якому здійснювались спостереження.

Гамма-відсотковий пробіг до відмови трактора за умови, що поточні значення його підпорядковані нормальному закону [5, 8, 16]:

$$L_\gamma = \bar{L}_o - P_k(l_\gamma) \sigma \quad \text{км,} \quad (3.9)$$

тут $P_k(L_\gamma)$ – квантиль нормального закону розподілу пробігів до відмов; σ - середнє квадратичне відхилення пробігів.

Квантилем називається значення абсциси розподілу пробігів трактора, через яке проводиться вертикальна пряма, що буде відтинати від площі під кривою густини розподілу пробігів заданий її відсоток. Медіана, наприклад, поділяє цю площу навпіл і, отже, є 50%-м квантилем. Графічно це пояснюється таким чином (рис. 3.2).

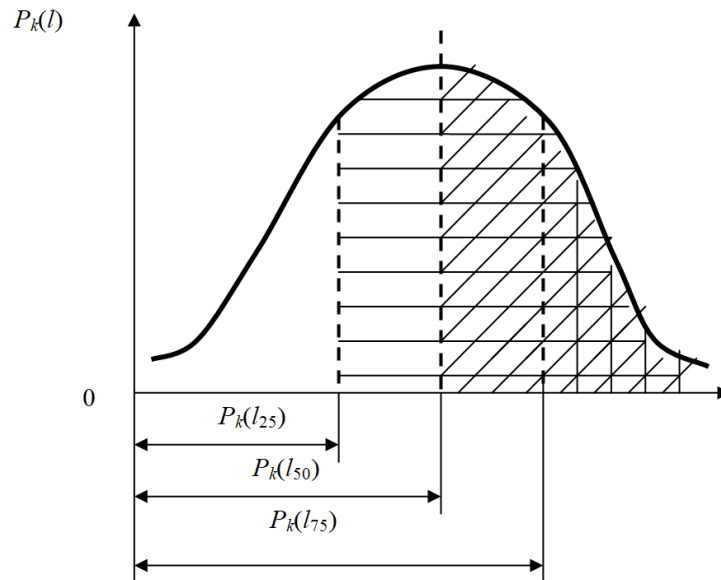


Рисунок 3.2 – До пояснення квантилів розподілу пробігів трактора до відмов

Якщо квантиль $P_k(l_\gamma)$ відсікає 25% площі під кривою його називають квантилем. При цьому розрізняють нижній 25%-й квантиль та 75%-й верхній квантиль. Значення квантилів для різних законів розподілу випадкових величин протабульовано у літературі з теорії ймовірностей [5, 8, 16].

Середній пробіг трактора та відмову:

$$\bar{L}_{np} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{l_i}{m(l_i)}, \text{ км}, \quad (3.10)$$

тут l_i – пробіг i -го трактора на відмову; $m(l_i)$ – кількість об'єктів, які мали відмови на пробігу l_i .

Параметр потоку відмов трактора:

$$\omega(L) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{m(l_i)}{\Delta l_i} \text{ км}^{-1}, \quad (3.11)$$

де Δl_i - інтервали пробігів трактора, впродовж яких вони відмовляють.

Показники довговічності трактора обчислюють за такими формулами.

Середній ресурс та середній термін служби трактора:

$$\bar{L}_p = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N l_{pi} \text{ тис. км}; \quad (3.12)$$

$$\bar{T}_{cl} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_{cli}, \text{ років}, \quad (3.13)$$

де l_{pi} , t_{cli} – відповідно ресурс та термін служби i -х трактора.

Гамма-відсоткові ресурс та термін служби трактора за умови, що поточні значення їх підпорядковані нормальному закону [5, 16]:

$$L_{p\gamma} = \bar{L}_p - P_k(l_\gamma)\sigma \text{ тис. км}; \quad (3.14)$$

$$T_{cl\gamma} = \bar{T}_{cl} - P_k(t_\gamma)\sigma \text{ років}, \quad (3.15)$$

де $P_k(l_\gamma)$, $P_k(t_\gamma)$ - квантилі нормального закону розподілів ресурсу та терміну служби трактора; σ – середнє квадратичне відхилення.

Окремі показники ремонтпридатності трактора визначають за такими формулами. Середня тривалість відновлення працездатного стану трактора:

$$\bar{T}_b = \frac{1}{m_b} \sum_{i=1}^{m_b} t_{bi}, \text{ год.}, \quad (3.16)$$

де t_{bi} – тривалість відновлення працездатного стану i -го об'єкта; m_b – кількість виявлених та усунених відмов.

Імовірність відновлення працездатного стану:

$$P_b(t) = P(\bar{T}_b < t_{don}), \quad (3.17)$$

тут \bar{T}_b - середня тривалість відновлення працездатного стану, год.;
 t_{don} – задана (допустима) тривалість усунення відмов, год.

Властивість збережуваність оцінюється двома основними показниками: середній термін збережуваності і гамма-відсотковий термін збережуваності [5, 16].

Середній термін збережуваності визначається за формулою:

$$\overline{T_{зб}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_{збi}, \text{ років,} \quad (3.18)$$

тут $t_{збi}$ – терміни збережуваності i -х об'єктів.

Гамма-відсотковий термін збережуваності:

$$T_{зб\gamma} = \overline{T_{зб}} - P_k(t_{зб})\sigma, \text{ років,} \quad (3.19)$$

де $P_k(t_{зб})$ - функція розподілу терміну збережуваності; σ – середнє квадратичне відхилення цього показника.

Деякі показники комплексної властивості готовності розраховуються з використанням таких співвідношень [16].

Коефіцієнт готовності визначають за формулою

$$K_z = \frac{T_{нц}}{T_{нц} + T_{в}} \quad (3.20)$$

де $T_{нц}$ - сумарна тривалість працездатного стану трактора; $T_{в}$ - сумарна тривалість усунення його відмов.

Отже, цей коефіцієнт характеризує готовність трактора до використання його за призначенням, або ж – це імовірність застати його у працездатному стані у будь-який момент часу без урахування простоїв трактора на плановому ТО, ремонті, зберіганні чи транспортуванні.

Він не враховує простої з організаційних причин $T_{орг}$. Його враховує коефіцієнт оперативної готовності:

$$K_{ог} = \frac{T_{нц}}{T_{нц} + T_{в} + T_{орг}}. \quad (3.21)$$

До організаційних причин трактора належать відсутність наряду, виклик ремонтної бригади; підвезення запчастин зі складу та інше.

Коефіцієнт технічного використання [4, 5, 16]:

$$K_{mv} = \frac{T_{nc}}{T_{nc} + T_{TO} + T_{рем}}, \quad (3.22)$$

де T_{nc} – сумарна тривалість працездатного стану трактора; T_{TO} , $T_{рем}$ – сумарна тривалість перебування трактора на ТО і в ремонті.

Цей коефіцієнт характеризує частку тривалості перебування трактора у працездатному стані з урахуванням простоїв на усіх видах РОД [5, 16].

Коефіцієнт збереження ефективності враховує зміну ефективності трактора залежно від тривалості його перебування у працездатному стані. Розраховується за відношенням показника ефективності використання трактора у транспортних процесах (фактичний обсяг транспортної роботи, наприклад, $W_{p.ф.}$) до номінального значення цього показника $W_{p.н.}$, розрахованого за умови, що відмови трактора упродовж того ж періоду не виникають, тобто, коли $K_z = 1$:

$$K_{e.в.} = \frac{W_{p.ф.}}{W_{p.н.}} \quad (3.23)$$

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

Для ланцюга функціонально послідовно з'єднаних k -елементів ІБР автомобіля визначають за формулою [5, 16]

$$P(L)_{noc} = \prod_{k=1}^n P(l_k). \quad (3.24)$$

Для паралельного з'єднання цей показник дорівнює

$$P(L)_{нар} = 1 - \prod_{k=1}^n (1 - P(l_k)). \quad (3.25)$$

Якщо імовірності безвідмовної роботи кожного елемента однакові то ці формули набудуть вигляду:

$$P(L)_{na} = P(l)_k^n \quad (3.26)$$

$$P(L)_{нар} = 1 - \left(1 - P(l)_k\right)^n \quad (3.27)$$

3.3. Методика математичного опрацювання статистичних даних

Досить часто явища і процеси, що відбуваються як у сільськогосподарському так і у ремонтному виробництві мають випадковий характер, що дає змогу за їхніми кількісними характеристиками отримати емпіричні дані. Опрацювання таких даних здійснюють за певними математичними методами, які обґрунтовують на підставі теорії ймовірностей і математичної статистики.

В процесі перевірки емпіричні розподіли повинні узгоджуватися з теоретичними за спеціально розробленими в теорії ймовірностей статистичними критеріями [16].

Для цього наведемо приклад методики розрахунку статистичних характеристик емпіричних величин.

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

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

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

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

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

Необхідний крок інтервалу визначаємо за формулою:

$$\Delta Y = \frac{Y_N - Y_1}{k}, \quad (3.30)$$

З метою полегшення розрахунків побудуємо табл. 3.2. для визначення статистичних характеристик.

Таблиця 3.2 – Розрахунок статистичних характеристик [16]

№ з/п	Показник	N інтервалу				
		1	2	...	$k-1$	k
1	Інтервал $Y_i^H \dots Y_i^B$	$Y_1^H \dots Y_1^B$	$Y_2^H \dots Y_2^B$	...	$Y_{k-1}^H \dots Y_{k-1}^B$	$Y_k^H \dots Y_k^B$
2	Середина інтервалу, Y_i	Y_1	Y_2	...	Y_{k-1}	Y_k
3	Частота, m_i	m_1	m_2	...	m_{k-1}	m_k
4	Емпірична частість, $P_i = \frac{m_i}{N}$	P_1	P_2	...	P_{k-1}	P_k
5	$Y_i \cdot P_i$	$Y_1 \cdot P_1$	$Y_2 \cdot P_2$	...	$Y_{k-1} \cdot P_{k-1}$	$Y_k \cdot P_k$
6	$(Y_i - Y_c)^2 \cdot P_i$	$(Y_1 - Y_c)^2 \cdot P_1$	$(Y_2 - Y_c)^2 \cdot P_2$	...	$(Y_{k-1} - Y_c)^2 \cdot P_{k-1}$	$(Y_k - Y_c)^2 \cdot P_k$

Визначити частоту m_i попадання випадкової величини у кожен інтервал, а також розрахувати емпіричну частість P_i :

$$P_i = \frac{m_i}{N} \quad (3.31)$$

б) Розрахувати статистичні характеристики (оцінки):
математичного сподівання

$$Y_c = \sum_{i=1}^k Y_i \cdot P_i; \quad (3.32)$$

дисперсії

$$D = \sum_{i=1}^k (Y_i - Y_c)^2 \cdot P_i; \quad (3.33)$$

середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^k (Y_i - Y_c)^2 \cdot P_i}; \quad (3.34)$$

Коефіцієнт варіації відповідно визначаємо за формулою:

$$v = \frac{\delta}{Y_c - Y_{3M}}; \quad (3.35)$$

де: Y_{3M} – зміщення (зони розкиду) випадкової величини Y відносно нуля.

Оцінку коефіцієнта варіації виконуємо за формулою (3.35) розраховують, якщо (зона розбіжності) значень показника Y має зміщення відносно нуля. За умови, що Y_1 варіаційного ряду не є помилковим (належить вибірці), вважають $Y_{zm} = Y_1$.

Виконання перевірки крайніх значень отриманого варіаційного ряду на належність вибірці. Перше Y_1 та останнє Y_N значення отриманого в процесі дослідження варіаційного ряду необхідно перевірити на належність їх вибірці (чи не є вони помилковими). Для цього ми скористаємося критерієм Ірвіна [16]:

$$\lambda_{d1} = \frac{1}{\delta}(Y_2 - Y_1); \quad (3.36)$$

$$\lambda_{dN} = \frac{1}{\delta}(Y_N - Y_{N-1}). \quad (3.37)$$

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

У випадку якщо для виконання окремих дослідів (визначення кожного значення Y) необхідно затратити значні ресурси (кошти та час) важливою умовою є здійснити їх таку кількість, яка була б достатньою для оцінки статистичних характеристик. Зазвичай число N_d дослідів для розподілу слід визначати на підставі гарантування того, що відносна похибка (δ) оцінки математичного сподівання із заданою довірчою ймовірністю ($\alpha = 0,8 \dots 0,95$) яка не перевищує 10-20% [16]:

$$N_d = \frac{v^2 t^2}{\delta^2}; \quad (3.38)$$

де: t – квантиль нормального розподілу.

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

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

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

Наступним кроком є розрахунок теоретичної частоти. Для цього необхідно розрахувати значення густини функції розподілу ($f(Y_i)$) для кожного часткового інтервалу. Для теоретичного закону розподілу Вейбулла потрібно насамперед відшукати параметри мірила a і b [16].

Для кожного наявного часткового інтервалу визначають теоретичну частість:

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

де: ΔY – крок інтервалу.

Виконання перевірки близькості емпіричного і теоретичного розподілів здійснюється за критерієм X^2 (X^2 – квадрат, Пірсона) [16]. Для цього відповідно для кожного часткового інтервалу необхідно розрахувати добуток – $N \cdot P_{Ti}$. Виразити критерій за формулою:

$$X^2 = \sum_{i=1}^{k'} \frac{(m_i - N \cdot P_{Ti})^2}{N \cdot P_{Ti}}, \quad (3.40)$$

де: k' – кількість інтервалів (з урахуванням їх об'єднання).

Визначення числа ступенів вільності здійснюється за формулою:

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

де: n – число параметрів функції наявного теоретичного розподілу.

Задавшись рівнем значимості α ($\alpha = 0,05 \dots 0,1$), знайдемо для визначеного r , значення $(X')^2$ та порівняємо його із розрахунковим. У випадку якщо $X^2 < (X')^2$, тоді теоретичний розподіл відображає наявні

емпіричні дані. В протилежному випадку близькість між емпіричним і теоретичним розподілом відсутня [4, 5, 16].

Висновки до розділу 3

1. Для техніки, що використовується у сільськогосподарському виробництві, характерне значне розсіювання значень показників надійності. Тому це зумовлює особливі вимоги до збору інформації про надійність сільськогосподарської техніки. Важливе значення набуває якість вихідної інформації, що залежить від ретельності і тривалості спостережень за часом (за величиною напрацювання машин або їх елементів) і від кількості машин, що одночасно спостерігаються або випробовуються, або їх елементів.

2. Для проведення виробничих експериментів із вивчення ймовірності відмов тракторів використовувалась методика, яка відповідає чинним стандартам та базується на методах математичної статистики. Залучення облікових документів та операторів тракторів під час досліджень дозволило отримати об'єктивні статистичні дані.

3. Математичне опрацювання отриманих нами в результаті виробничих експериментів статистичних даних виконувалось згідно стандартизованих методик. Це дає підстави стверджувати, що отримані нами результати є вірогідними.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ТРАКТОРІВ

4.1. Результати обґрунтування середнього напрацювання на відмову та тривалості її усунення для тракторів

З метою кількісної оцінки властивостей надійності тракторів марки CLAAS моделі Axion в умовах Західного Лісостепу нами було організовано збір відповідних статистичних даних. За випадкову величину ми приймали кількісну величину напрацювання трактора на момент прояву відмови. Для цього нами було сформовано відповідну таблицю (див. табл. 3.1), в якій у відповідних графах фіксувались дані щодо результатів спостережень, а саме інформацію щодо часу (дати) прояву відмови; що саме відмовило (назву), загальне напрацювання (t), напрацювання між відмовами (t_0) та трудомісткість усунення даної відмови, (T_p).

Опісля цього одержані нами статистичні дані опрацьовувалися згідно наведеної у п. 3.3 методики. А це дало змогу побудувати розподіли, а саме: середнього напрацювання на відмову та трудомісткості її усунення (ремонт) тракторів марки CLAAS моделі Axion в умовах Західного Лісостепу відповідно рисунки 4.1 та 4.2.

Так, скориставшись критерієм χ^2 Пірсона було встановлено, що статистичний розподіл середнього напрацювання на відмову тракторів марки CLAAS моделі Axion 850 в умовах Західного Лісостепу узгоджується із теоретичним законом Вейбулла, а диференціальна функція розподілу має вигляд:

$$f(t_0) = 0,0036 \left(\frac{t_0 - 120}{454,084} \right)^{0,648} \times \exp \left[- \left(\frac{t_0 - 120}{454,084} \right)^{1,648} \right] \quad (4.1)$$

Відповідно статистичні характеристики розподілу наступні: математичне сподівання – 525,967 м·год; середньоквадратичне відхилення – 250,946 м·год; коефіцієнт варіації – 0,618. Вибірку було зроблено для 81 події

відмов. Відповідно інші статистичні характеристики даного розподілу наведено в дод. А1.

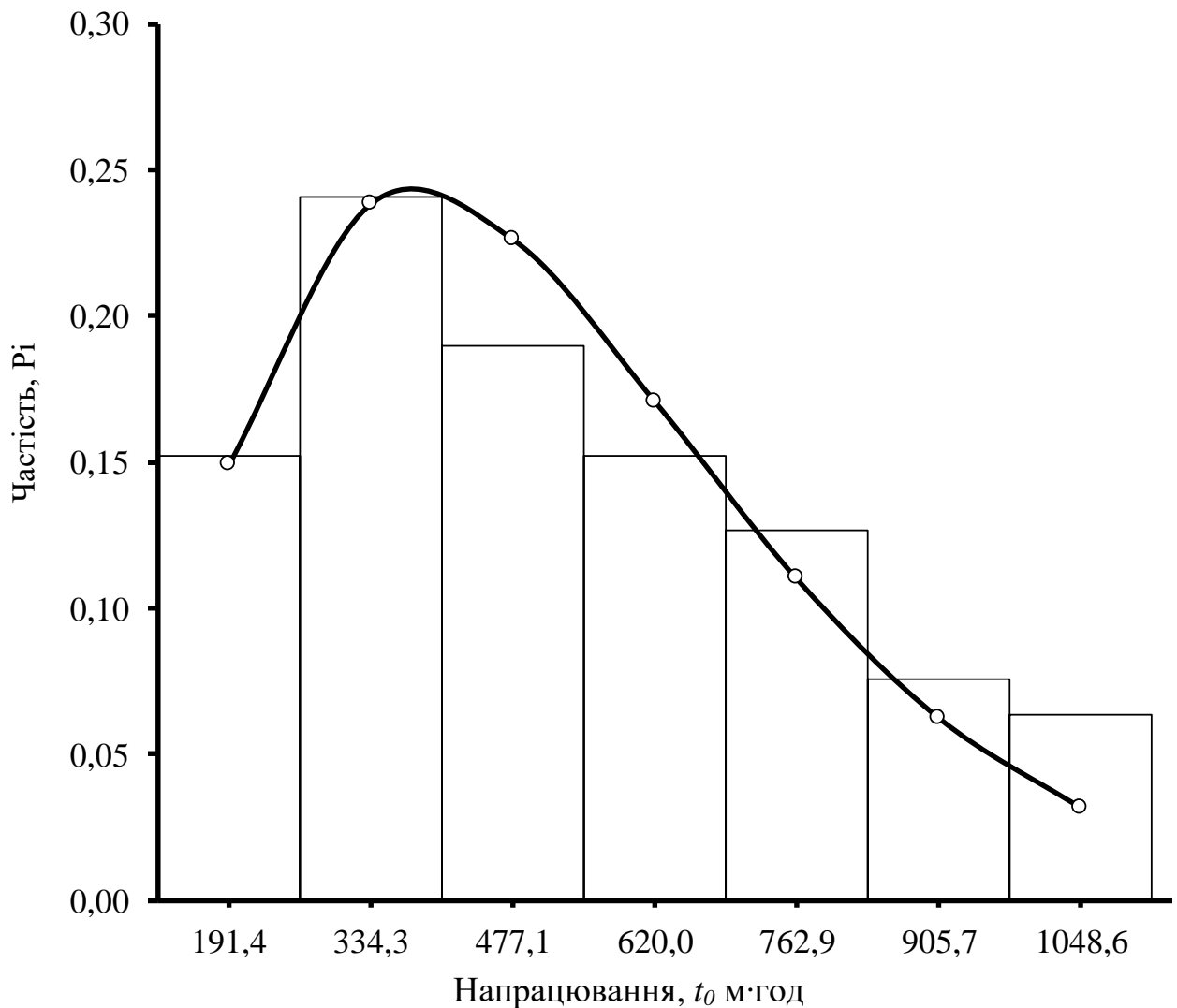


Рисунок 4.1 – Гістограма та теоретична крива розподілу середнього напрацювання на відмову тракторів марки CLAAS моделі Axion 850 в умовах Західного Лісостепу

Відповідно аналогічним чином нами було встановлено, що статистичний розподіл трудомісткості усунення відмов (ремонт) у тракторів марки CLAAS моделі Axion 850 в умовах Західного Лісостепу узгоджується із нормальним законом розподілу. А відповідно диференціальна функція його розподілу має вигляд:

$$f(T_p) = 0,279 \times \exp \left[-\frac{(T_p - 3,647)^2}{4,089} \right]. \quad (4.2)$$

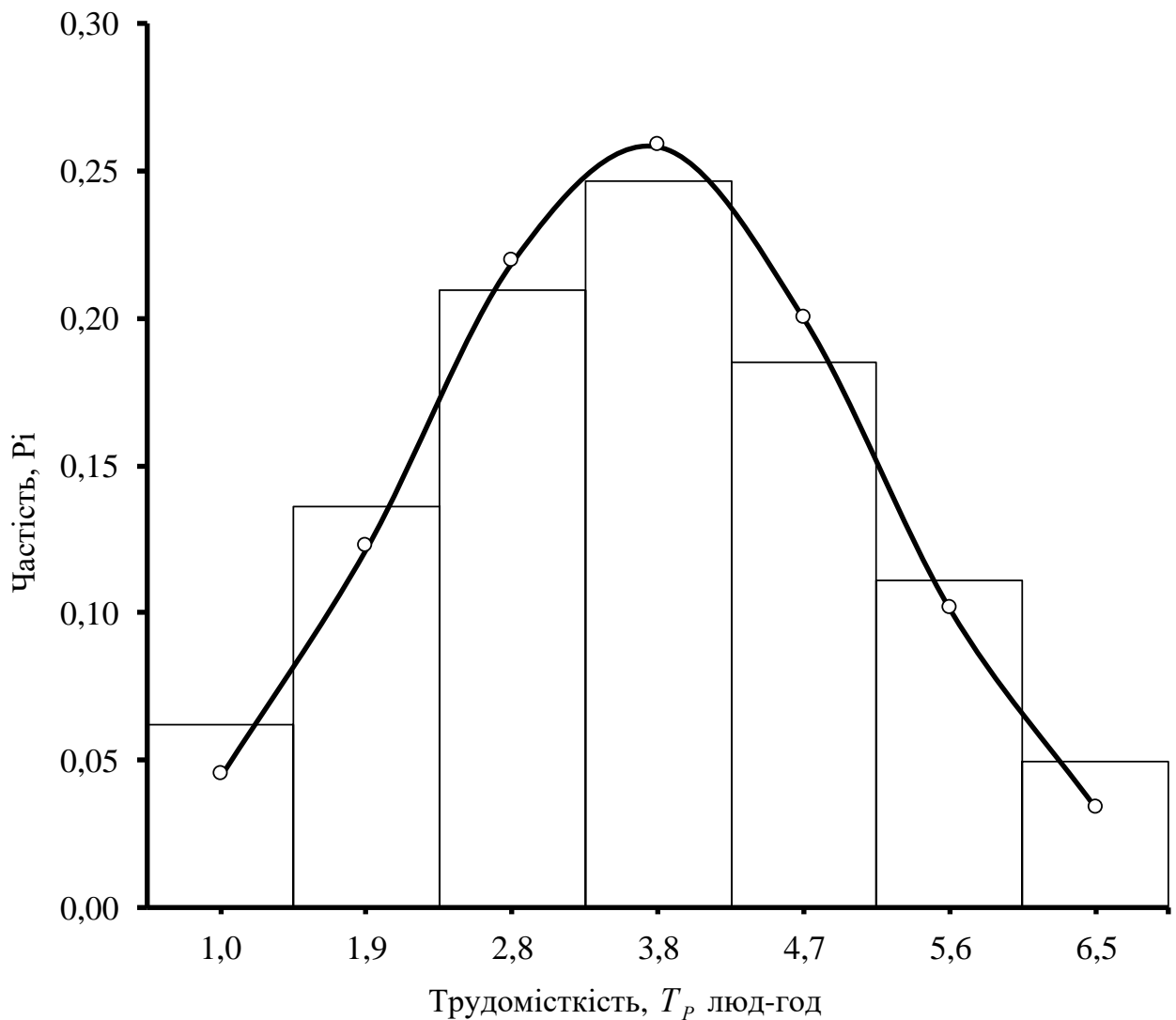


Рисунок 4.2 – Гістограма та теоретична крива розподілу трудомісткості виконання ремонту тракторів марки CLAAS моделі Axion 850 в умовах Західного Лісостепу

Відповідно статистичні характеристики побудованого розподілу наступні: математичне сподівання – 3,647 люд-год; середньоквадратичне відхилення – 1,430 люд-год; коефіцієнт варіації – 0,454. Вибірку було зроблено для 81 подій ремонту. Відповідно інші статистичні характеристики означеного вище розподілу наведено в дод. А2.

4.2. Результати обґрунтування імовірності безвідмовної роботи тракторів

Під ймовірністю безвідмовної роботи слід розуміти, що у межах визначеного напрацювання відмова не виникає з певною ймовірністю. Даний показник можна використовувати як кількісний критерій оцінки надійності тракторів марки CLAAS моделі Axion 850 (об'єктів) в умовах Західного Лісостепу. В залежності від потреби він визначається у відсотках або в частках одиниці і змінюється від одиниці до нуля.

Отже, в досліджуваних нами тракторах відмови, які виникали можна класифікувати як раптові. Тому, здійснюючи оцінку безвідмовної роботи тракторів для даного типу відмов слід означити, що теоретично він характеризується експоненційним законом розподілу. Тому, ймовірність безвідмовної роботи тракторів на заданому проміжку напрацювання розраховувався за формулою [4, 5, 8, 16]:

$$P_i = e^{-\lambda_i t_0}, \quad (4.3)$$

де λ_i – інтенсивність відмов.

Відповідно у нашому випадку інтенсивність відмов становить $\lambda_i = \text{const}$ та визначається за формулою:

$$\lambda = \frac{1}{M[t_0]}, \quad (4.4)$$

де $M[t_0]$ – математичне сподівання безвідмовної роботи тракторів, м·год.

Тоді, знаходимо інтенсивність відмов для тракторів марки CLAAS моделі Axion 850 в умовах Західного Лісостепу:

$$\lambda_{vw} = \frac{1}{525,967} = 1,90 \cdot 10^{-3}$$

Виконані нами розрахунки ймовірності безвідмовної роботи тракторів марки CLAAS моделі Axion 850 в умовах Західного Лісостепу були занесені в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати визначення теоретичної ймовірності безвідмовної роботи тракторів марки CLAAS моделі Axion 850 в умовах Західного Лісостепу

№ інтервалу	Інтервали напрацювання тракторів t , м·год	Теоретична ймовірність безвідмовної роботи тракторів, $P(t)$
1	100...150	0,827
2	150...200	0,752
3	200...250	0,648
4	250...300	0,622
5	300...350	0,565
6	350...400	0,514

Графічна інтерпретація отриманих результатів розрахунків наведених в таблиці 4.1 відображено на рисунку 4.3.

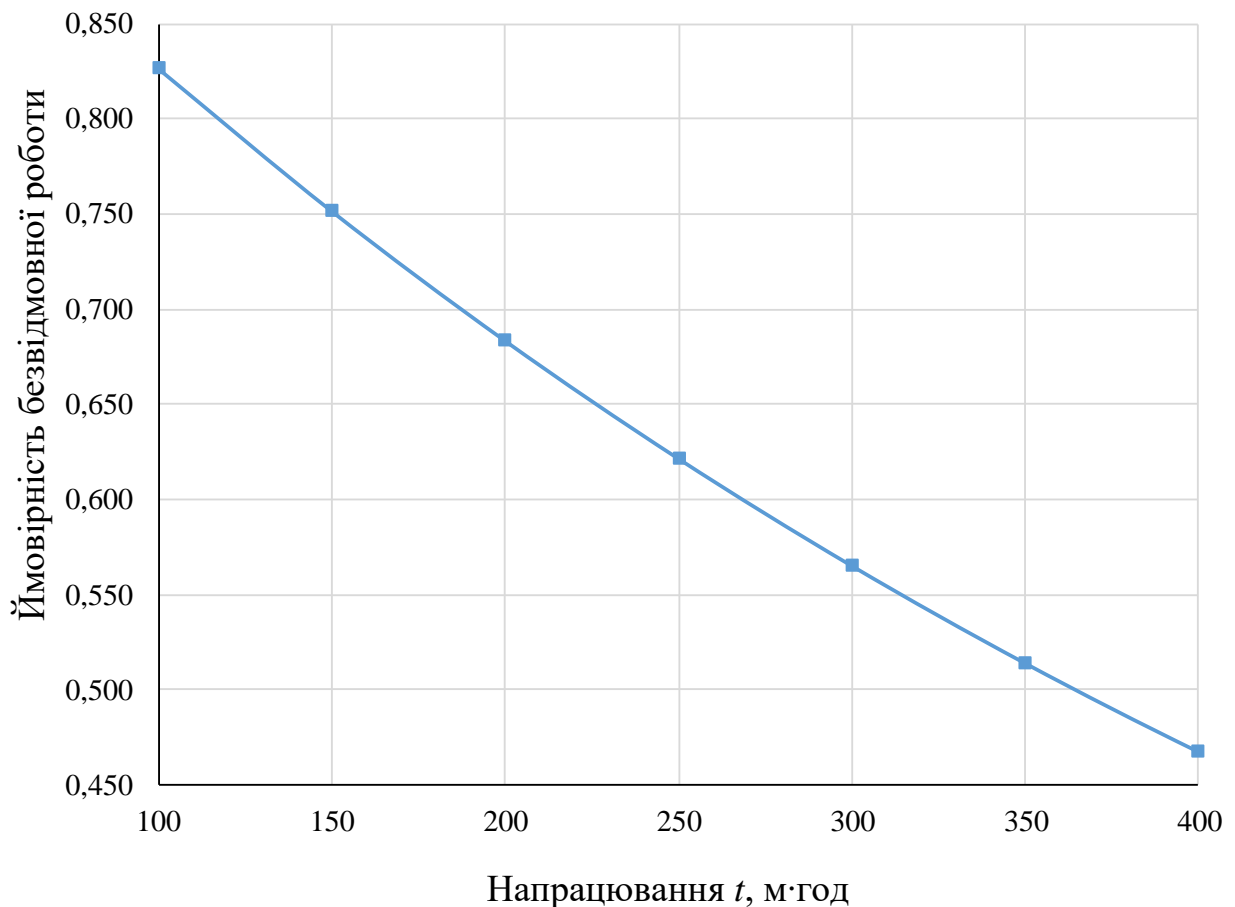


Рисунок 4.3 – Графічна інтерпретація залежності теоретичної ймовірності безвідмовної роботи тракторів марки CLAAS моделі Axion 850 від напрацювання для умов Західного Лісостепу

Скориставшись описаною вище методикою можна виконати прогнозування розвитку динаміки теоретичної ймовірності безвідмовної роботи тракторів марки CLAAS моделі Axion 850 від напрацювання для умов Західного Лісостепу в залежності від напрацювання рис. 4.4.

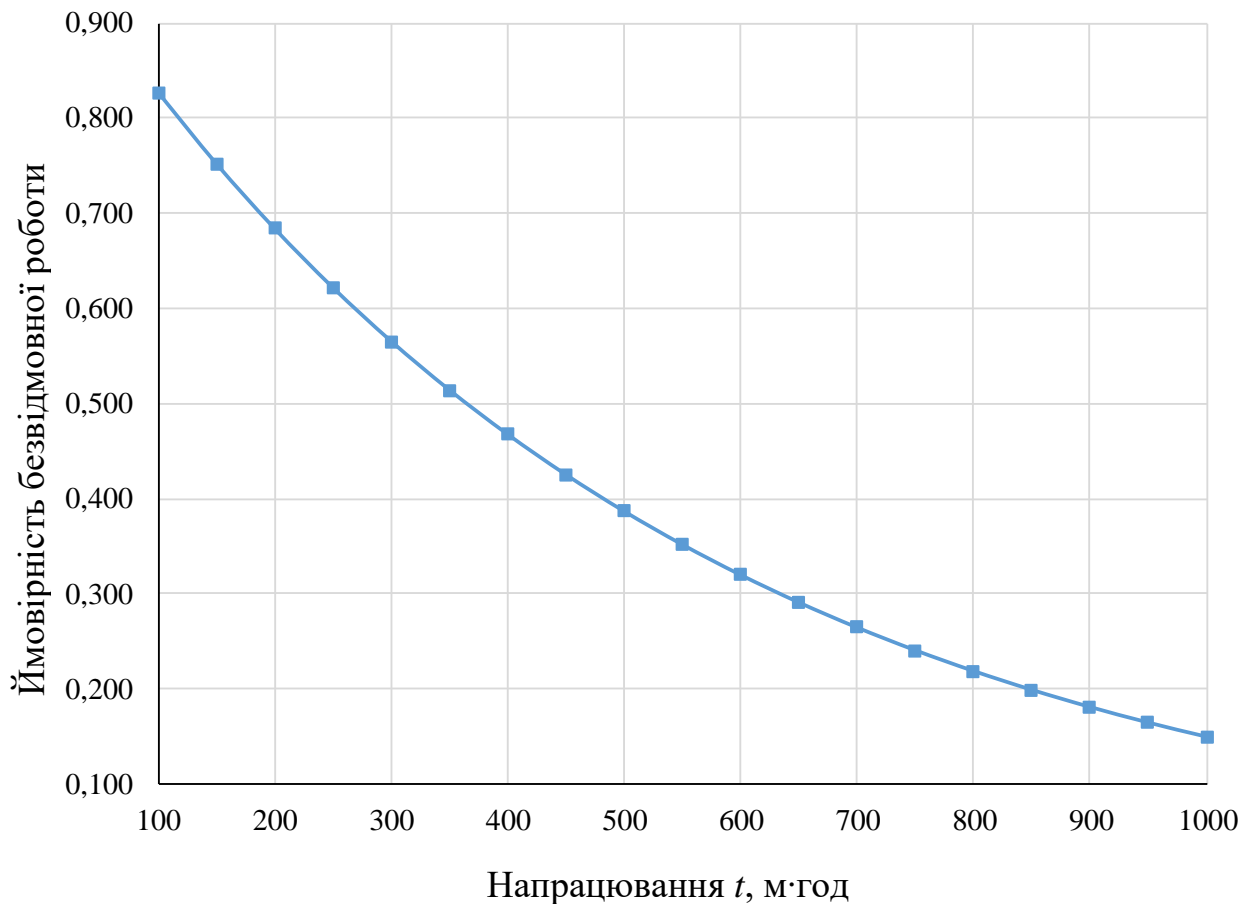


Рисунок 4.4 – Графічна інтерпретація залежності динаміки прогнозованої теоретичної ймовірності безвідмовної роботи тракторів марки CLAAS моделі Axion 850 від напрацювання для умов Західного Лісостепу

Аналізуючи динаміку прогнозованої теоретичної ймовірності безвідмовної роботи тракторів марки CLAAS моделі Axion 850 від напрацювання для умов Західного Лісостепу (див. рис. 4.4) на ділянці від 100 до 1000 м·год можна із досить високою ймовірністю стверджувати, що дана властивість для тракторів знизиться до значень 0,149. Отримані результати можуть бути використані під час планування проведення технічного обслуговування тракторів CLAAS моделі Axion 850.

Висновки до розділу 4

1. Виконане нами математичне опрацювання отриманих статистичних даних було здійснено на підставі методів математичної статистики та дало змогу використовуючи критерій χ^2 – Пірсона встановити, що: розподіл середнього напрацювання на відмову тракторів марки CLAAS моделі Axion 850 в умовах Західного Лісостепу узгоджується із теоретичним законом Вейбулла; а розподіл трудомісткості усунення відмов (ремонт) тракторів марки CLAAS моделі Axion 850 в умовах Західного Лісостепу узгоджується із нормальним законом розподілу.

2. Отримані статистичні характеристики розподілу напрацювання на відмову тракторів марки CLAAS моделі Axion 850 в умовах Західного Лісостепу наступні: математичне сподівання – 525,967 м·год; середньоквадратичне відхилення – 250,946 м·год; коефіцієнт варіації – 0,618 (вибірку було зроблено для 81 події відмов); а відповідно для розподілу трудомісткості усунення відмови наступні: математичне сподівання – 3,647 люд·год; середньоквадратичне відхилення – 1,430 люд·год; коефіцієнт варіації – 0,454. Вибірку було зроблено для 81 подій ремонту.

3. Отримані нами в результаті експериментів статистичні дані дали змогу здійснити кількісної оцінку такої властивості як «Безвідмовність», а саме такий її показник як імовірність безвідмовної роботи тракторів. Дослідження здійснювалось для напрацювання 100...400 м·год. Використані нами методики (п. 3.2 та 4.2) уможливили дослідити зміну даного показника в межах від 0,827 до 0,514.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Структурно функціональний аналіз травмонебезпечних ситуацій впродовж виконання робіт

Охорона праці безпосередньо на робочому місці – в кабіні трактора та біля оператора, значним чином впливає на показники використання робочого часу, а відтак і на продуктивність трактора загалом. Умови в яких перебуває виконавець транспортних операцій характеризуються певною травмо- та аварієнебезпекою. Тоді, створення безпечних умов праці є одним із важливих шляхів підвищення ефективності виконання як процесів транспортування так і обслуговування споживачів загалом.

Для окреслення груп чинників, котрі характеризуються тією особливістю, що зумовлюють виникнення травмонебезпечних та аварійно небезпечних умов, необхідно розглядати види технологічних фаз і операцій, що мають місце в процесі використання трактора.

До технологічних фаз відносимо [12, 17]:

- 1) переїзд трактора у місце завантаження;
- 2) безпосереднє перевезення вантажу;
- 3) переїзд агрегату від місця завантаження.

Транспортні операції:

- 1) робочий хід трактора;
- 2) холостий хід трактора (розворот, переїзди тощо);
- 3) зупинка.

Аналіз процесу транспортування вантажу дав можливість виокремити можливі травмонебезпечні чинники [12, 17]:

- 1) ураження обертовими частинами трактора;
- 2) несправність органів керування, гальм, муфти;
- 3) перевищення швидкості руху;

- 4) відмова одного з вузлів агрегату;
- 5) аварійно-небезпечний стан доріг;
- 6) недотримання правил пожежної безпеки;
- 7) алкогольне сп'яніння.

5.2. Аналіз методики моделювання травмонебезпечних та аварійних ситуацій

Розроблений Д. Хенлі і Х. Кумамото метод дає можливість шляхом побудови “дерева” відмов і помилок операторів різних систем вести математичну обробку моделі з метою одержання ймовірності виникнення таких випадкових подій, як аварія, травма, катастрофа [12, 17]. У цьому методі окреслюється досліджувана технологічна операція, під час виконання якої вже були раніше або можуть статися аварії, виробничі травми чи катастрофи. В графічній інтерпретації, модель за своєю формою нагадує крону дерева, тому вона і одержала назву “дерево відмов і помилок”. В свою чергу кінцеві події називають базовими.

Кожен блок рисунку, позначений відповідним номером, означає подію або окремий етап побудови моделі: 1 – відмова (аварія, травма) системи – головна подія; 2 – послідовність подій, що приводять до відмови системи; 3 – послідовність подій зображується за допомогою логічних операторів; 4 – усі вхідні і вихідні події, що входять до моделі, зображуються у вигляді прямокутників з відповідними написами всередині; 5 – послідовний підхід до базових подій, частоти виникнення яких відомі; 6 – базові події зображують у вигляді кружечків з написами всередині, вони є межею аналізу побудованої моделі [12, 17].

5.3. Результати розробки логічно-імітаційної моделі травм на виробництві ситуаціях

Усі логічні процеси формування та можливого виникнення травмонезбезпечних та аварійних ситуацій, можна виокремити та знайти подію з якої починається небезпечний процес, ще до виникнення небезпечних наслідків.

Методикою оцінки рівня безпеки робочих місць, машин, виробничих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію рівня безпеки для конкретного об'єкта [12, 17]. Таким показником вибрана ймовірність виникнення аварії, травми залежно від явища що досліджується.

Використовуючи метод визначення ймовірності виникнення будь-якого випадкового явища є можливість оцінки рівня безпеки певного об'єкта чи явища. Даний метод широко застосовують в зарубіжній інженерній практиці.

Основні його принципи полягають в тому, що на основі обстеження робочого місця чи окремої машини виявляють виробничі безпеки, можливі аварійні або травматичні ситуації. При оцінці ситуацій визначають події, які можуть стати головною подією при побудові логічно-імітаційної моделі травми. Після цього будують модель “дерева відмов і помилок оператора”.

Слід зауважити, що важливе значення має правильний вибір головної події, від чого залежить доцільність виконання та ефективність моделі.

Головну подію, котра зумовлює виникнення травми, модель якої необхідно побудувати, вибирають виходячи з оцінки відповідного об'єкта, виробництва чи окремої одиниці обладнання і змісту його найбільш небезпечного явища, яке за певних умов виробництва виникає.

Після вибору домінуючого випадкового явища (події) розпочинаємо побудову моделі (“дерева”). Використовуючи оператора “і” та “або”, використовуємо набір ситуацій (відомих до цього), які можуть призвести до подій, вибраної як домінуюча чи головна.

Спочатку визначаються травмонебезпечні ситуації та їх кількості, що можуть мати місце в процесі що розглядається, визначаємо ще й інші події, що входять до кожної такої ж ситуації, логічним аналізом із застосуванням операторів “і”, “або” та інших. Процес побудови моделі триває, поки не будуть знайдені усі базові події, що визначають межу моделі.

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

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

За даними виробництва визначаємо ймовірність базових подій. Наприклад, базова подія “стан контролю з охорони праці”. Для визначення ймовірності ми повинні встановити, наскільки (у відсотках) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль на об’єкті. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 50% або 30%, то ймовірність відповідно дорівнює 0,5 і 0,3. При відсутності контролю ймовірність “не здійснення контролю” становитиме 1, якщо контроль ідеальний, то відповідно ймовірність дорівнює 0.

Після обчислення ймовірності всіх подій, розміщених у ромбах, і базових подій, починаючи з лівої нижньої гілки “дерева”, позначаємо номерами всі випадкові події, що увійшли до моделі. На цьому можна вважати, що певна модель підготовлена до математичних обчислень ймовірностей випадкових подій логічно-імітаційної моделі

Отже, для побудови логіко-імітаційної моделі процесу, формування і виникнення аварії та травми в процесі перевезення вантажів складемо перелік базових подій. Вони лежатимуть в основі даної моделі. Кожній події (пункту) присвоїмо певне значення ймовірності його виникнення:

1. Стан контролю з охорони праці: $P_1 = 0,23$;
2. Несерйозне відношення до проходження ТО: $P_2 = 0,06$;

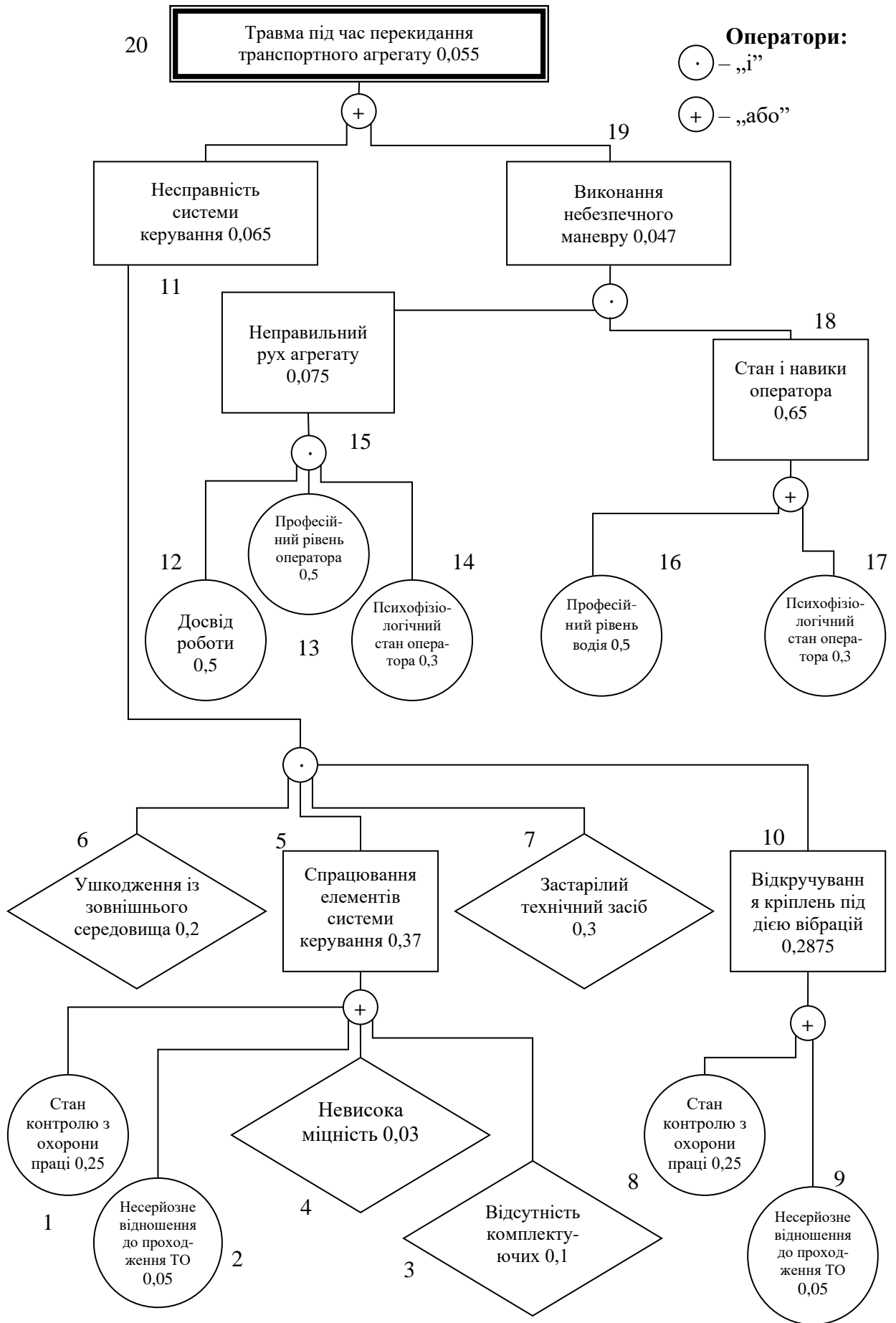


Рисунок 5.1 – Матриця логічних взаємозв’язків між окремими подіями травмонезбезпечної ситуації

3. Відсутність комплектуючих $P_3 = 0,15$;
4. Невисока міцність $P_4 = 0,04$;
5. Застарілі технічні засоби $P_6 = 0,3$;
6. Виникнення перешкод під час завантаження $P_7 = 0,2$;
7. Досвід роботи $P_{12} = 0,5$.
8. Професійний рівень водія $P_{13} = 0,5$;
9. Психофізіологічний стан водія $P_{14} = 0,3$;

На основі наведених подій будемо матрицю логічних взаємозв'язків між окремими пунктами, графічна інтерпретація якої зображено на рис. 5.1.

Розрахуємо ймовірності виникнення подій, що формують логіко-імітаційну модель процесу перевезення вантажу. Розглянемо травмонебезпечну ситуацію, що виникає за умови роботи машини на значних ухилах поля, близько ярів чи при їх об'їзді, котра може призвести до перекидання машини. Ймовірність виникнення події P_5 визначаємо наступним чином:

$$P_5 = 0,25 + 0,05 + 0,03 + 0,1 - 0,25 \cdot 0,05 - 0,25 \cdot 0,03 - 0,25 \cdot 0,1 - 0,05 \cdot 0,03 - \\ - 0,05 \cdot 0,1 - 0,03 \cdot 0,1 + 0,25 \cdot 0,05 \cdot 0,03 \cdot 0,1 = 0,37$$

Ймовірність виникнення події P_{10} визначаємо так:

$$P_{10} = 0,25 + 0,05 - 0,25 \cdot 0,05 = 0,2875$$

Ймовірність виникнення події P_{11} визначаємо:

$$P_{11} = 0,2 \cdot 0,37 \cdot 0,3 \cdot 0,3 = 0,0064$$

Ймовірність виникнення події P_{15} визначаємо наступним чином:

$$P_{15} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,3 = 0,075$$

Ймовірність події P_{18} :

$$P_{18} = 0,5 \cdot 0,3 - 0,5 \cdot 0,3 = 0,065$$

Ймовірність події P_{19} :

$$P_{19} = 0,075 \cdot 0,65 = 0,047$$

Ймовірність події P_{20} :

$$P_{20} = 0,0064 + 0,048 = 0,055$$

Таким чином, ймовірність виникнення травми працівника під час перекидання автопоїзда є досить мала і становить $P_{20} = 0,055$.

Використання логіко-імітаційних моделей для дослідження аварій і травм та обґрунтування заходів охорони праці, дають можливість знизити ймовірність виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій [12, 17].

Висновки до розділу 5

1. Відповідно до результатів досліджень, аналіз умов, обставин та причин різних аварій, виробничих травм та деяких катастроф показує, що процеси формування та виникнення цих явищ можна заздалегідь моделювати, застосовуючи метод побудови “дерева відмов” та помилок оператора людино-машинних систем у автотранспортних перевезеннях та сільському господарстві.

2. Аналіз травмонебезпечних ситуацій, що виникають за умови роботи трактора під часу руху на значних ухилах, близько ярів чи при їх об’їзді перешкод котра може призвести до перекидання трактора і встановили, що ймовірність виникнення травми виконавця під час перекидання є досить мала і становить $P_{20} = 0,055$.

3. Небезпека надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру невпинно зростає, тому питання захисту цивільного населення від надзвичайних ситуацій на сьогодні є дуже важливе.

6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВТРАТ ЧЕРЕЗ НЕСВОЄЧАСНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОБІТ

Загально відомо, що втрати врожаю можуть виникати впродовж усього періоду вегетації будь-якої сільськогосподарської культури. Зазвичай, це зумовлено несприятливою дією навколишнього середовища або ж несвоєчасністю виконання технологічних операцій. У нашому випадку величина втрат врожаю під час виконання технологічної операції сівби цукрових буряків буде оцінюватися з позицій експлуатаційної надійності тракторів марки CLAAS моделі Ахіон в умовах Західного Лісостепу.

Методика визначення втрат врожаю базується на основі методу, який передбачає щоденне визначення площі, яка несвоєчасно обробляється (засівається). Отримане значення виражається в гектародобах (га·дів) (рис. 6.1.).

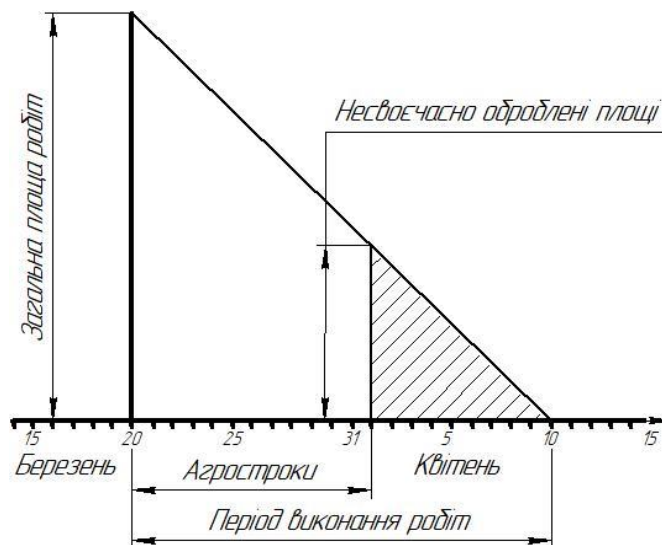


Рисунок 6.1 – Графічне відображення методу визначення обсягів несвоєчасно засіяних площ

Методичні основи визначення сезонних обсягів несвоєчасно оброблених площ полягають в наступному. На осі абсцис відкладають календарні терміни, а на осі ординат – площу поля що обробляється. В календарний строк проведення операції проводимо перпендикуляр до осі абсцис до перетину з віссю, паралельно до осі ординат, яка вказує нашу

площу збирання (обсяг робіт). З отриманої таким методом точки проводимо пряму до осі абсцис до точки, яка вказує на кінець виконання операції. Отримуємо трикутник (рис. 6.1), котрий вказує на обсяги робіт, які необхідно виконати у наступну добу. Якщо виконання технологічної операції в часі занадто тривале та перевищує відведені для цього агротехнічні терміни то визначають тривалість та обсяги несвоєчасно зібраних площ. Графічно це виконують так: по осі абсцис з моменту часу, який вказує на кінець агротехнічних термінів проводимо перпендикулярну пряму, до перетину із прямою («прогресією»), котра відображає зменшення площ внаслідок виконання технологічної операції. Заштрихована площа трикутника (рис.6.1.), що отриманого таким способом, вказує на обсяг робіт, що несвоєчасно оброблені.

Розглянемо випадок втрати врожаю певної культури впродовж періоду несвоєчасного виконання окремої технологічної операції механізованого процесу. Нехай технологічна операція на частині площі поля S^H виконувалась несвоєчасно, тобто із запізненням відносно оптимального терміну. Кожного наступного t -го дня було оброблено площу ΔS_t^H , величина якої відображає добову продуктивність агрегату. В розрізі сезону виконуваних робіт ΔS_t^H характеризується стохастичністю і залежить від сукупної дії певних чинників процесу (у нашому випадку – технічних). Таким чином [22]:

$$\sum_{t=1}^n \Delta S_t^H = S^H, \quad (6.1)$$

де n – тривалість періоду несвоєчасного виконання технологічної операції, діб.

Для оцінки втрат біологічної врожайності (B_{σ}) цукрових буряків скористаємося даними які отримані в підприємстві та формулою [22]:

$$B_{\sigma} = \sum U_k \cdot K_k \cdot S_{\gamma kt} \cdot t_k \cdot V_k, \text{ грн} \quad (6.2)$$

де U_k – максимальна врожайність k -ї культури в умовах регіону, ц/га; K_k – коефіцієнт втрат врожаю k -ї культури внаслідок затримки технологічної операції на одну добу [18]; $S_{\gamma kt}$ – площа γ -го поля k -ї культури, яка підлягає

обробітку на t -й день, га; t_k – кількість діб після завершення агротехнічно оптимальної дати сівби k -ї культури, діб; V_k – ринкова вартість k -ї культури, грн/ц.

Отже, в умовах Західного Лісостепу України (для господарств розташованих у Тернопільській області) середня врожайність цукрового буряка (за три останні роки) становить $U_k = 480$ ц/га; коефіцієнт втрат врожаю цукрового буряка внаслідок затримки технологічної операції на одну добу становить $K_k = 0,0114$ [18]; змінна продуктивність посівного комплексу становить $S_{ykt} = 18,9$ га; ринкова вартість культури, $V_k = 1900$ грн/ц.

На підставі отриманих вихідних даних та скориставшись формулою 6.2 ми здійснили ряд розрахунків які уможливають виконати оцінку втрат врожаю цукрових буряків для умов Західного Лісостепу в залежності від простою посівного комплексу трактор CLAAS Axion 850 та сівалки HORSCH Maestro 8 DV.

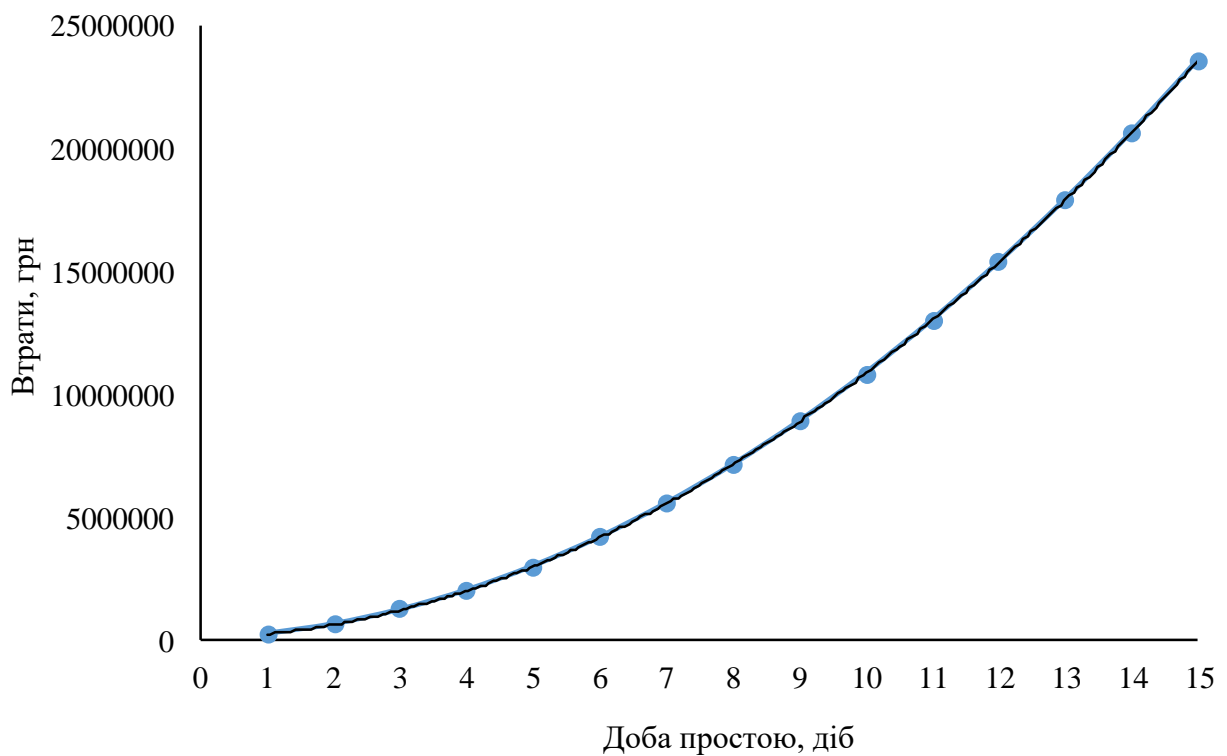


Рисунок 6.2 – Динаміка зміни втрат врожаю цукрових буряків для умов Західного Лісостепу в залежності від тривалості простою посівного комплексу

Висновки до розділу 6

1. Сільськогосподарське підприємство може нести втрати у врожаї впродовж усього вегетаційного періоду культури. Це може бути спричинено через несвоечасність виконання технологічних операцій. У нашому випадку величина втрат у врожаї під час проведення технологічної операції сівби цукрових буряків буде оцінюватися з точки зору експлуатаційної надійності тракторів марки CLAAS, модель Axion, в умовах Західного Лісостепу.

2. Впровадження заходів з підвищення надійності тракторів на підприємстві сприятиме збільшенню часу їх безперебійної роботи та зменшить ймовірність виникнення відмов. Це, в свою чергу, сприятиме підвищенню продуктивності праці.

3. Проаналізовані результати розрахунки демонструють, що втрати врожаю цукрових буряків, які може зазнати підприємство внаслідок простою посівного комплексу, будуть зростати експоненційно.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Вплив на надійність трактора в умовах експлуатації змінюється внаслідок взаємодії різноманітних чинників, які діють не відокремлено, а взаємодіючи між собою в складній системі залежності. Ці чинники можна класифікувати в три основні групи: конструктивні (*K*), технологічні (*T*) і експлуатаційні (*E*). Окрім того, їх можна умовно розділити на внутрішні і зовнішні відносно самого трактора.

2. Рівень надійності тракторів в значній мірі залежить від умов їх експлуатації. Неправильно виконана обкатка нового або капітально відремонтованого трактора, порушення режимів роботи, відхилення від правил технічного обслуговування, застосування забруднених або не рекомендованих інструкцією палив і олів вносять суттєві зміни в рівень надійності тракторів. З кожним порушенням зростає ймовірність виникнення відмов, включаючи складні ситуації, які вимагають значних витрат на їх усунення. Ступінь впливу умов експлуатації на надійність тракторів особливо чітко проявляється при порівнянні рівнів надійності тракторів, які експлуатуються в умовах, що різко відрізняються.

3. Для проведення виробничих експериментів із вивчення ймовірності відмов тракторів використовувалась методика, яка відповідає чинним стандартам та базується на методах математичної статистики. Залучення облікових документів та операторів тракторів під час досліджень дозволило отримати об'єктивні статистичні дані.

4. Математичне опрацювання отриманих нами в результаті виробничих експериментів статистичних даних виконувалось згідно стандартизованих методик. Це дає підстави стверджувати, що отримані нами результати є вірогідними.

5. Виконане нами математичне опрацювання отриманих статистичних даних було здійснено на підставі методів математичної статистики та дало змогу використовуючи критерій χ^2 – Пірсона встановити, що: розподіл

середнього напрацювання на відмову тракторів марки CLAAS моделі Axion 850 в умовах Західного Лісостепу узгоджується із теоретичним законом Вейбулла; а розподіл трудомісткості усунення відмов (ремонт) тракторів марки CLAAS моделі Axion 850 в умовах Західного Лісостепу узгоджується із нормальним законом розподілу.

6. Отримані статистичні характеристики розподілу напрацювання на відмову тракторів марки CLAAS моделі Axion 850 в умовах Західного Лісостепу наступні: математичне сподівання – 525,967 м·год; середньоквадратичне відхилення – 250,946 м·год; коефіцієнт варіації – 0,618 (вибірку було зроблено для 81 події відмов); а відповідно для розподілу трудомісткості усунення відмови наступні: математичне сподівання – 3,647 люд·год; середньоквадратичне відхилення – 1,430 люд·год; коефіцієнт варіації – 0,454. Вибірку було зроблено для 81 подій ремонту.

7. Отримані нами в результаті експериментів статистичні дані дали змогу здійснити кількісної оцінку такої властивості як «Безвідмовність», а саме такий її показник як імовірність безвідмовної роботи тракторів. Дослідження здійснювалось для напрацювання 100...400 м·год. Використані нами методики (п. 3.2 та 4.2) уможливили дослідити зміну даного показника в межах від 0,827 до 0,514.

8. Аналіз травмонебезпечних ситуацій, що виникають за умови роботи трактора під часу руху на значних ухилах, близько ярів чи при їх об'їзді перешкод котра може призвести до перекидання трактора і встановили, що ймовірність виникнення травми виконавця під час перекидання є досить мала і становить $P_{20} = 0,055$.

9. Впровадження заходів з підвищення надійності тракторів на підприємстві сприятиме збільшенню часу їх безперебійної роботи та зменшить ймовірність виникнення відмов. Це, в свою чергу, сприятиме підвищенню продуктивності праці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Васильків І. М. Основи теорії ймовірностей і математичної статистики : навч. посібник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2020. 184 с.
2. Гайдучок В. М., Затхей Б. І., Лінник М. К. Теорія і технологія наукових досліджень. Навчальний посібник. Львів : Афіша, 2005. 232 с.
3. Герасименко І. Географія врожаїв: Західний Лісостеп - що треба знати агроному. URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/geografia-vrozaiv-zahidnij-lisostep-so-treba-znati-agronomu> (дата звернення: 20.05.2023).
4. Грабар І.Г. Основи надійності машин: Навчальний посібник. Житомир: ЖІТІ, 1998. 298 с.
5. Гранкін С. Г., Малахов В. С., Черновол М. І., Черкун В. Ю. Надійність сільськогосподарської техніки. Київ: Урожай, 1998. 208 с.
6. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. [Чинний від 1996-01-01]. Вид. офіц. Київ, 1996. 75 с.
7. Єременко В. С., Куц Ю. В., Мокійчук В. М., Самойліченко О. В. Статистичний аналіз даних вимірювань: навч. посіб. Київ: НАУ, 2013. 320 с.
8. Канарчук В.Є., Полянський С.К., Дмитрієв М.М. Надійність машин: Підручник. Київ: Либідь, 2003. 424 с.
9. Костюк В. О. Прикладна статистика: навч. Посібник. Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 191 с.
10. Кузьмінський Р.Д. Організаційно-технологічна сумісність процесів ремонту об'єктів у спільному потоці. *Пр. ін-ту Львів. с.-г. ін-т.* Львів, 1992. С. 17–29.
11. Лауш П. В. Ремонт сільськогосподарської техніки (курсове і дипломне проектування): Навч. посібник / П. В. Лауш, Н. П. Лауш, Т. П. Лесюк. Кіровоград : ПОЛІМЕД-Сервіс, 2005. 266 с.
12. Лехман С.Д. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ: Урожай, 1993. 220 с.

13. Луб П. М. Обґрунтування параметрів комплексу ґрунтообробних машин сільськогосподарського підприємства: дис. ... канд. техн. наук. Львів, 2006. 190 с.

14. Молодик М.В. Створення центрів інженерно-технічного забезпечення агропромислового комплексу. *Вісник аграрної науки*. 2008. № 9. С.42–45.

15. Молодик М.В. Технічний сервіс в ринкових умовах господарювання. *Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства*. Вип. 8. "Підвищення надійності відновлюваних деталей машин. Т. І. Харків. 2001. С. 28–30.

16. Основи наукових досліджень. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт №2 і №3 для студентів факультету механізації сільського господарства. Львів. 1998. 38с.

17. Охорона праці. Методичні рекомендації до виконання розділу з охорони праці у дипломних проектах. Львівський національний аграрний університет, 2012 р.

18. Про затвердження Методики обчислення вартості машино-дня та збитків від простою машин” постанова Кабінету міністрів України від 12 липня 2004 р. N 885.

19. Ремонт машин і обладнання : підруч. / Сідашенко О. І. та ін.; за ред. О. І. Сідашенка, О. А. Науменка. Київ : Аграр Медіа Груп, 2014. 632 с.

20. Ремонт машин. Методичні поради до курсового і дипломного проектування: у 2-х частинах/ За аг. Ред.. академіка О.Д. Семковича. Частина 1 та 2. Львів : Львів. держ. агр. ун-т, 1997. 179 с.

21. Сидорчук О.В. Наукові основи вдосконалення технологічних структур ремонту мобільної техніки рільництва: автореф. дис. ... докт. техн. наук. Москва, 1996. 32 с.

22. Спічак В. С. Управління виробничо-технологічним ризиком у проектах збирання цукрових буряків: дис. ... канд. техн. наук. Львів, 2010. 222 с.

23. Стеблюк М.І. Цивільна оборона. Київ: Урожай. 1994. 360 с.
24. Технологія машинобудування (дипломне проектування): Навчальний посібник/ І. О. Григурко, М. Ф. Брендюля, С. М. Доценко. Львів : Новий світ, 2007. 768 с.
25. Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій. / Сідашенко О.І. та інші. Навч. посібник. Харків: ХНТУСГ, 2017. 361 с.
26. Ткач Є. І., Сторожук В. П. Загальна теорія статистики: підручник [для студ. вищ. навч. закл.]. Київ: Центр учбової літератури, 2009. 442 с.
27. Ткач Є. І., Сторожук В. П. Загальна теорія статистики: підручник [для студ. вищ. навч. закл.]. Київ: Центр учбової літератури, 2018. 645 с.
28. Трактори CLAAS | AXION 950-920. URL: <https://www.claas.ua/produksiya/traktori/axion950-920> (дата звернення: 20.05.2023).
29. Трактори CLAAS | AXION. URL: <https://technika.com.ua/product/traktor-claas-axion-930-2016-r.v>. (дата звернення: 20.05.2023).
30. Український Лісостеп. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki> (дата звернення: 20.05.2023).

ДОДАТКИ

Додаток А.

Таблиця А.1 Визначення статистичних характеристик та обґрунтування закону розподілу середнього напрацювання на відмову тракторів марки CLAAS моделі Axion 850 в умовах Західного Лісостепу

№	Униз	Уверх	Уі	М(і)	Рі	Уі*Рі	(Уі-Ус)^2*Рі	f(y)	Теоретична частість
1	120,0	262,9	191,4	12	0,152	29,078	16999,938	0,001044	0,149
2	262,9	405,7	334,3	19	0,241	80,398	8836,657	0,001669	0,238
3	405,7	548,6	477,1	15	0,190	90,597	452,628	0,001584	0,226
4	548,6	691,4	620,0	12	0,152	94,177	1343,107	0,001196	0,171
5	691,4	834,3	762,9	10	0,127	96,564	7103,383	0,000772	0,110
6	834,3	977,1	905,7	6	0,076	68,788	10952,480	0,000439	0,063
7	977,1	1120,0	1048,6	5	0,063	66,365	17285,754	0,000224	0,032
				79	1	525,967	62973,948		0,990

Закон розподілу - *Вейбулла*

Математичне сподівання	$Ус$	525,967	Число ступенів вільності	r	3
Дисперсія	D	62973,948	Рівень значимості	α	0,100
Серед.-квадр. відхилення	σ	250,946	Хі-квадрат розрахункове	X^2	3,480
Коефіцієнт варіації	v	0,618	Хі-квадрат табличнее	$(X^*)^2$	6,251
Параметр мірила	a	454,084	Коефіцієнт	Kb	0,894
Параметр форми	b	1,648	Коефіцієнт	Cb	0,553
			Коефіцієнт	b/a	0,0036

Таблиця А2. Визначення статистичних характеристик та обґрунтування закону розподілу трудомісткості виконання ремонту тракторів марки CLAAS моделі Axion 850 в умовах Західного Лісостепу

№	Униз	Уверх	У _i	М(i)	P _i	У _i *P _i	(У _i -У _c) ² *P _i	f(y)	Теоретична частість
1	0,5	1,4	1,0	5	0,062	0,060	0,444	0,048002	0,045
2	1,4	2,4	1,9	11	0,136	0,257	0,418	0,131506	0,122
3	2,4	3,3	2,8	17	0,210	0,592	0,143	0,236273	0,219
4	3,3	4,2	3,8	20	0,247	0,926	0,003	0,278398	0,259
5	4,2	5,1	4,7	15	0,185	0,866	0,197	0,215129	0,200
6	5,1	6,1	5,6	9	0,111	0,623	0,427	0,109022	0,101
7	6,1	7,0	6,5	4	0,049	0,323	0,412	0,036234	0,034
				81	1	3,647	2,044		0,979

Закон розподілу - *Нормальний*

Математичне сподівання	<i>У_c</i>	3,647	Число ступенів вільності	<i>r</i>	4
Дисперсія	<i>D</i>	2,044	Рівень значимості	<i>α</i>	0,100
Серед.-квадр. відхилення	<i>σ</i>	1,430	Хі-квадрат розрахункове	<i>Х²</i>	1,495
Коефіцієнт варіації	<i>v</i>	0,454	Хі-квадрат табличное	<i>(Х*)²</i>	7,779
Параметр мірила	<i>a</i>	3,552	Коефіцієнт	<i>Kb</i>	0,886
Параметр форми	<i>b</i>	2,344	Коефіцієнт	<i>Cb</i>	0,402
			Коефіцієнт	<i>b/a</i>	0,660