

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“__” _____ 2023р.
Зав. кафедри к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)
А.В. Войтік
(підпис) (ініціали, прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА (дипломний проект)
магістр
(назва освітнього ступеня)

тема роботи **«Підвищення працездатності сільськогосподарських машин з розробкою техніко-технологічної системи»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 21м-ім
освітньої програми магістр
спеціальності _____
208 «Агроінженерія»
Слепа В.Ю.
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н. доцент Шевчук В.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2023 рік

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 СТАН СУЧАСНИХ МЕТОДИЧНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСНОВ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ТА СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ.....	6
1.1. Аналіз сучасних методологічних підходів з підтримання працездатності сільськогосподарських машин	6
1.2 Сучасні методи та структурні системи технічної експлуатації сільськогосподарських машин	7
Висновки з першого розділу.....	13
РОЗДІЛ 2 АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ КОМПЛЕКСНИХ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАНOSTІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН.....	14
2.1. Узагальнена математична модель індексу технічного стану сільськогосподарської машини при втраті її працездатності	14
2.2. Узагальнена математична модель адитивності сільськогосподарської машини при втраті її працездатності	17
2.3. Методичні підходи до систем відновлення працездатності сільськогосподарських машин	20
2.4. Формування ступенів операцій ефективності заходів підвищення працездатності сільськогосподарських машин	27
Висновки з другого розділу	30
РОЗДІЛ 3 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	31
3.1 Охорона праці під час обслуговування сільськогосподарської техніки.....	31
3.2 Безпеці праці під час весняно-польових робіт.....	33
Висновки по третьому розділу	35

РОЗДІЛ 4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ КОМПЛЕКСНИХ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН	36
4.1. Методологія настанов з технічного обслуговування сільськогосподарських машин	36
4.2. Рекомендації з впровадження комплексних техніко- технологічних заходів підвищення працездатності сільськогосподарських машин	41
Висновок з четвертого розділу	47
ВИСНОВКИ.....	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	49

РЕФЕРАТ

Слепа В.Ю. Підвищення працездатності сільськогосподарських машин з розробкою техніко-технологічної системи (Кваліфікаційна робота, Уманський національний університет садівництва, 2023: пояснювальна записка на 53 сторінках, у т.ч. 4 розділів, 16 рисунки, 7 таблиць, 37 джерела літератури).

Кваліфікаційна робота присвячена вирішенню актуальної проблеми підвищення працездатності сільськогосподарських машин шляхом розробки системи, технологій та технічних засобів їх технічного обслуговування і вивчення показників надійності цих машин в умовах експлуатації.

Мета роботи підвищення працездатності сільськогосподарських машин шляхом розробки системи, нормативів, технологій та технічних засобів їх технічного обслуговування і вивчення показників надійності цих машин в умовах експлуатації.

Об'єкт дослідження – процеси втрати і відновлення працездатності сільськогосподарських машин в процесі експлуатації.

Предмет дослідження – закономірності зміни підвищення працездатності сільськогосподарських машин та їх взаємозв'язок із техніко-технологічними заходами.

Ключові слова: СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА МАШИНА, ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ, ПАРАМЕТР, ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ, ТЕХНІЧНИЙ СТАН, СИСТЕМА, КОМПЛЕКСНИЙ ЗАХІД.

ВСТУП

Актуальність роботи. В зв'язку з недостатньою кількістю існуючого парку сільськогосподарських машин щодо технологічної потреби, низькими темпами оновлення – все більш важливого значення набуває підвищення сезонного наробітку на машину і ймовірності безвідмовної роботи, практична реалізація останнього в значній мірі залежить від застосування ефективної системи технічного обслуговування машин. Однак реалії сьогодення такі, що, в переважній більшості випадків, під час експлуатації сільськогосподарських машин, в супереч заходів з підвищення надійності як до нових, так і відремонтованих машин, існують, з одного боку, значні в часі їх простої з технічних причин, з другої – трудомісткі, передчасні або запізнілі технічні обслуговування, які необґрунтовані за видами, кількістю та послідовністю проведення технологічних операцій. Це все обумовлює значні витрати трудових і фінансових ресурсів на підтримання працездатності наявних сільськогосподарських машин. На сьогодення для усунення відмічених недоліків пропонується застосувати ряд радикальних заходів: зміни системи технічного обслуговування (в області підвищення ймовірності безвідмовної роботи) та усунення несправностей в польових умовах (підвищення міжремонтного ресурсу).

Світові тенденції і стратегія Європейського Зеленого Курсу (European Green Deal) розроблення системи технічного обслуговування сільськогосподарських машин, на даний час проводиться, в основному, з використанням практичних рекомендацій, експертних оцінок та, обмежено, емпіричних залежностей, що в суб'єктивній мірі вирішує нагальні задачі. Відсутні конкретні розроблені або уточнені моделі взаємодії, оптимізації чи моделі відповідних технологічних процесів, обґрунтовані методики їх розрахунку, недостатньо використані для оцінки технічного рівня сільськогосподарських машин, керування технологічними параметрами процесів.

РОЗДІЛ 1

СТАН СУЧАСНИХ МЕТОДИЧНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСНОВ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ТА СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

1.1. Аналіз сучасних методологічних підходів з підтримання працездатності сільськогосподарських машин

В Україні в галузі механізації сільськогосподарського виробництва працює до 198 підприємств з виробництва сільськогосподарських машин та обладнання, переважна більшість з яких спрофілюється на не великих партіях на суму до 5 млн. грн. на рік, а основну номенклатуру техніки виробляється на 58 підприємствах [2, 12, 14]. Всі підприємства з виробництва сільськогосподарських машин та обладнання пропагують на ринку морально застарілі конструкції машин 60-70 років минулого сторіччя або виконують "клонування" продукції зарубіжних виробників [14].

Навіть якщо всі ети проектування, виробництва і введення в експлуатацію сільськогосподарських машин виконано у відповідності з чітким дотриманням нормативів [32] і регламентів з використанням науково-обґрунтованих методик [29], детально розробленої нормативно-технічної документації та перевірених на практиці інструкції з експлуатації, в процесі самої експлуатації машини, за реальних умов механізації сільськогосподарського виробництва, відбуваються зміни технічного стану сільськогосподарської машини (рис. 1.1).

Кричущий стан з виробництвом бурякозбиральних машин, радянські монстри КВП "ДКЗ" і ВАТ "ТеКЗ" зазнали банкрутства, а вітчизняні ВАТ "Борекс" і ВАТ "Уманьферммаш" власними розробками причіпних та начіпних бурякозбиральних машин обмежуються ефективністю в підприємствах з посівними площами цукрових буряків 50-100 га, непристосованістю до роботи в умовах підвищеної вологості ґрунту та в нічний час [14, 19, 27].



Рис. 1.1. Узагальнена схема станів і подій сільськогосподарської машини в процесі експлуатації.

1.2 Сучасні методи та структурні системи технічної експлуатації сільськогосподарських машин

На ринку вітчизняних зернозбиральних комбайнів наявні характерні сезонні відмови комбайнів серії "КЗС 9-1 "Славутич" [27, 35, 37]: недостатнє затягування різьбових з'єднань (до 32% від загальної кількості машин мали недостатнє затягування різьбових з'єднань); недоліки монтажу гідросистеми (до 21%) недостатнє затягування конусних втулок підшипників та болт кріплень панелей молотарки, низька якість зварювальних робіт (до 40% від загальної кількості машин мали дефекти зварювання), неякісні сайленд-блоків, гідроциліндрів виносу та підйому мотовила, неопрацьованість системи

автоматичного контролю "Сатурн"; на другий сезон – руйнування підшипників, редуктора ножа жниварки, тріщини грохота та решіт молотарки, скручування валів верхнього контр приводу, відбійного бітера та барабанів, відмови гідрозамків, заміна всіх ланцюгових передач та підшипників колосових та зернових шнеків і елеваторів; недостатнє освітлення в нічний час, перекриття трубою мотовила жниварки світла транспортних фар через їх необґрунтоване розміщення; неповне заповнення об'єму бункера, відсутність захисних пристроїв від деформації валів молотильного барабана та бітера при забиванні барабана; незручний та поганий доступ для обслуговування і кондиціонерів, двигуна, гідросистеми, перевантаження лівої сторони решіт продуктом домолоту; складність та незручність переобладнання для збирання пізніх зернових (заміна дека та варіаторного приводу), низька безвідмовність гальм, постійне засмічення повітряного фільтра двигуна та захисних решіток вентилятора. Середній наробіток на відмову 78,3 га (2020 р.) і 75,8 га (2021 р.). Вважаємо, що показники надійності дещо низькі з причини відсутності вхідного технічного контролю складальних одиниць наявні випадки використання матеріалів, які не закладені робочими кресленнями.

Удосконалення вітчизняної системи технічної експлуатації сільськогосподарських машин (рис. 1.2) стримуються наступними факторами: система технічної експлуатації машин в цілому має затратну основу і за своїм змістом не відповідає сучасним вимогам західноєвропейської і північно-американської практик; вона сформована для умов колективного сільського господарства, але в більшості чинна по нині [4]. В даній структурі (рис. 1.2) з точки зору системного підходу до організації технічної експлуатації відсутні суб'єкт управління технічним обслуговуванням, стратегії, методи, зовнішнє середовище та інформаційний вплив на структуру технічного обслуговування і не пропрацьовано удосконалення структури технічної експлуатації [33].

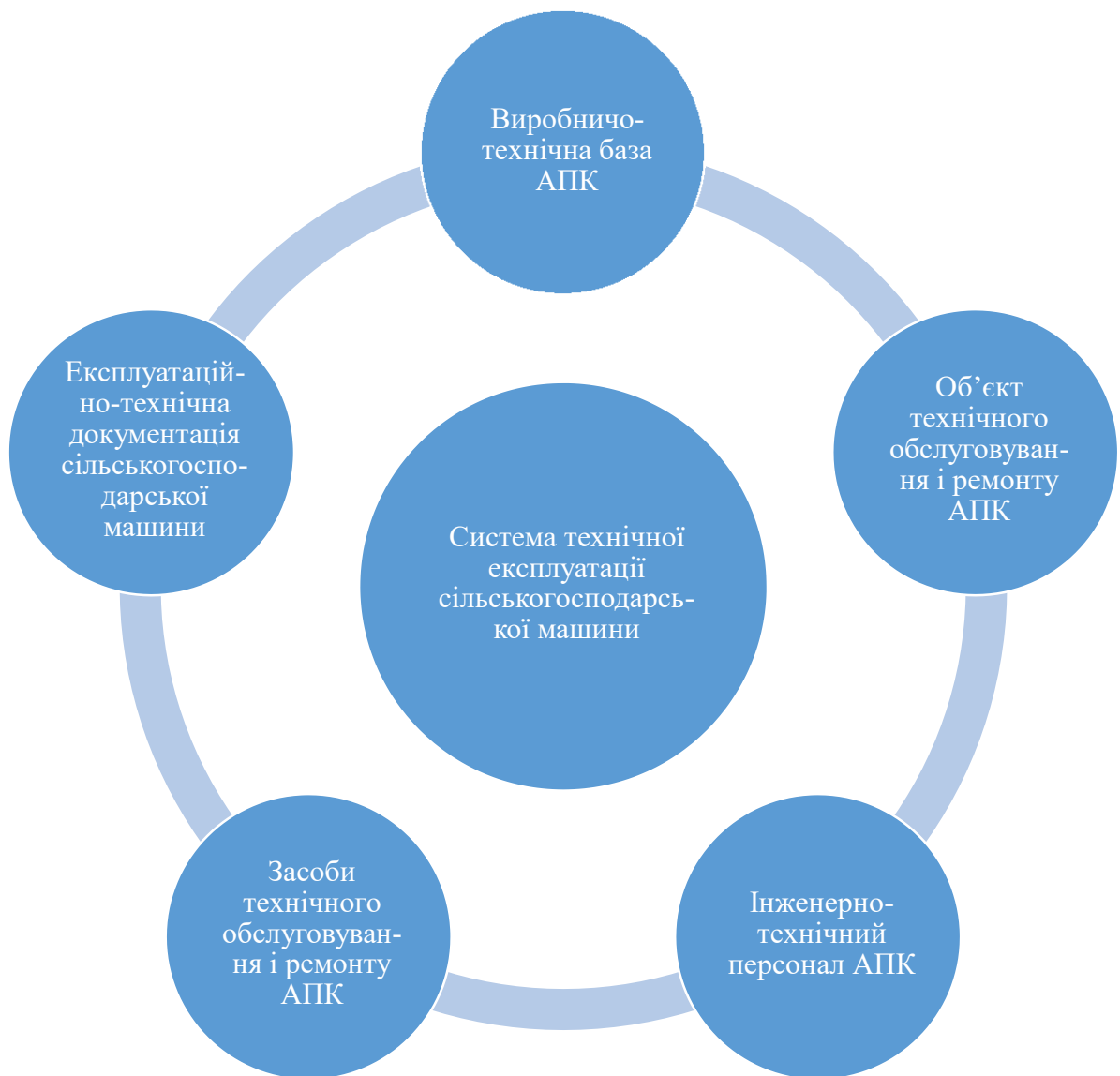


Рис. 1.2. Сучасна структура системи технічної експлуатації сільськогосподарських машин

Крім того сучасні методичні підходи (рис. 1.3), що базується на математичних моделях, не враховує імовірнісний характер функціонування машин в структурно-неоднорідному середовищі з багато параметричними механічними процесами, яким властива випадковість і значна мінливість у часі й просторі [7, 16]. У цьому зв'язку дослідження, що присвячені підвищенню надійності машин з використанням нових підходів для оцінки ефективності їх функціонування в сільському масиві з невизначеними властивостями й розробки ресурсозберігаючих способів технічного обслуговування, є актуальними, і такими що спрямовані на розв'язання проблеми, яка має важливе наукове й практичне значення [4].

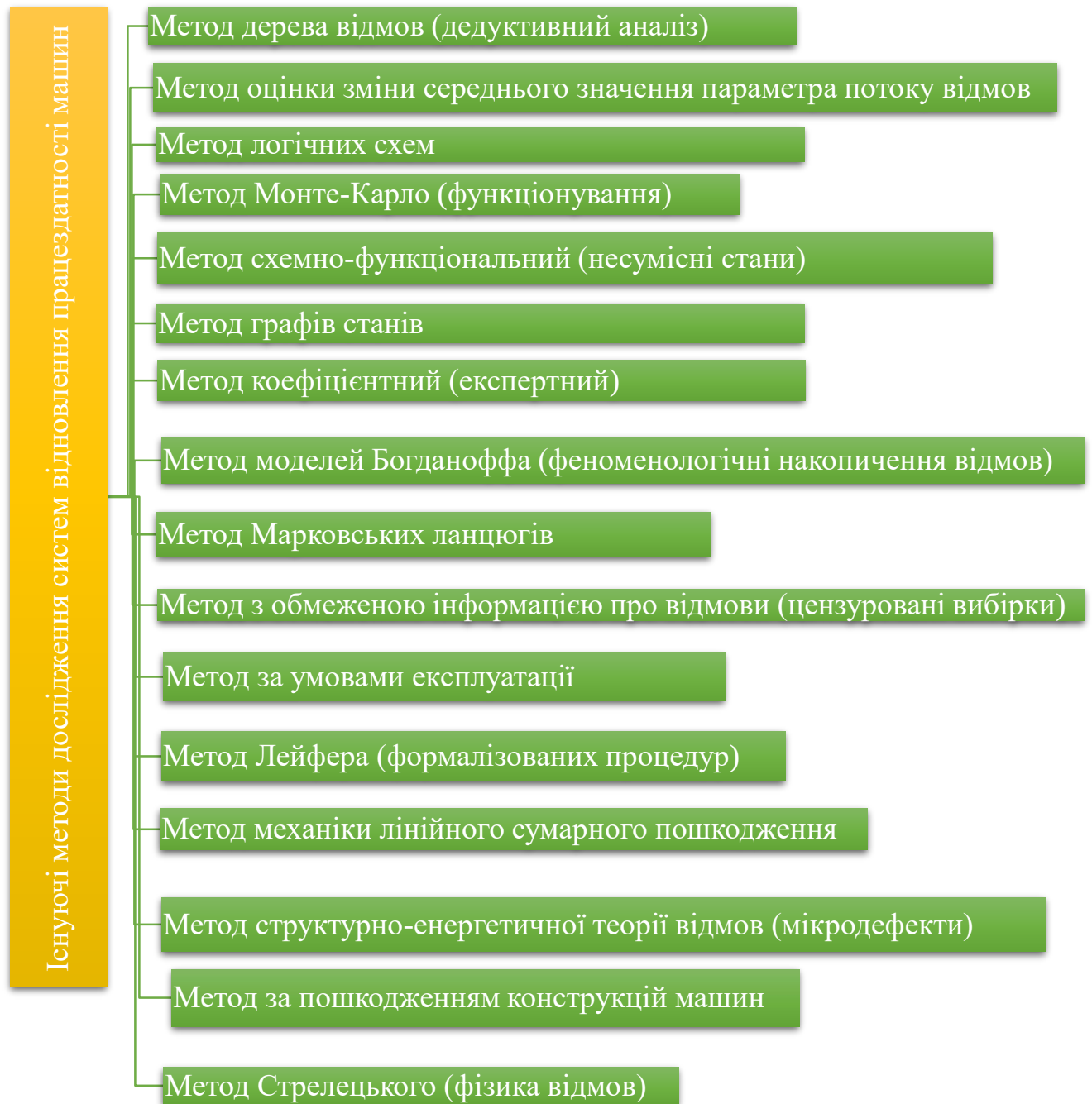


Рис. 1.3. Існуючі методи дослідження систем відновлення працездатності сільськогосподарських машин

За існуючими методологічними підходами розрахунок показників надійності сільськогосподарських машин [6], як невідновлюваних так і відновлюваних станів, найбільш точно формують дифузійні розподіли (табл. 1.1). Серед існуючих розподілів DN – єдині моделі, яка дозволяють вирішити більшість з можливих задач надійності сільськогосподарських машин [2].

Дещо меншим спектр вирішення задач за DM та експоненційним розподілом. Найменша кількість задач може бути вирішена на основі логарифмічно нормального і альфа розподілів [3].

Таблиця 1.1

Моделі відмов сільськогосподарських машин

Зміст задачі	Моделі відмов сільськогосподарських машин за розподілами					
	DN	DM	e	W	lgn	α
1. Показники безвідмовності сільськогосподарських машин:						
невідновлюваних і нерезервованих систем	+	+	+	+	-	-
невідновлюваних і резервованих систем	+	+	-	+	-	-
відновлюваних і нерезервованих систем	+	-	+	-	-	-
відновлюваних і резервованих систем	+	-	-	-	-	-
2. Норми запасних частин систем	+	+	+	-	-	-
3. Показники довговічності сільськогосподарських машин:						
невідновлюваних систем	+	+	+	+	-	-
відновлюваних систем	+	-	+	-	-	-
4. Коефіцієнт готовності	+	+	+	-	-	-
5. Коефіцієнт оперативної готовності	+	-	+	-	-	-
6. Середній і γ -% ресурси, ймовірність безвідмовної роботи механічних елементів на основі характеристик міцності і навантаження	+	+	-	-	+	-
7. Планування нормативних випробувань	+	+	+	+	+	+

Зміст задачі	Моделі відмов сільськогосподарських машин за розподілами					
	DN	DM	e	W	lgn	α
8. Показники надійності за цензурованими вибірками	+	+	+	+	+	+
9. Параметрична надійність	+	+	-	-	-	+
10. Технічний контроль середніх показників надійності	+	+	+	+	+	+
11. Технічний контроль γ -% показників надійності	+	+	+	+	+	-
12. Технічний контроль ймовірності безвідмовної роботи	+	+	+	+	+	-
13. Технічний контроль коефіцієнта готовності	+	+	+	-	-	-
14. Планування прискорених випробувань	+	+	-	-	-	+
15. Показники надійності за апріорної інформації	+	+	-	-	-	+

Примітка: Знак «+» означає, що рішення можливе, а «-» не можливе. e – експоненційний розподіл, W – розподіл Вейбулла-Гнеденко, lgn – логарифмічно нормальний розподіл, α – альфа-розподіл.

Порівняльний аналіз моделей відмов сільськогосподарських машин за розподілами дозволяє стверджувати, що за всіма вимогами фізичності, адекватності, можливості розрахунку надійності, універсальності і практичної придатності, які надаються до моделей відмов, дифузійні розподіли мають переваги перед експоненційним розподілом, розподілом Вейбулла-Гнеденко, логарифмічно нормальним розподілом, альфа-розподілом [5, 13, 20, 23].

Висновки з першого розділу

На основі проведеного аналізу визначені основні фактори, що впливають на якість технічного обслуговування машин: автоматизація і механізація виробничих процесів; технічна оснащеність типовим обладнанням; забезпеченість експлуатаційною документацією; кваліфікація інженерної служби; методи оцінки якості технічного обслуговування машин; своєчасний аналіз і корегування процесу технічного обслуговування з урахуванням виявлених недоліків; своєчасне матеріально-технічне забезпечення запасними частинами і агрегатами; необхідні професійні якості спеціалістів з технічного обслуговування машин; стан дисципліни; наукова організація праці; система оплати праці і застосування методів морального і матеріального стимулювання.

Визначено, що особливе місце при розробці наукових основ технології технічного обслуговування займають роботи з обґрунтування періодичності технічного обслуговування, які повинні базуватись на виявленні основних закономірностей зміни технічного стану і визначення допустимих параметрів стану деталей, спряжень і вузлів.

Сучасні наукові підходи базуються на спрощених моделях, які не враховують імовірнісний характер функціонування сільськогосподарських машин в структурно-неоднорідному середовищі з багатопараметричними механічними процесами, яким властива випадковість і значна мінливість у часі й просторі. У цьому зв'язку дослідження, що присвячені підвищенню надійності сільськогосподарських машин з використанням нових підходів для оцінки ефективності їх функціонування в сільському масиві з невизначеними властивостями й розробки ресурсозберігаючих способів технічного обслуговування, є актуальними, і такими що спрямовані на розв'язання проблеми, яка має важливе наукове й практичне значення.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ КОМПЛЕКСНИХ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАНOSTІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

„... Один і той же засіб праці можливо використовувати більш ефективно як шляхом подовження часу його щорічного застосування, так і збільшення інтенсивності його застосування.”

[Карл Маркс, Фрідріх Енгельс. Зібрання. Том 24. С. 399.].

2.1. Узагальнена математична модель індексу технічного стану сільськогосподарської машини при втраті її працездатності

Сільськогосподарська машина володіє нескінченним набором властивостей різної природи [34-35]. Але в процесі дослідження взаємодії людини з сільськогосподарською машиною здійснюється обмеження множини властивостей, які знаходяться в межах можливості їх сприйняття і необхідності для мети досліджень. Отже, в рамках задач управління технічним станом сільськогосподарської машини необхідно розглядати скінченну множину відібраних для спостережень властивостей цієї машини. За чим у кожної сільськогосподарської машини ця множина властивостей буде індивідуальною. Таким чином в рамках задач відновлення працездатності технічного стану сільськогосподарської машини характеризується за допомогою деякого визначеного скінченної множини значень параметрів:

$$S = \{s_1; s_2; s_3; \dots; s_n\}, \quad (2.1)$$

де S – індекс технічного стану сільськогосподарської машини; s_n – значення параметру технічного стану сільськогосподарської машини; n – кількість параметрів технічного стану сільськогосподарської машини.

Так як для кожної сільськогосподарської машини множина параметрів індивідуальна, і кожен параметр має свою область значень і одиницю вимірювання, то виникає актуальна задача із систематизації різнорідних даних в задачі відновлення працездатності із застосуванням теорії нечітких множин.

При цьому критерії виконання необхідних функцій можуть бути встановлені заданням для кожної функції набору параметрів, які характеризуються здатністю її виконання, і допустимих меж зміни значень цих параметрів (рис. 2.1). Тобто відновлення працездатності сільськогосподарських машин можна визначити як властивість машини зберігати в часі у визначених межах значення всіх параметрів [15, 36], які характеризують її спроможність виконувати задані функції.

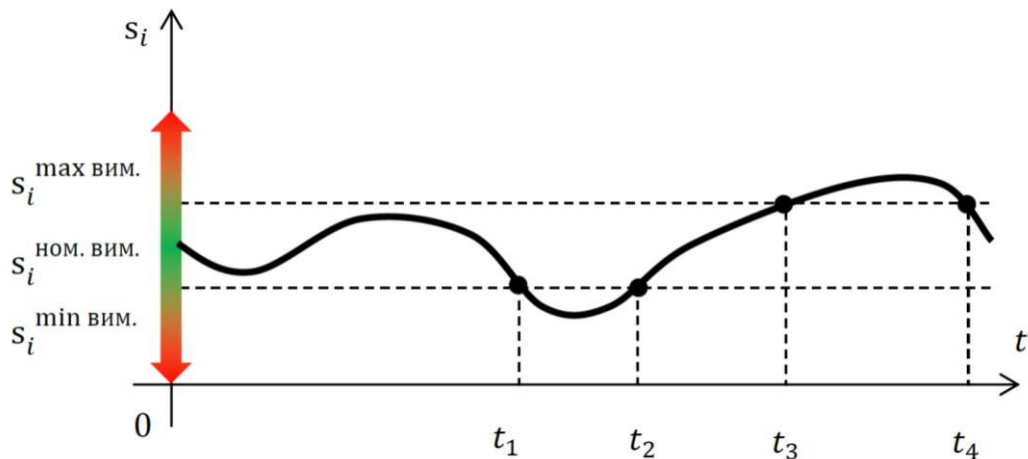


Рис. 2.1. Графічне пояснення властивості сільськогосподарської машини зберігати в часі у визначених межах значення параметру технічного стану.

Під час введення сільськогосподарської машини в експлуатацію значення його параметра s_i рівне номінальному значенню $s_i^{ном. вим.}$ (рис. 2.1). Під час експлуатації сільськогосподарської машини значення параметра s_i динамічно змінилось в часі t і знаходиться в визначених межах значень $s_i^{max. вим.} - s_i^{min. вим.}$ (рис. 2.1). В момент часу t_1 (рис. 2.1.1) значення параметра s_i вийшло за допустимі межі – момент переходу сільськогосподарської машини з справного стану в несправний стан. Якщо параметр s_i характеризує здатність сільськогосподарської машини виконувати задані функції, то t_1 – момент переходу працездатності в непрацездатність. Таким чином, сільськогосподарська машина містить певну скінченну множину параметрів або індекс технічного стану сільськогосподарської машини S , значення якого характеризує стан машини:

$$S = \{s_i, i = 1, n\}. \quad (2.2)$$

Індекс технічного стану сільськогосподарської машини S (2.2) містить певну підмножину параметрів, які характеризують здатність машини виконувати задані функції. Параметр s_i може приймати значення в множині всіх можливих значень se_i , яке містить підмножину заданих значень sa_i :

$$sa_i \subset se_i. \quad (2.3)$$

Якщо позначити технічний стан сільськогосподарської машини як SI , то можемо записати:

$$SI = \begin{cases} \text{справний стан, якщо } \forall s_i: s_i \in sa_i, \\ \text{несправний стан, якщо } \exists s_i: s_i \notin sa_i. \end{cases} \quad (2.4)$$

Зважаючи, що видами технічного стану сільськогосподарської машини є справний і несправний стани, працездатність і непрацездатність та граничний стан (рис. 2.2), то межі самого технічного стану стають дещо розмитими, особливо це відноситься меж між працездатністю, непрацездатністю та граничним станом [3, 4].

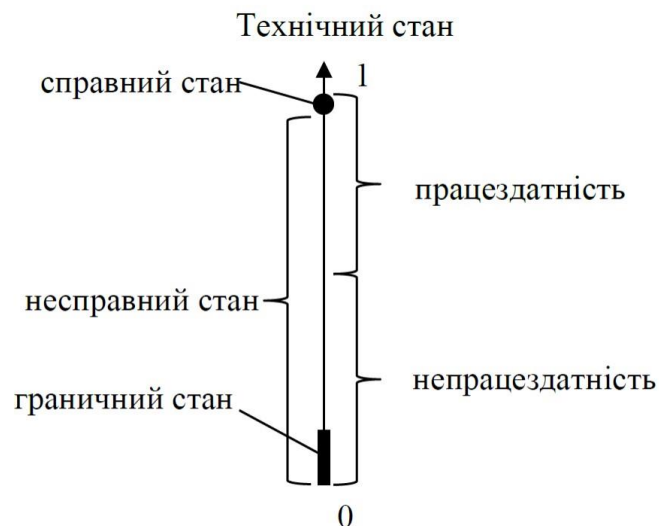


Рис. 2.2. Інтерпретація графічного представлення технічного стану сільськогосподарської машини

Якщо кількісна оцінка технічного стану сільськогосподарської машини є безрозмірною числова величина індексу технічного стану, яка характеризує стан машини з точки зору відповідності його параметрів нормативним

значенням [9]. Згідно загальному алгоритму процесу оцінки, необхідно виміряти поточне значення і порівняти його з нормативом [30, 31]. В ракурсі оцінки технічного стану сільськогосподарської машини даний алгоритм проектується на параметри машини. Для технічно завершених технічних систем, такими встановленими значеннями на практиці є значення, які відрізняються від норм заводів-виробників сільськогосподарських машин, що пояснюється конкретним використанням даної машини в загальній агропромисловій системі виробництва сільськогосподарських культур. В ракурсі описаного підходу отримуємо деяку генеральну сукупність – множину значень, які описують експеримент за процесом оцінки технічного стану сільськогосподарських машин. Таким чином, довільний технічний стан сільськогосподарської машини може бути виражений за допомогою скінченної множини значень індексу технічного стану машини [33-38].

2.2. Узагальнена математична модель адитивності сільськогосподарської машини при втраті її працездатності

Для адитивності сільськогосподарської машини при втраті її працездатності величина параметра ефективності функціонування системи A_{Δ} в загальному випадку опишемо виразом:

$$A_{\Delta} = \varrho_1 \cdot A_1 + \varrho_2 \cdot A_2 + \dots + \varrho_c \cdot A_k, \quad (2.5)$$

де k – кількість вузлів, механізмів, агрегатів в сільськогосподарській машині; A_1 – випадкова величина параметра ефективності адитивності сільськогосподарської машини при втраті її працездатності, яка вноситься 1-им вузлом, механізмом, агрегатом; ϱ_1 – передаточне відношення, яке характеризує внесок 1-ого вузла, механізму, агрегату на величину ефективності адитивності сільськогосподарської машини при втраті її працездатності (введення передаточного відношення дозволяє звести адитивність з відмінними характеристиками вузлів, механізмів, агрегатів, в яких кожна з них виконує різні опції, з яких складається загальний ефект функціонування).

Формулюємо дві задачі. Пряма задача – задані нормативні вимоги до параметра ефективності і необхідно визначити параметри ефективності окремих вузлів, механізмів, агрегатів, при яких забезпечується ефективність сільськогосподарської машини в цілому. Обернена задача – задані параметри ефективності окремих вузлів, механізмів, агрегатів і вимагається визначити параметри ефективності сільськогосподарської машини в цілому. Для вирішення цих двох постановок задач введемо позначення:

математичне очікування параметра A_1 і A_Δ ; σ_1 і σ_Δ – середнє квадратичне відхилення параметра A_1 і A_Δ ; a_1 , a_Δ – поле розсіювання параметра A_1 і A_Δ ; A_{1B} , A_{1H} , $A_{\Delta B}$ і $A_{\Delta H}$ – верхні і нижні граничні відхилення параметра A_1 і A_Δ ; θ_{a_1} , θ_{a_Δ} – координати середини поля розсіювання параметра A_1 і A_Δ . За теорією розмірних ланцюгів введемо безрозмірні коефіцієнти ζ і ϕ :

$$\zeta = \frac{A - \theta_a}{a/2}, \quad (2.6)$$

$$\phi = \frac{6\sigma_A}{a}, \quad (2.7)$$

де ζ – коефіцієнт відносної асиметрії; ϕ – коефіцієнт відносного розсіювання. Коефіцієнти ζ і ϕ для вузла, механізму, агрегату, будемо позначати через ζ_1 і ϕ_1 , а для сільськогосподарської машини в цілому ζ_Δ і ϕ_Δ . Під полем розсіювання приймаємо різницю між найбільшим і найменшим значенням випадкової величини. Під a приймаємо практичне граничне поле розсіювання, таке яке охоплює 29,73% всіх значень генеральної сукупності.

На практиці існують дві ситуації: коефіцієнти ζ і ϕ визначаються виходячи з відомої функції розподілу випадкової величини; коефіцієнти ζ і ϕ визначаються дослідним шляхом. Визначимо коефіцієнти ζ і ϕ , які відповідають 100 γ % рівню довіри.

Нормальний закон розподілу $A: \frac{\sqrt{2}}{\pi\sigma_\theta} \cdot \int_{t_1}^{t_2} 1^{-\frac{(a-x)^t}{2\sigma^2}} dx = \gamma$. Значення θ_γ , відповідає різним значенням γ , за яким в діапазоні $\theta_\gamma \in [0,81; 0,91; 0,97]$ йде відповідне зростання $\gamma \in [0,5999; 0,9995; 0,999]$.

Закон розподілу Релея характеризується параметром випадковою величиною і значення θ_γ , відповідає різним значенням γ (рис. 2.3-2.4).

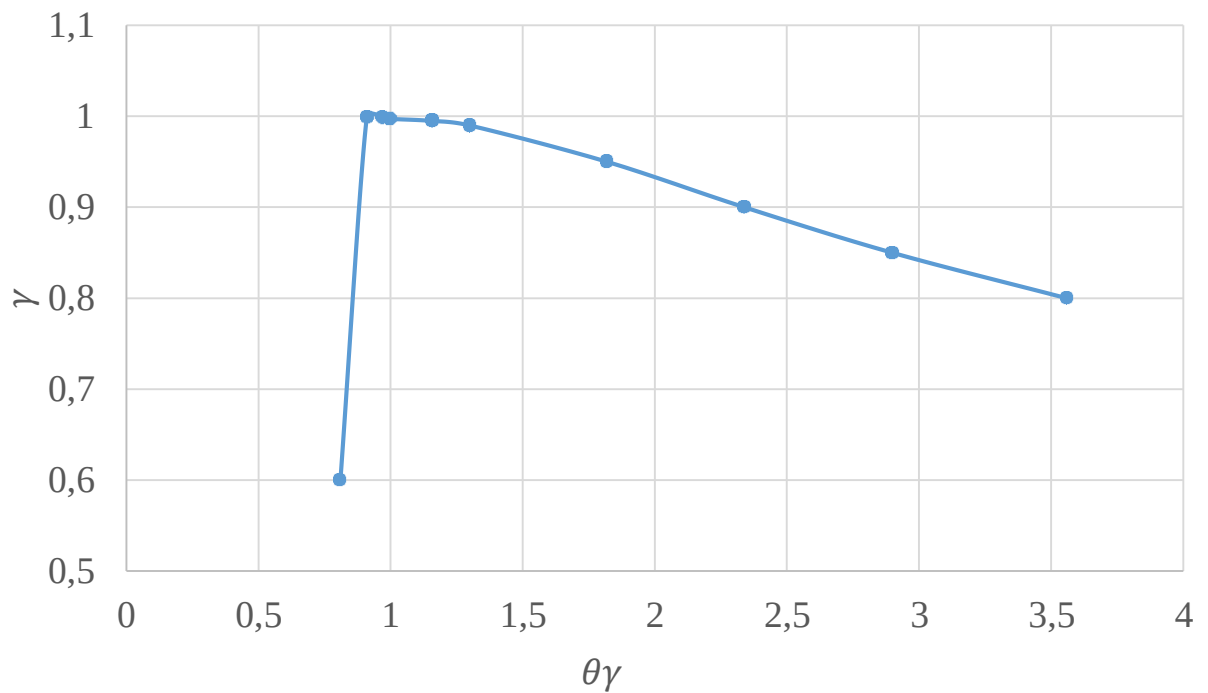


Рис. 2.3 Залежність θ_γ , від значення γ для нормального закону розподілу.

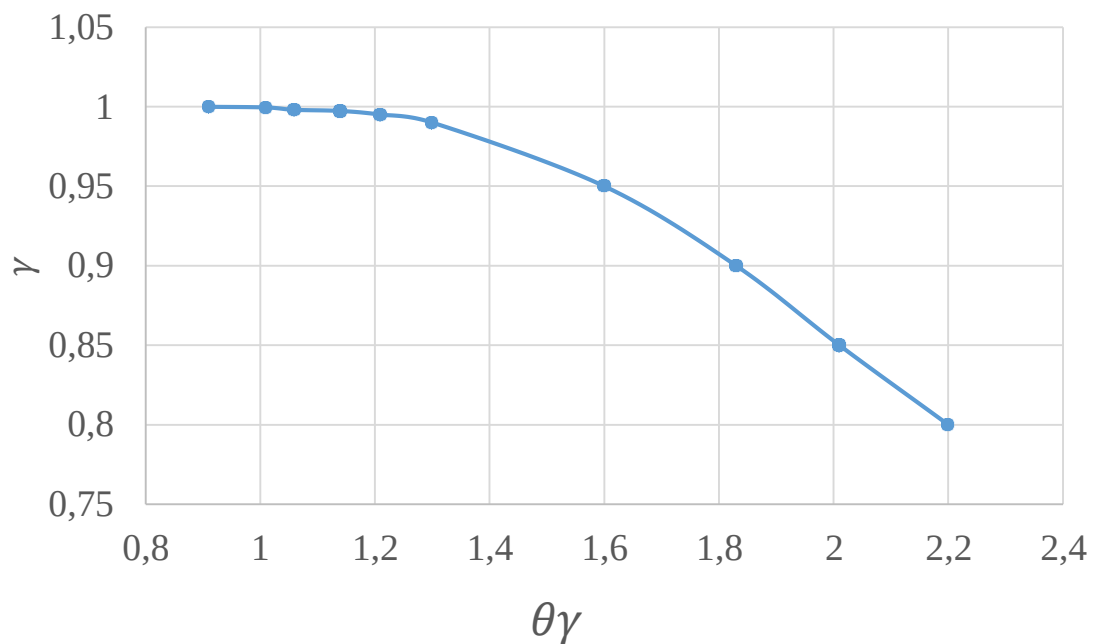


Рис. 2.4. Залежність θ_γ , від значення γ для закону розподілу Релея.

Закон розподілу Максвела характеризується параметром випадковою величиною і значення θ_γ , відповідає різним значенням γ (рис. 2.4).

Усічений нормальний закон розподілу характеризується параметром випадковою величиною і значення θ_γ , відповідає різним значенням γ .

Таким чином, коефіцієнт готовності сільськогосподарських машин залежить: від кількості відмов; частоти відмов з технічних і технологічних причин; від часу усунення відмови (відновлення робото здатності). Якщо при експлуатації сільськогосподарської машини надійність її елементів в довільні періоди роботи різна, то і коефіцієнт готовності машини необхідно визначати з врахуванням зміни середнього рівня частоти відмов і зміни часу на відновлення робото здатності.

2.3. Методичні підходи до систем відновлення працездатності сільськогосподарських машин

Навіть якщо всі етапи проектування, виробництва і експлуатації сільськогосподарської машини виконані з дотриманням всіх вимог, з використанням науково-обґрунтованих методик [8], детально розробленої нормативно-технічної документації і перевірених на практиці інструкцій з експлуатації [12], в процесі експлуатації сільськогосподарських машини в реальних умовах спостерігаються відмови і несправності (рис. 2.5). На рис. 2.6 представлена схема еволюції методичних підходів до технічного обслуговування сільськогосподарських машини.

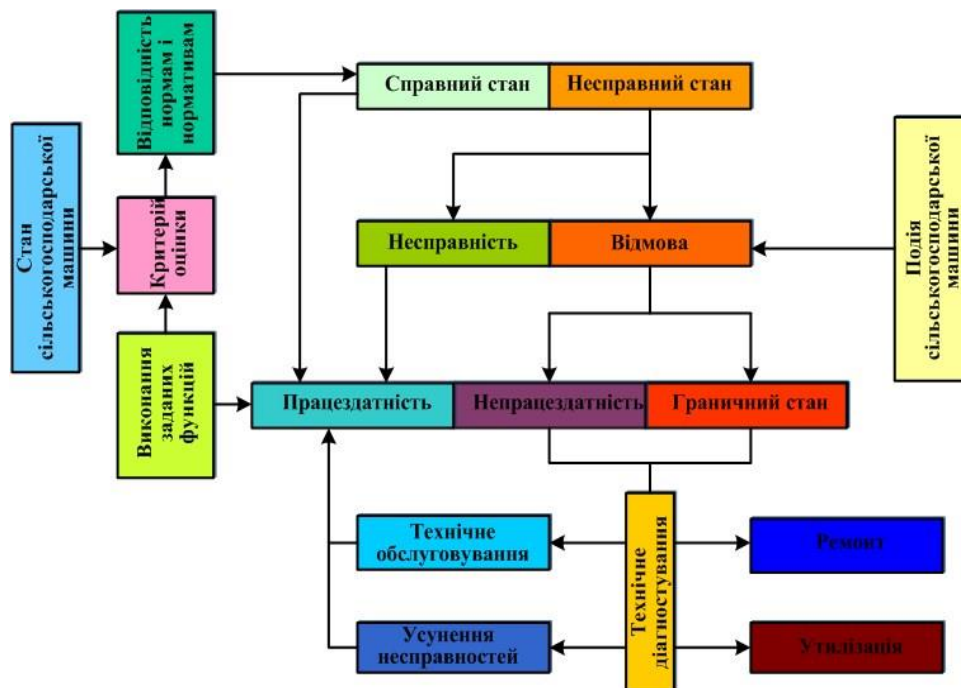


Рис. 2.5. Схема подій і станів сільськогосподарської машини в процесі експлуатації

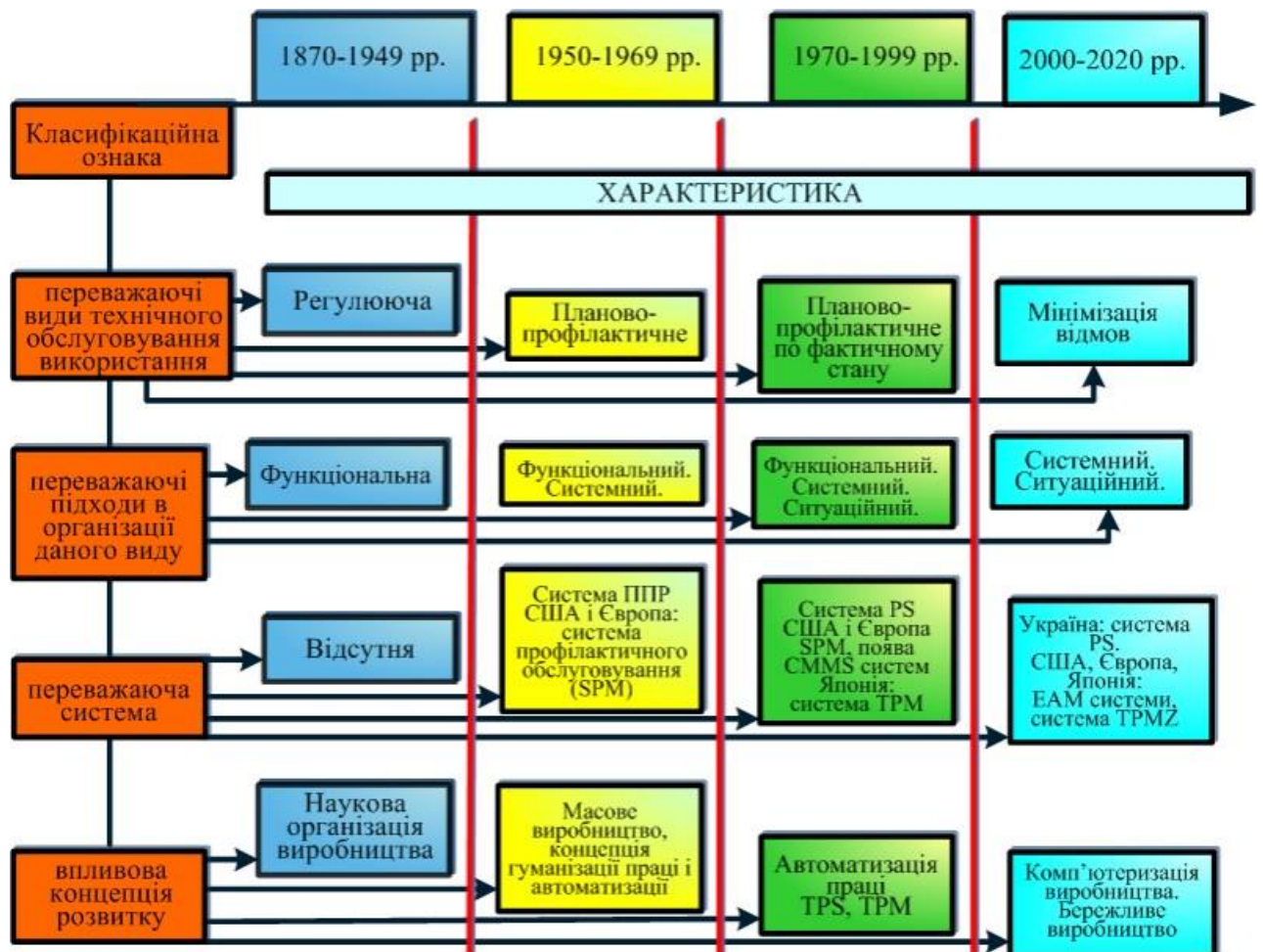


Рис. 2.6 Еволюції методичних підходів до технічного обслуговування сільськогосподарських машини

Причини подібних відмов сільськогосподарських машини необхідно шукати в розкид фізичних і міцнісних властивостей матеріалів, нестабільності і неідентичності технологічних процесів і, особливо, в досить широкому розмаїтті зовнішніх впливів і навантажень.

Ці чинники є об'єктивною реальністю, знання закономірностей їх прояву допоможе попередити і виключити складні по наслідках відмови вузлів і агрегатів сільськогосподарських машин, а дослідження і рішення проблем експлуатаційної надійності необхідно виконувати з використанням методів теорії ймовірності та математичної статистики.

Вимоги до організації технічної експлуатації сільськогосподарських машини регламентуються такими основними нормативними документами, як національні стандарти і правила ЄЕК ООН. Ці документи, в більшій частині,

стосуються безпеки використання сільськогосподарських машин і їх екологічної безпеки. Крім цього, вимоги обумовлюються в технічних регламентах, які визначають норми періодичності, трудомісткості, змісту та обсягів технічного обслуговування і ремонтів сільськогосподарських машин.

Технічне забезпечення сучасних систем відновлення працездатності сільськогосподарських машин базується на тому, що, маючи статистичні дані історії відмов сільськогосподарських машин, і, знаючи характеристики процесів зношування вузлів механізму в залежності від наробітку, можна визначити і встановити такий термін експлуатації сільськогосподарських машин (міжремонтний інтервал), при якому ймовірність інтенсивного зносу і відмов мала (рис. 2.7).

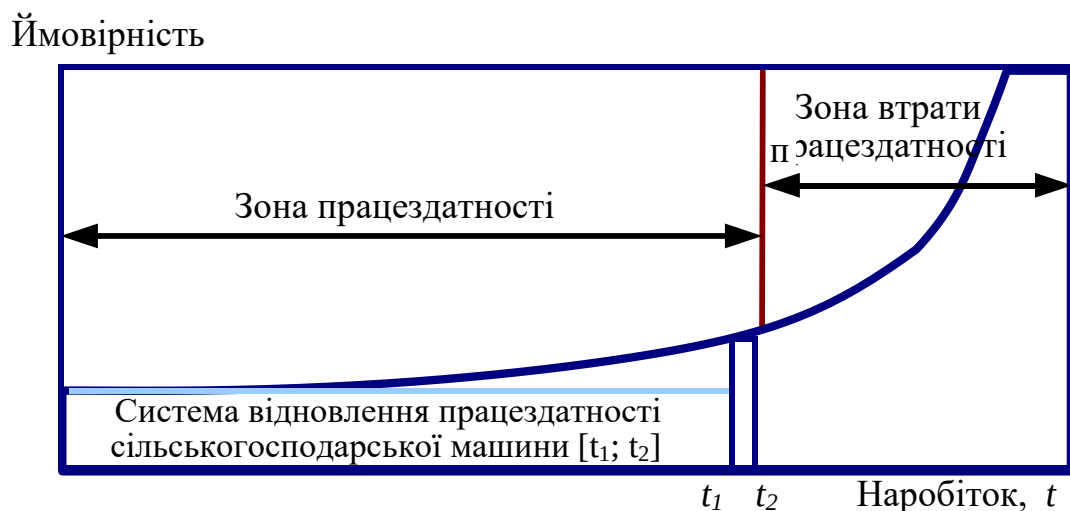


Рис. 2.7. Класична схема, що лежить в основі сучасних систем відновлення працездатності сільськогосподарських машин

Ефективність системи відновлення працездатності сільськогосподарських машин визначається ступенем її адаптації до виконання певного ряду функцій по забезпеченню експлуатаційної надійності і прийнятного технічного стану сільськогосподарської машини в процесі експлуатації.

З огляду на існуючі тенденції підвищення надійності діагностичного контролю за рахунок автоматизації процесу вимірювання та реєстрації значень

параметрів, зменшення числа обслуговуючого персоналу і полегшення процесів отримання оперативної інформації про технічний стан сільськогосподарської машини, реалізація систем технічної діагностики стає ефективною в режимі діагностичного моніторингу змін параметрів технічного стану контрольованих вузлів, агрегатів, систем, механізмів сільськогосподарської машини.

Оновлення парку сільськогосподарських машин відбувається за рахунок надходження в експлуатацію нових, енергонасичених, більш продуктивних, але і більш конструктивно складних і дорогих сільськогосподарських машин. Значна частина нових сільськогосподарських машин, як вітчизняного, так і імпортного виробництва, оснащені досить великою кількістю різних датчиків і приладів, які входять в систему вбудованої діагностики і дозволяють контролювати можливі зміни технічного стану сільськогосподарської машини, а також призначені для фіксування і накопичення інформації про режими роботи машин і виникають перевантаженнях.

Використовувані для організації датчики діагностичного моніторингу вельми різноманітні і мають різні можливості з фіксування і накопичення діагностичної та іншої необхідної інформації. Ряд датчиків з їхніми суттєвими ознаками і функціональними можливостями представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2.

**Зовнішні датчики і пристрої для підключення до бортового блоку
GSM/ГЛОНАС**

Назва	Вид
Радіочастотна ідентифікація RFID	
Датчик наявності оператора комбайна	
Цифровий датчик рівня палива	

Назва	Вид
Універсальний датчик механізмів	
Диференціальний витратомір палива DFM	
Цифровий датчик для вимірювання температури вузлів, робочих рідин	



Назва	Вид
Датчик сигналу про відмову сільськогосподарської машин під час експлуатації	
Датчик навантаження на вісь	
Магнітоконтактні датчики геркони для контролю початку роботи механізмів	
Датчик кута нахилу сільськогосподарської машини	
Універсальний блок контролю мотогодин двигуна	
Датчик-ключ включення запалювання	

Назва	Вид
Датчик контролю відстою в паливних баках	
Реле тиску	
Датчик контролю мінімального рівня оливи в картері двигуна, баках гідросистем	
Датчик контролю емісії відпрацьованих газів	

Представлена схема (рис. 2.8) дозволяє оптимізувати планування інженерних заходів системи відновлення працездатності сільськогосподарських машин з оптимізацією витрат, що призводить до підвищення рівня експлуатаційної надійності сільськогосподарських машин.

Наведена на рис. 2.8 схема дозволила зробити висновок про те, що процеси відновлення працездатності сільськогосподарських машин супроводжуються отриманням, обробкою і аналізом потоків інформації [19].

При цьому змінюється ентропія (невизначеність) стану системи відновлення працездатності сільськогосподарських машин. Ентропія станів даної системи тим менше, чим більше інформації буде отримано за допомогою відділеної моніторингової підсистеми для розкриття невизначеності ситуацій, що виникають.

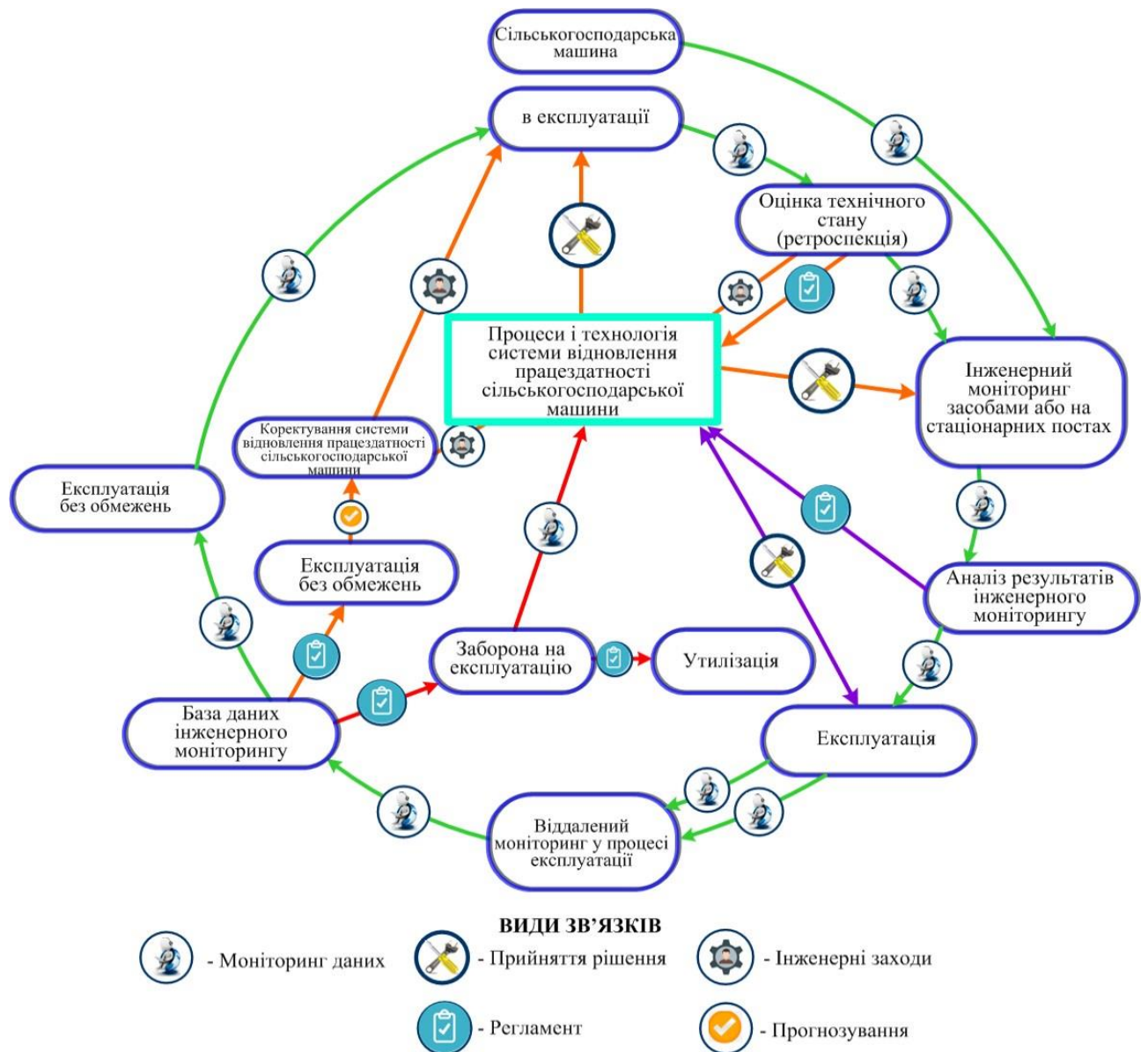


Рис. 2.8. Схема процесів експлуатації сільськогосподарських машин з використанням відділеної моніторингової підсистеми

2.4. Формування ступенів операцій ефективності заходів підвищення працездатності сільськогосподарських машин

Для оцінки формування ступенів операцій ефективності заходів підвищення працездатності сільськогосподарських машин порівнюємо дані з підприємства до впровадження заходів підвищення працездатності сільськогосподарських машин і після (рис. 2.9: 1 – без техніко-технологічних заходів; 2 – для планово-попереджувальної системи; 3 – найбільш корисна область поєднання імовірного P_v і логічного P_d параметра; 4 – для

ймовірісно-логічної методики визначення технічного стану сільськогосподарських машин).

Запроваджена комплексних техніко-технологічних заходів підвищення працездатності сільськогосподарських машин на агропідприємстві істотно покращує показники щодо скорочення часу простою на 15-18% в порівнянні з діючою на підприємстві планово-попереджувального системою обслуговування сільськогосподарських машин.

Як ми бачимо (рис. 2.10), при експлуатації сільськогосподарських машин з системою комплексних техніко-технологічних заходів підвищення працездатності середнє напрацювання на відмову збільшилася на 18,9%, при цьому питомі витрати знизилися на 26,8%, що є відповідним значенням і знаходиться в межах точності моделювання. Однак це можна пояснити тим, що елементи, які вибирали, мають низьку ймовірністю на відмову, яка для більшості елементів знаходиться в межах 0,5-0,7.

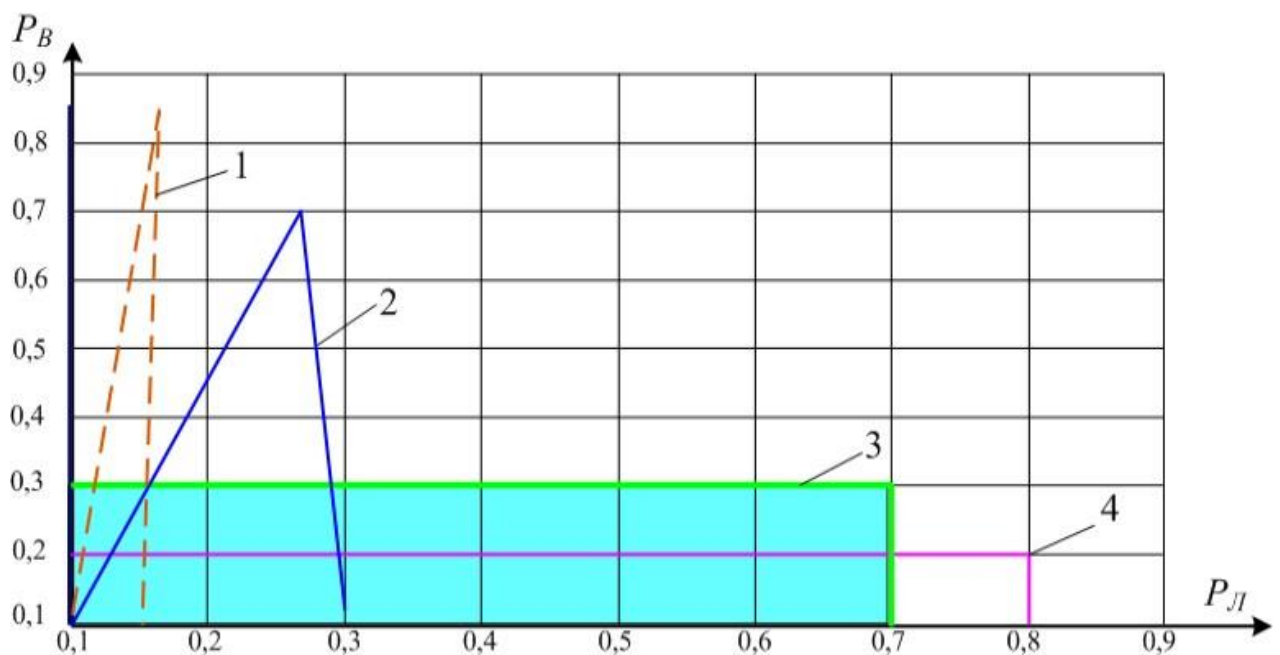


Рис. 2.9. Розподіл коефіцієнтів з досліджуваних методів

Використання комплексних техніко-технологічних заходів підвищення працездатності сільськогосподарських машин, що приводить до варіації періодичності обслуговування, дозволяє перегруповують операції технічного обслуговування і усунення несправностей елементів сільськогосподарських машин і складати уточнені переліки операцій кожного обслуговування.

Автоматизоване визначення переліків і періодичності ступенів операцій засноване на обробці поточних значень параметрів технічного стану елементів сільськогосподарських машин, зіставлення їх з допустимими значеннями параметрів і отримання на цій основі загальної інформації про технічний стан сільськогосподарських машин.

Раціональні періодичності вибираються з урахуванням залежності ймовірності безвідмовної роботи сільськогосподарських машин від періодичності технічного обслуговування, при цьому слід виходити з умови, що ймовірність безвідмовної роботи буде близька до одиниці для елементів сільськогосподарських машин, що піддаються комплексним техніко-технологічним заходам підвищення працездатності. Відповідно періодичність обслуговування сільськогосподарських машин буде величиною змінною.

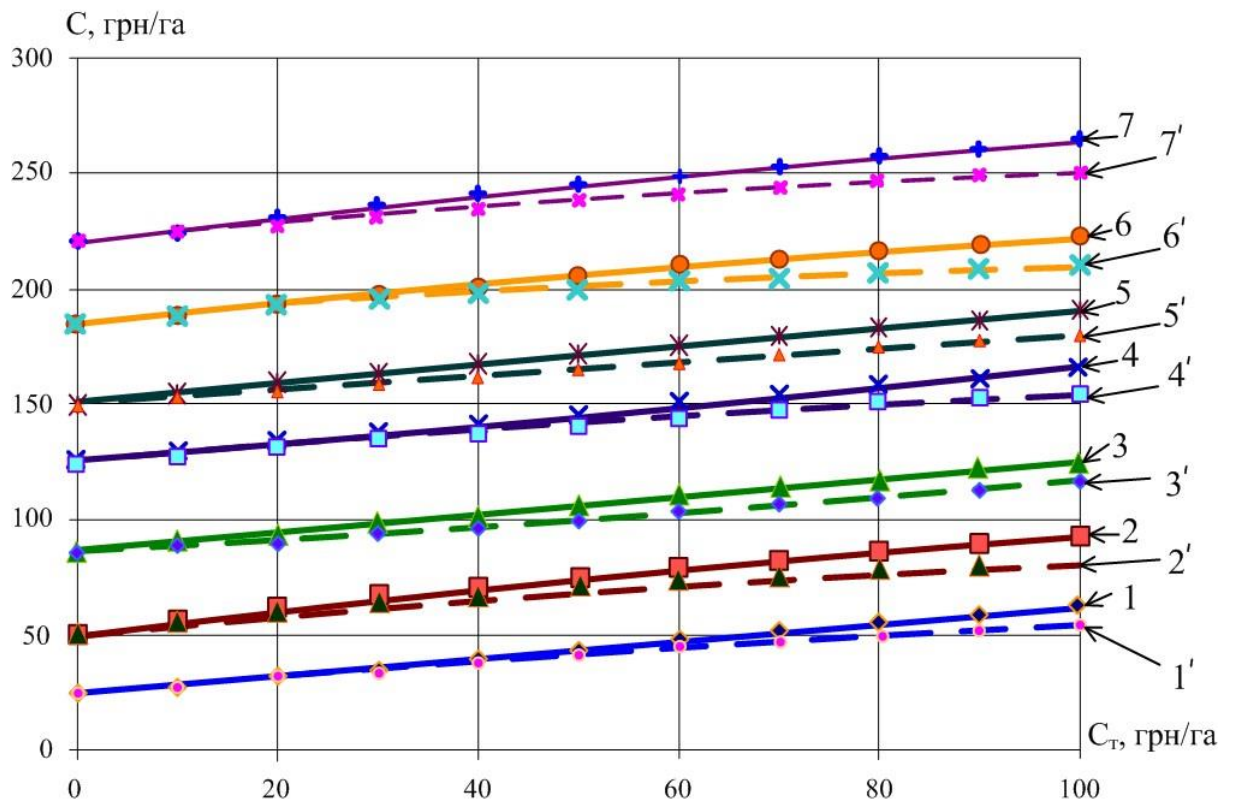


Рис. 2.10. Графіки зміни питомих сумарних витрат для комплексних техніко-технологічних заходів підвищення працездатності машин в залежності від годинної тарифної ставки C_t і вартості однієї години простою $C_{пр}$: 1, 1' – 0; 2, 2' – 20; 3, 3' – 40; 4, 4' – 60; 5, 5' – 80; 6, 6' – 100; 7, 7' – 120; ———— для планово-попереджувального системи; — — — комплексних техніко-технологічних заходів підвищення працездатності сільськогосподарських машин

При досягненні граничного стану елементами, сільськогосподарську машину слід направляти на операції $O_1, O_2, O_3, \dots$ (рис. 2.11) в моменти напрацювання $l_1, l_2, l_3, \dots$ одночасно з цим потрібно провести визначення операцій елементів, у яких прогнозований період досягнення граничного стану не перевищує заданого допуску (операції $O_{11}, O_{12}, \dots$) і згрупувати з операціями $O_1, O_2, O_3, \dots$.

Угруповання проводиться з використанням елементів прогнозування в блоці керування сільськогосподарською машиною, або через адаптер з допомогою комп'ютера, що знімає інформацію з вихідного роз'єму цього блоку.

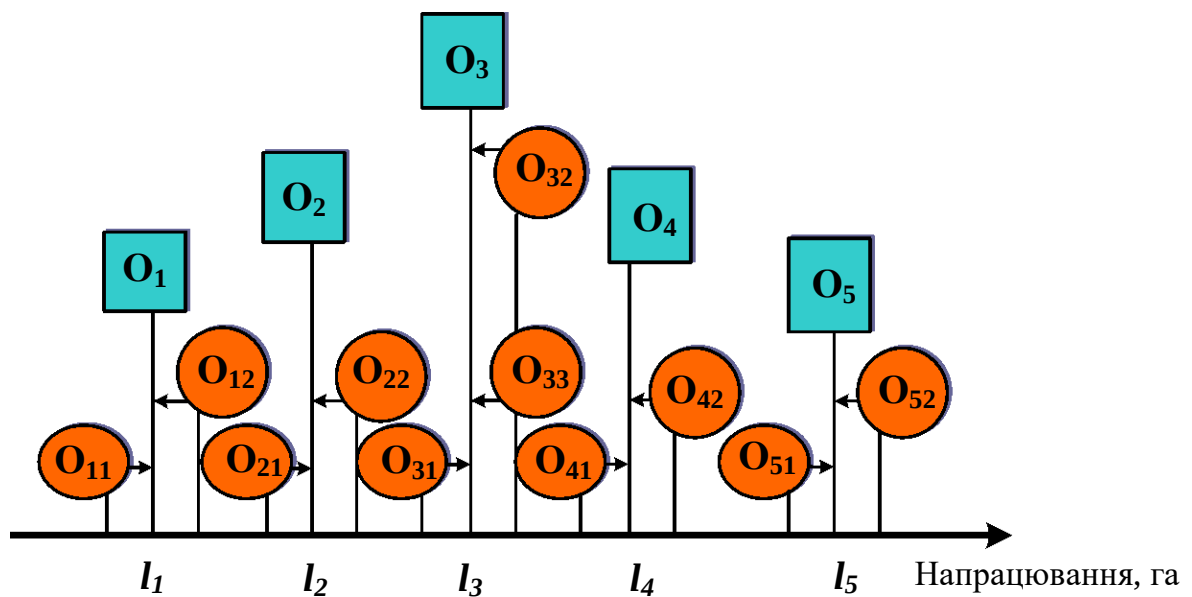


Рис. 2.11. Схема формування ступенів операцій: $O_1, O_2 \dots$ – операції, що відповідають за безпеку руху, найбільш трудомісткі або мають значну вартість; $O_{11}, O_{12} \dots$ – операції певні мають прогнозований період досягнення граничного стану не перевищує заданого допуску $O_1, O_2 \dots$; $l_1, l_2 \dots$ – періодичність переліків операцій

Перевагою пропонованої тактики є зниження матеріальних і тимчасових витрат на технічне обслуговування і ремонт сільськогосподарських машин, а також збільшення ресурсу сільськогосподарських машин.

Одночасно з цим на агропідприємстві виникає необхідність в плануванні технічного обслуговування груп сільськогосподарських машин з різним технічним станом.

Висновки з другого розділу

1. Запроваджена комплексних техніко-технологічних заходів підвищення працездатності сільськогосподарських машин на агропідприємстві істотно покращує показники щодо скорочення часу простою на 15-18% в порівнянні з діючою на підприємстві планово-попереджувального системою обслуговування сільськогосподарських машин.

2. При експлуатації сільськогосподарських машин (рис. 2.9) з системою комплексних техніко-технологічних заходів підвищення працездатності середнє напрацювання на відмову збільшилася на 18,9%, при цьому питомі витрати знизилися на 26,8%, що є відповідним значенням і знаходиться в межах точності моделювання. однак це можна пояснити тим, що елементи, які вибирали, мають низьку ймовірністю на відмову, яка для більшості елементів знаходиться в межах 0,5-0,7.

РОЗДІЛ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ

З метою недопущення нещасних випадків під час проведенні технічного обслуговування та виконання робіт з технікою. Необхідно знати, що всі види робіт ремонтних, налагоджувальних та технічного обслуговування сільськогосподарської техніки проводять тільки після повної зупинки всіх агрегатів.

3.1 Охорона праці під час обслуговування сільськогосподарської техніки

Під час інтенсивного використання сільськогосподарської техніки на польових роботах виникає потреба в ремонті вузлів та агрегатів техніки, що вийшла з ладу у польових умовах, не доставляючи її на ремонтні бази. При цьому, працівникам, які виконують ці роботи, необхідно дотримуватися певних вимог техніки безпеки.

Інструмент та пристрої для технічного обслуговування машин повинні бути справними, відповідати вимогам розділу 6 Правил охорони праці під час технічного обслуговування та ремонту машин і обладнання сільськогосподарського виробництва й забезпечувати **безпеку виконання робіт**.

Технічне обслуговування машин у польових умовах проводиться у **світлий час доби**. Дозволяється проведення технічного обслуговування в нічний час за умови достатнього штучного освітлення. У цьому випадку роботи виконуються не менше ніж двома працівниками.

Усі операції з технічного обслуговування, за винятком операцій, які обумовлені інструкціями з експлуатації заводів-виготовлювачів, виконуються при зупиненій машині, непрацюючому двигуні і вимкненому валу відбору потужності.

Під час технічного обслуговування навісні машини й знаряддя опускають на землю, педаль гальма трактора встановлюють у загальмованому положенні і блокують заскочкою, деталі, вузли та агрегати очищають від рослинних решток і забруднень.

Під час **очищення машин стиснутим повітрям** слід користуватися захисними окулярами й респіратором, а струмінь повітря направляти від себе.

Перед піддомкращуванням машину або знаряддя розміщують на рівному горизонтальному майданчику. Під основу домкрата підкладають дерев'яні підкладки. Під машину або знаряддя поряд із домкратом установлюють надійну підставку, яка забезпечує стійкість та запобігає падінню машини чи знаряддя. Користуватися випадковими підставками не дозволяється.

3.2 Безпеці праці під час весняно-польових робіт

Весна - напружений час для підприємств агропромислового комплексу. Саме на період сезонних робіт, в тому числі і весняно-польових, припадає до 60 % нещасних випадків.

Напередодні розпалу весняно-польових робіт необхідно посилити профілактичну роботу із запобігання виробничому травматизму – це наполегливо рекомендує роботодавцям, керівникам сільськогосподарських підприємств, головам фермерських господарств, інженерам з охорони праці начальник відділу з профілактики страхових випадків.

«Із початком весняно-польових робіт значно зростають обсяги та інтенсивність виробничого процесу, пов'язаного з перевіркою готовності сільськогосподарської техніки, підготовкою насіння ярих зернових та зернобобових культур – додав начальник відділу. У цей час поживляються й інші роботи в агропромисловому виробництві».

Згідно з Законом України «Про охорону праці», роботодавець зобов'язаний створити на робочих місцях у кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до вимог нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі

охорони праці.

Оскільки якість виконання роботи і безпека праці залежить від навиків та вмінь самих працівників, то роботодавець має забезпечити для них проходження навчань, інструктажів та перевірки знань з питань охорони праці.

Посадові особи й інші працівники, зайняті на роботах, внесених до переліку робіт з підвищеною небезпекою, повинні пройти спеціальне навчання та перевірку знань відповідних нормативно-правових актів з охорони праці.

Не допускаються до роботи працівники, у тому числі посадові особи, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з охорони праці.

Під час безпосереднього проведення весняно-польових робіт на підприємствах сфери агропромислового комплексу має належним чином експлуатуватися техніка, а саме:

- експлуатація сільськогосподарських машин має здійснюватися з урахуванням вимог експлуатаційної документації;
- вузли та елементи сільськогосподарських машин, що рухаються, обертаються і можуть становити небезпеку, мають бути огорожені захисними кожухами, які забезпечують безпеку працівників;
- не дозволяється експлуатація несправних машини та обладнання;
- не дозволяється експлуатація сільськогосподарських тракторів без електростартерного запуску двигуна та з відсутньою або несправною системою блокування запуску двигуна за ввімкнутої передачі;
- перед виконанням робіт необхідно переконатися, що дроти повітряних ліній електропередач не буде зачіпати техніка;
- під час проїзду сільськогосподарської техніки потрібно дотримуватися безпечної дистанції.

Висновки по третьому розділу

Розробивши розділ з охорони праці можна провести такий аналіз що необхідно забезпечити і організувати на підприємствах проведення попереднього та періодичного медичних оглядів працівників, зайнятих на важких роботах, роботах зі шкідливими чи небезпечними умовами праці.

Коли відбувається початок робіт, пов'язаних сезонними роботами слід звертати увагу на несприятливі метеорологічні умови, працівникам видаються за встановленими нормами спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту, а також мийні та знешкоджувальні засоби.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ КОМПЛЕКСНИХ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

4.1. Методологія настанов з технічного обслуговування сільськогосподарських машин

Поява нових марок сільськогосподарських машин потребує постійної уваги до підтримання її технічної готовності, а це вимагає збільшення уваги до технічного обслуговування. В свою чергу технічне обслуговування нерозривно пов'язане з необхідністю розробки нормативної документації по технології його проведення. Як правило, розробка нормативної документації по тракторам і складним збиральним машинам потребує затрат часу на кожну марку до 1,5 року. Аналіз існуючої розробленої нормативної документації по технології технічного обслуговування тракторів і складної збиральної техніки дозволяє зробити висновок, що терміни розробки нормативної документації можна значно скоротити, якщо провести спеціальну класифікацію і типізацію операцій технічного обслуговування по подібним групам машин, а потім розробити групову технологію по технічному обслуговуванню на групу машин.

Нами були проведені дослідження по двох групах нових марок машин: складним збиральним машинам: зернозбиральним КЗС-9 “Славутич” та “Лан”; корнезбиральним РКМ-6 та МКП-6; кормозбиральній “Марал 125- Поділля”.

Аналізуючи роботи по технічному обслуговуванню складної збиральної техніки, операції обслуговування можна поділити на основні дві групи: загальні і специфічні. До загальних належать ті операції, які характерні для всієї групи машин (перевірка тиску повітря в шинах, рівня масла в картері двигуна, води в радіаторі і т.п.).

Специфічні операції характерні тільки для однієї машини і пов'язані в основному з специфічними робочими функціями окремих складових частин її (перевірка та регулювання глибини ходу копачів РКМ-6, перевірка та регулювання різального апарату КЗС-9 і т.п.).

В свою чергу загальні операції складають декілька основних видів робіт (масивів операцій), до яких належать: очисні; заправно-мастильні; контрольно-регулювальні. Очисні операції включають роботи технічного обслуговування пов'язані з очисткою як всієї машини, так і окремих складових частин.

Заправно-мастильні операції включають заправку маслом картерів двигунів, редукторів та інших вузлів, паливом паливних баків, водою радіаторів водяного охолодження, дистильованою водою акумуляторів, гальмівною рідиною бачків головних гальмівних циліндрів, а також мащення вузлів в'язкими мастильними матеріалами. Контрольно-регулювальні операції являють собою роботи пов'язані з перевіркою технічного стану окремих вузлів машин з метою виявлення значення відповідних параметрів і, при потребі проведення їх до технічного стану, вказаного в нормативно-технічній документації.

Кожен з масивів операцій включає в себе декілька технологічних блоків операцій, які являються однаковими для декількох машин і виконання яких проводиться однаковими універсальними технічними засобами.

До масиву контрольно-регулювальних операцій відносяться такі блоки операцій, як перевірка і регулювання натягу пасових і ланцюгових передач, перевірка і встановлення нормального тиску повітря в шинах коліс, перевірка та регулювання зазорів в клапанах і таке інше.

На основі проведеної класифікації по кожному з масивів операцій для кожної групи досліджуваних машин проводилась типізація операцій, яка заключалась у виявленні однакових (типових) операцій по кожному виду технічного обслуговування за зразком згідно рисунку 4.1.

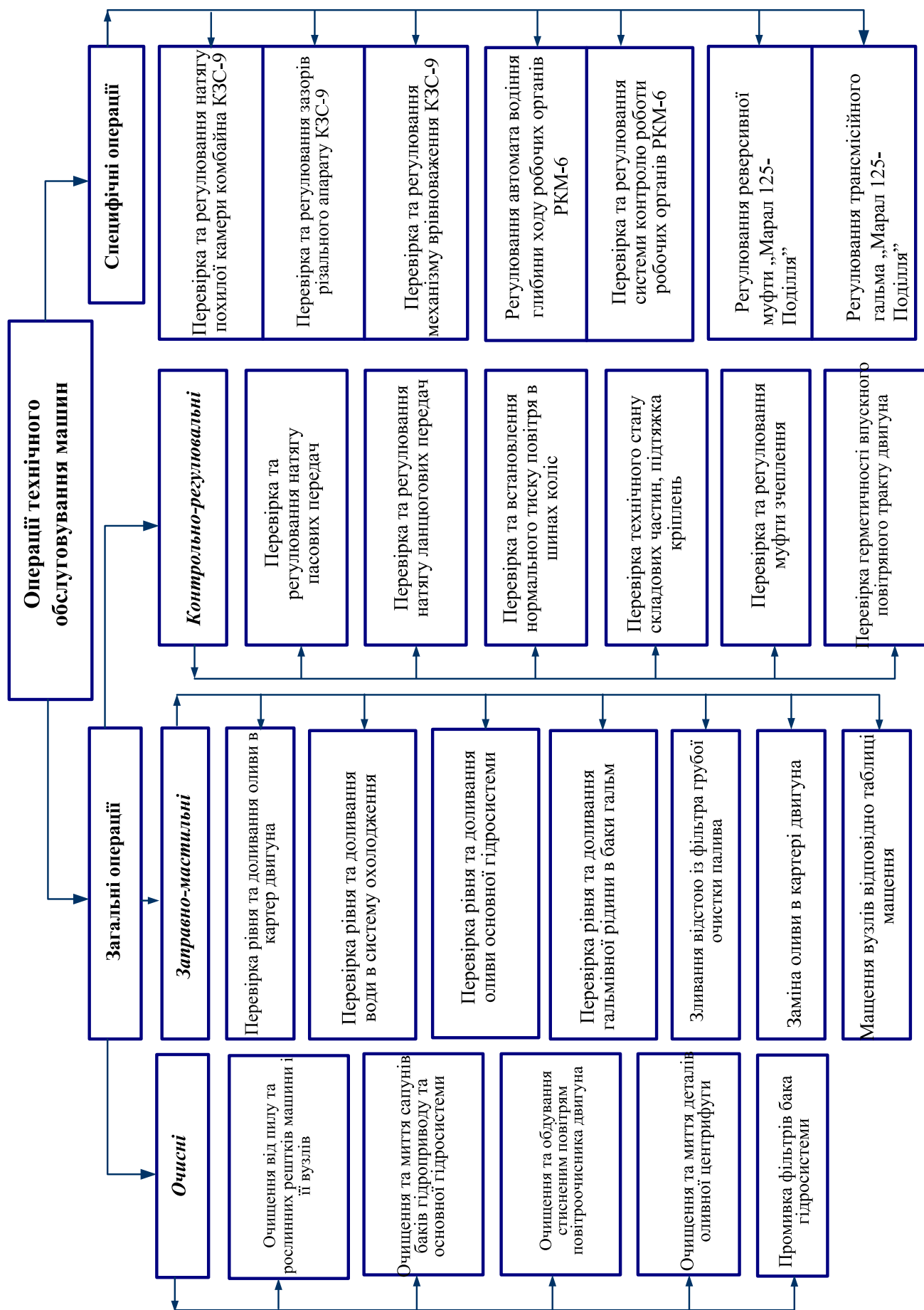


Рис. 4.1. Класифікація операцій технічного обслуговування машин

Види робіт (масивів) найменування операцій	Види технічного обслуговування машини															
	Зернозбиральний комбайн КЗС-9 «Славутич»			Зернозбиральний комбайн «Лан»			Кормозбиральний комбайн «Марал-125 - Поділля»			Коренезбиральна машина РКМ-6			Коренезбиральна півнавісна машина МКП-6			
	ЩТО	ТО-1	ТО-2	ЩТО	ТО-1	ТО-2	ЩТО	ТО-1	ТО-2	ЩТО	ТО-1	ТО-2	ЩТО	ТО-1	ТО-2	
Очисні																
Очищення від пилу та рослинних рештків машини та окремих вузлів	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Очищення та миття деталей оливої центрифуги			+			+			+			+				
Заправно-мастильні																
Перевірка і доливання оливи в картера двигуна	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
Зливання відстою палива з паливного бака		+	+		+	+				+						
Контрольно-регулювальні																
Перевірка і регулювання натягу ланцюгових передач	+	+	+	±	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
Перевірка і регулювання натягу пасових передач	+	+	+	±	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		

Рис. 4.2. Типізація операцій технічного обслуговування складних збиральних машин

Таблиця 4.1

Карта № 5 - Перевірка рівня та дозаправка оливи в картер двигуна (КЗС-9 “Славутич”, “Лан”, РКМ-6, “Марал 125 - Поділля”)

<i>№</i>	<i>Перелік робіт</i>	<i>Технічні вимоги</i>	<i>Технічні засоби</i>
1.	Забезпечте вільний доступ до оливомірного щупа та пробки заливної горловини оливи в двигуні (відкрийте капот, зніміть боковину)	Доступ до оливомірного щупа та пробки заливної горловини масла повинен бути вільним	Комплект інструменту
2.	Протріть верхню частину оливомірного щупа та ділянку блока, що прилягає до отвору показчика	Верхня частина щупа та ділянка блока, що прилягає до отвору показчика повинні бути чистими	Обтиральний матеріал
3.	Вийміть щуп, протріть його і установіть на місце до упору. Повторно вийміть щуп, визначіть рівень оливи і установіть щуп на місце	Рівень оливи повинен бути на висоті верхньої мітки щупа. Рівень оливи слід перевірити через 5-10 хвилин після зупинки двигуна.	Обтиральний матеріал
4.	При зниженому рівні оливи, очистіть від пилу та бруду кришку заливної горловини і зніміть її	Кришка і заливна горловина повинні бути чистими	Обтиральний матеріал
5.	Дозаправте картер двигуна оливою, рекомендованим заводською інструкцією з експлуатації машини. Перевірте рівень оливи	Рівень оливи повинен бути на висоті верхньої мітки щупа	Агрегат технічного обслуговування, заправний інвентар, олива
6.	Закрийте кришкою заливну горловину. Ретельно витріть сліди розливої оливи	Кришка та заливна горловина повинні бути чистими.	Обтиральний матеріал

Типовою вважалась операція, яка була наявна для більшості машин взятої групи і відмічена на рис. 4.1 знаком “+”. В результаті типізації визначався перелік типових і специфічних операцій, по яким будуть розроблятися технологічні карти для проведення технічного обслуговування нових марок тракторів та складної збиральної техніки, приклад одної з яких показано в таблиці 4.1.

Описаний методологічний підхід дослідження дозволить значно скоротити строки розробки нормативно-технічної документації по технічному обслуговуванню нових марок вітчизняних сільськогосподарських машин. Так для десяти вищевказаних нових марок машин було затрачено на розробку нормативного документа всього два роки.

4.2. Рекомендації з впровадження комплексних техніко-технологічних заходів підвищення працездатності сільськогосподарських машин

Виходячи з кінцевої мети функціонування системи забезпечення працездатності сільськогосподарських машин, економічний ефекти від рівня організації і якості її застосування за двома напрямками – за рахунок зниження затрат на експлуатацію сільськогосподарських машин і за рахунок підвищення валового збирання врожаю сільськогосподарських культур. Відношення сумарних річних затрат на експлуатацію машин Z до вартості виробленої валової продукції C відтворює результативність комплексу заходів забезпеченості працездатності. Це відношення характеризує питомі витрати на експлуатацію сільськогосподарських машин $П$ в розрахунку на гривню валової продукції. Чим менша величина питомих витрат, тим результативніший комплекс заходів забезпеченості працездатності.

Сумарна ефективність застосування фінансового ресурсу в комплексі заходів забезпеченості працездатності сільськогосподарських машин E складає [Постанова Кабінету Міністрів України від 12 липня 2004 р. № 885 «Методика обчислення вартості машино-дня та збитків від простою машин»]: $E = (П_б - П_п) \cdot П_т$, де $П_б$, $П_п$ – базова і поточна величини питомих витрат на експлуатацію сільськогосподарських машин, грн.; $П_т$ – поточна величина валової продукції сільськогосподарських культур, т.

Величина Π_6 передбачає відношення середньорічних сумарних витрат на експлуатацію сільськогосподарських машин за рік, що передував року запровадження комплексу заходів забезпечення працездатності $\Pi_{рб}$ до середньорічного за ці ж рок об'єму валової продукції $\Pi_{вт}$, тобто $\Pi_6 = \frac{\Pi_{рб}}{\Pi_{вт}}$

Поточне (порівнювальне) значення питомих витрат визначається за виразом []:

$$\Pi_{п} = \frac{\Pi_{рб}}{\Pi_{вт} \pm 0,2(\Pi_{т} - \Pi_{вт})}.$$

Так як, при визначенні поточного значення питомих витрат в розрахунок приймається не вся отримана в даному заліковому році валова продукція $\Pi_{т}$, а тільки 0,2 частка або 20% її приросту (зменшення) в порівнянні з базовою. Це пов'язано з тим, що за даними агрономічної науки на сферу механізацію сільськогосподарського виробництва (якість і терміни проведення збирання збіжжя сільськогосподарських культур, втрати продукції при збиранні) приходить тільки 19% приросту (зниження) виробництва пшениці, інші 81% припадають на сівозміну, насіннєвий матеріал, погодні умови.

Кількість виробленої валової продукції істотно залежить від погодних умов; в зв'язку з чим в окремі періоди, особливо в неблагоприйнятні роки, цей показник може збільшитись не пов'язано з функціонуванням системи забезпечення працездатності сільськогосподарських машин. Щоб уникнути накладок від погодних умов необхідно оперувати не абсолютними значеннями показника, а його рівнями по відношенню до модального значення (агropідприємства, агрофірми, агрохолдингу, галузі). В такому випадку:

$$E = (C_{сб} - C_{ст}) \cdot \Pi_{вт} \pm 0,2(\Pi_{т} - \Pi_{вт}).$$

Базові $C_{сб}$ і поточні $C_{ст}$ рівні питомих затрат на експлуатацію визначаються відношеннями:

$$C_{сб} = \frac{C_{сбх}}{C_{бср}}, C_{ст} = \frac{C_{стх}}{C_{тср}}.$$

Тут індекси «х» і «ср» означають відповідно показники, які досягнуті в даному агropідприємстві, і галузі показники, якщо надається оцінка в цілому.

Так затрати на експлуатацію зернозбиральних комбайнів в розрахунку на гривню валової продукції сільськогосподарських культур в модальному агropідприємстві складають за 2020-2022 рр. 0,20, а в середньому по галузі 0,19. За 2022 рік ті ж величини, визначені з врахуванням 20% зміни валової продукції по відношенню з базовим значенням, складають відповідно 0,19 і 0,21. Валової

продукції отримано в агропідприємстві за 2018 рік по 10,7 млн. гривень, а в 2019 році 11,5 млн. грн.

Тоді,

$$E = (0,20:0,22 - 0,19:0,21) \cdot 10,7 + 0,2(11,5 - 10,7) = 9,086010 \text{ млн. грн.}$$

Економічна ефективність системи забезпечення працездатності сільськогосподарських машин може визначитись за галуззю, за чим беруться відповідні значення. При визначенні інтегрального показника в цілому галузі діяльності до витрат на експлуатацію сільськогосподарських машин необхідно додати витрати на експлуатацію засобів механізації сільськогосподарського виробництва.

Крім інтегрального показника, при оцінці ефективності системи забезпечення працездатності сільськогосподарських машин можемо використати часткові показники, як наприклад, рівень механізації виробничих процесів, питомих витрат на експлуатацію, технічне обслуговування і ремонт машин, коефіцієнт технічної готовності машин. Перелічені показники можемо застосувати до конкретних агропідприємств. При аналізі чисельних значень показників, які характеризують машиновикористання, витрати на утримання сільськогосподарських машин, необхідно звертати увагу на їх розкид по окремих агропідприємствах. Така характеристика показника, як амплітуда коливання (розкид) відносно математичного очікування, сама по собі може прийматись в якості оціночного показника. Чим менший розкид коливання показника відносно математичного очікування, тим рівномірніша ефективність системи забезпечення працездатності сільськогосподарських машин за результативністю.

Безпосереднім результатом раціональної організації системи забезпечення працездатності сільськогосподарських машин визнається підвищення рівня безвідмовності машин, в частковому випадку коефіцієнта готовності, тобто підвищення рівня системи забезпечення працездатності сільськогосподарських машин обертається на практиці підвищення надійності машини, підвищенням рівня її якості, в результаті створюється додаткова якість, за яку необхідно витратити фінансові ресурси.

Так для власника зернозбирального комбайну з пропускною здатністю 9 кг/с виникає умова підвищення рівня його готовності виходячи з основного загальновідомого визначення:

$$K_r = \frac{T_{\text{пр}}}{T_p + T_{\text{п}}},$$

де K_r – коефіцієнт готовності; T_p – час експлуатації комбайна, год; $T_{\text{п}}$ – час простою комбайна з причини відмови, год;

маємо

$$T_{\text{п}} = \frac{T_p \cdot (1 - K_r)}{K_r}, \text{ год.}$$

Приймаючи час експлуатації зернозбирального комбайна за сезон експлуатації 268 годин, фактично досягнутий рівень $K_r = 0,85$ і підставляючи вказані значення в останній вираз, отримаємо:

$$T_{\text{п}} = \frac{268 \cdot (1 - 0,85)}{0,85} = 47,3 \text{ год.}$$

Таким чином, простої комбайна через відмови при $K_r = 0,85$ складають 47,3 години на сезон. Підвищення за рахунок системи забезпечення працездатності сільськогосподарських машин K_r на сім пунктів, до 0,92, при тому же сезонному напрацюванні дозволить знизити час простоїв до 23,3 годин:

$$T_{\text{п}} = \frac{268 \cdot (1 - 0,85)}{0,85} - \frac{268 \cdot (1 - 0,92)}{0,92} = 47,3 - 23,3 = 24,0 \text{ год.}$$

або зменшити цей час на 24,0 години.

Враховуючи, що збитки від простою машин, призначених для рослинництва та кормовиробництва, обчислюються за такою формулою:

$$\text{Збитки} = Y \cdot P(m) \cdot R(\text{вд}) \cdot t(\text{пд}) \cdot T(\text{пд}) \cdot C(\text{п}).$$

де Y – урожайність сільськогосподарської культури (для збиральної техніки враховується фактична урожайність культури в господарстві в поточному 2019 році 4,14 т/га; для машин, які виконують роботи під урожай наступного року, середня урожайність культури в господарстві за останні 5 років); $P(m)$ – експлуатаційна продуктивність машини 9 кг/с (21,6 т/год); $R(\text{вд})$ – коефіцієнт втрати продукції внаслідок затримки технологічної операції на одну добу, визначений у додатку 2 Постанова Кабінету Міністрів України від 12 липня 2004 р. № 885 «Методика обчислення вартості машино-дня та збитків від простою машин» 0,019 (га/(т год)); $t(\text{пд})$ – кількість часу простою машини 23,3 години; $T(\text{пд})$ – тривалість роботи машини протягом доби, 12 годин; $C(\text{п})$ – закупівельна ціна цього виду продукції в регіоні 5850 грн за 1 т.

$$\text{Збитки}(K_r = 0,92) = 4,14 \cdot 21,6 \cdot 0,019 \cdot 23,3 \cdot 12 \cdot 5850 = 2779077 \text{ грн.}$$

$$\text{Збитки}(K_r = 0,88) = 4,14 \cdot 21,6 \cdot 0,019 \cdot 47,3 \cdot 12 \cdot 5850 = 5641648 \text{ грн.}$$

Таким чином, підвищення готовності комбайна на 0,07 забезпечить при інших рівних умовах збільшення загальної маси прибутку на 2862571 грн в рік, тобто створює додатковий прибуток. В розрахунку на одиницю якості на один пункт збільшення K_r збільшення маси прибутку у споживача складе $2862571:7=408939$ грн в рік на один комбайн. Така ефективність системи забезпечення працездатності сільськогосподарських машин в розрахунку на одиницю якості. Вказану величину необхідно враховувати при розробці технічних заходів і планування витрат на підвищення рівня технічного стану і готовності машин. Витрати на ці цілі у відповідності з приведеними вище розрахунками можуть бути виправданими в тому випадку, якщо вони не перевищують 408939 грн на один пункт підвищення K_r в розрахунку на один зернозбиральний комбайн в рік. При цьому варто мати на увазі, що мова ведеться про додаткові витрати, які забезпечуються вказаний приріст якості; основні витрати на систему забезпечення працездатності сільськогосподарських машин в розрахунок не приймаються.

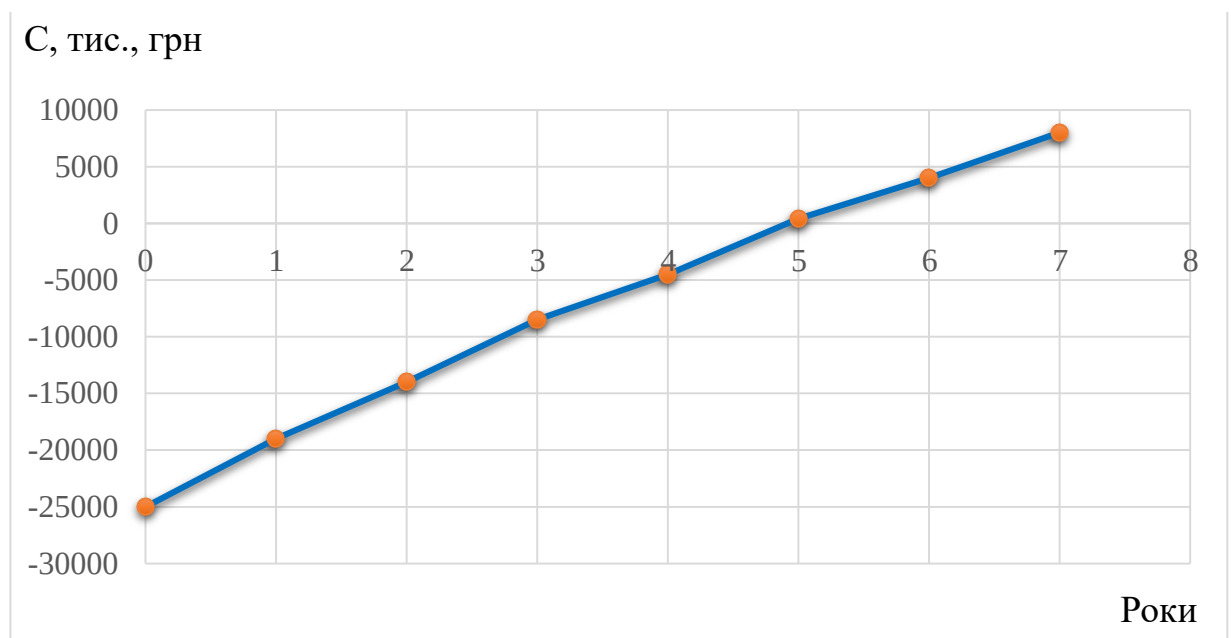


Рис. 4.3. Графік визначення терміну окупності проекту по застосування розроблених комплексних техніко-технологічних заходів підвищення працездатності сільськогосподарських машин

Для визначення терміну окупності розробимо графік залежності дисконтованого потоку наростаючим підсумком від часу застосування програмно-технічних комплексів, інформаційних баз даних, а також технічних засобів, спрямованих на впровадження розроблених комплексних техніко-технологічних заходів підвищення працездатності сільськогосподарських машин (рис. 4.3).

Відповідно термін окупності проекту t_{ko} визначається з пропорції:

$$t_{ko} = 5 - \frac{464,1 \cdot 7}{25000 + 8338,27} = 4,82 \text{ роки}$$

Таким чином, термін окупності проекту в заданих умовах проведення аналізу становить 4 роки і 10 місяців.

Висновок з четвертого розділу

1. Використання нормативного забезпечення на всіх етапах розроблення, виробництва і, особливо, машиновикористання сільськогосподарських машин сприяє підвищенню її якості та конкурентоспроможності. Однак в існуючій нормативній документації із забезпечення

працездатності сільськогосподарських машин наявні наступні недоліки: 48% посилання на національні і галузеві стандарти, які втратили чинність дії; 23% занижені і 7% взагалі не обумовлюють показники якості виконання технологічного процесу підвищення працездатності сільськогосподарських машин; 11% не вказують умов експлуатації сільськогосподарських машин; 18% містять занижені експлуатаційні показники надійності сільськогосподарських машин.

2. Запропоновані комплексні заходи дозволили підвищити готовність сільськогосподарських машин на 0,07 і забезпечить при інших рівних умовах збільшення загальної маси прибутку на 2862571 грн в рік. В розрахунку на одиницю якості на один пункт збільшення K_r збільшення маси прибутку у споживача складе 408939 грн в рік на один комбайн. Термін окупності проєкту в заданих умовах проведення аналізу становить 4,82 роки.

ВИСНОВКИ

1. Виконавши аналіз сучасних методологічних основ і техніко-технологічних заходів підвищення працездатності сільськогосподарських машин встановлено, що на теоретико-множинному рівні весь процес розробки може бути представлений, який містить сім груп:

I група – множина функцій процесів моніторингу за параметрами технічного стану і відновлення працездатності сільськогосподарських машин;

II група – множина задач, які вирішуються в процесі інженерного моніторингу за параметрами технічного стану і відновлення працездатності сільськогосподарських машин;

III група – множина властивостей і характеристик, які визначаються в процесі інженерного моніторингу за параметрами технічного стану і відновлення працездатності сільськогосподарських машин;

IV група – множина результату інженерного моніторингу за параметрами технічного стану і відновлення працездатності сільськогосподарських машин;

V група – множина персоналу, який відповідає за розробку техніко-технологічних заходів підвищення працездатності сільськогосподарських машин;

VI група – множина об'єктів і процесів інженерного моніторингу за параметрами технічного стану і відновлення працездатності сільськогосподарських машин;

VII група – множина в'язів між компонентами розробки техніко-технологічних заходів підвищення працездатності сільськогосподарських машин.

2. Запровадження комплексних техніко-технологічних заходів підвищення працездатності сільськогосподарських машин на агропідприємстві істотно покращує показники щодо скорочення часу простою на 15-18% в порівнянні з діючою на підприємстві планово-попереджувальною системою обслуговування сільськогосподарських машин. При експлуатації сільськогосподарських машин з системою комплексних техніко-технологічних заходів підвищення працездатності середнє напрацювання на відмову збільшилося на 18,9%, при цьому питомі витрати знизилися на 26,8%, що є відповідним значенням і знаходиться в межах

точності моделювання. Однак це можна пояснити тим, що елементи, які вибирали, мають низьку ймовірністю на відмову, яка для більшості елементів знаходиться в межах 0,5-0,7.

3. Вплив числових характеристик часу виконання технологічних операцій на зміну фактичної кількості технічних обслуговувань практично достатньо мале 0,5%. При умові стабільності в наробітку сільськогосподарської машини в процесі їх технічної експлуатації коефіцієнт варіації часу між технічними обслуговуваннями за сільськогосподарською машиною має малі значення до 0,05...0,10, в зв'язку з чим відбувається незначне відхилення фактичної кількості технічних обслуговувань від прогнозованих, а також має місце висока до 0,85...0,95 ймовірність співпадіння прогнозованих і фактичних термінів до 0,85.

4. В діючій нормативній документації із забезпечення працездатності сільськогосподарських машин наявні наступні недоліки: 48% посилення на національні і галузеві стандарти, які втратили чинність дії; 23% занижені і 7% взагалі не обумовлюють показники якості виконання технологічного процесу підвищення працездатності сільськогосподарських машин; 11% не вказують умови експлуатації сільськогосподарських машин; 18% містять занижені експлуатаційні показники надійності сільськогосподарських машин. На сьогоднішній день систему техніко-технологічних заходів підвищення працездатності сільськогосподарських машин унормовують шість законодавчих і чотири нормативні документи та не діє жодна державна цільова економічна програма.

5. Запропоновані комплексні заходи дозволили підвищити готовність сільськогосподарських машин на 0,07 і забезпечить при інших рівних умовах збільшення загальної маси прибутку на 2862571 грн в рік. В розрахунку на один пункт збільшення коефіцієнта готовності сільськогосподарської машини збільшення прибутку у споживача складе 408939 грн в рік на один комбайн. Термін окупності проєкту в заданих умовах проведення аналізу становить 4,82 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Adams D. E. Mechanical vibrations. Perdu University. USA. 2018. 131 p.
https://engineering.purdue.edu/~deadams/ME563/notes_10.pdf.
2. Adekunle A. A., Adejuyigbe S. B., Arulogun O. T. Development of CAD software for shaft under various loading conditions. Procedia Engineering. 2012. Vol. 38. P. 1962-1983.
3. Agricultural field machinery selection and utilization for improved farm operations in South-East Nigeria: A review. Available from:
https://www.researchgate.net/publication/335951790_Agricultural_field_machinery_selection_and_utilization_for_improved_farm_operations_in_South-East_Nigeria_A_review [accessed Mar 02 2020].
4. Anders G. J. Innovations in power systems reliability. Springer. 2011. 361p.
5. Antonio Pazzona, Lelia Murgia, Lucio Zanini, Mario Capasso, Douglas J. Reinemann. Dry tests of vacuum stability in milking machines with conventional regulators and adjustable speed vacuum pump controllers. Written for presentation at the 2003 ASAE Annual International Meeting Sponsored by ASAE Riviera Hotel and Convention Center. Las Vegas. Nevada. USA 27- 30 July 2003. pp. 1-7.
6. Astanakulov K. D., Karimov Yo. Z., Fozilov G. P. Design of a grain cleaning machine for small farms ama, Agricultural Mechanization in Asia, Africa & Latin America. 2011. Vol. 42. pp. 37-40.
7. Awasthi S., Sarsaiya S., Awasthi M., Liu T., Zhao J., Kumar S., Zhang Z. Changes in global trends in food waste: research challenges and opportunities. Bioresource Technology. 2020. Vol. 299. P. 428-438.
8. Bahadirov G., Barakaev N. Study of grain motion parameters on a sloping shelf. Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 809-810. P. 51-56.
9. Belletti B., Cerioni R., Meda A., Plizzari G. A. Experimental and numerical

analyses of FRC slabs on grade. *Fracture Mechanics of Concrete Structures*. 2014. Vol. 2. P. 973-980.

10. Berzina L., Priekulis J., Aboltins A., Frolova O. Greenhouse gas emissions caused by farm manure management in Latvia. *Proceedings of 18th International Scientific Conference "Engineering for rural development"*. Jelgava. Latvia. May 22-25. 2019. Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 18. P. 78-82.

11. Bilous O. A., Hovorun T. P., Berladir K. V., Vorobiov S. I., Simkulet V. V. Mathematical modeling of the mechanical characteristic of the

activated PTFE-matrix using the method of planning the experiment. *Journal of Engineering Sciences*. 2018. Vol. 5(1). P. 1-11.

12. Blanco-Canqui H., Ruis S. No-tillage and soil physical environment *Geoderma*. 2018. Vol. 326. P. 164-200.

13. Bradshaw C. A., Groll S. E. Comprehensive model of a miniature-scale linear compressor for electronics cooling. *Garimella International Journal of Refrigeration*. 2011. Vol. 34. P. 63-73.

14. Brooks R. The basics of weed control: tree planting and care *Woodland Notes*. 2018. Vol. 9(2). P. 79-84.

15. Brostow W., Dutta M., Rusek P. Modified epoxy coatings on mild steel: tribology and surface energy. *European Polymer Journal*. 2010. Vol. 46(11). P. 2181-2189.

16. Brown R, Richards A. Engineering principles of agricultural machinery. *ASABE*. 2018. Vol. 84(2). P. 1120-1132.

17. Sevostianov I., Kaletnik G., Holovach I., Ihnatiev Y. Theoretical studies of the vibration process of the dryer for waste of food. *Rural Sustainability Research*. 2020. Vol. 44(339). P. 32-45.

18. Czubak P. Vibratory conveyor of the controlled transport velocity with the possibility of the reversal operations. *Journal of Vibroengineering*. 2016. Vol. 18. Issue 6. P. 3539-3547. <https://doi.org/10.21595/jve.2016.17257>.

19. Delphi Diesel Systems, Publication №: DDNX125(EN) Delphi

Diesel Aftermarket Operations UK, 2012. 76 p.

20. Diacono M., Persiani A., Fiore A., Montemurro F., Canali S. Agro-ecology for potential adaptation of horticultural systems to climate change: agronomic and energetic performance evaluation. *Agronomy*. 2017. Vol. 7. P. 35-53.
21. Dmytriv V. T., Dmytriv I. V., Borovets V. M., Horodetskyi I. M., Kachmar R. Y., Dmyterko P. R. Analytical-experimental studies of delivery rate and volumetric efficiency of rotor-type vacuum pumps for milking machine. *INMATEH. Agricultural Engineering*. 2019. Vol. 58. P. 57-62.
22. Dubbini M., Pezzuolo A., De Giglio M., Gattelli M., Curzio L., Covi D. Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. *CIGR Journal*. 2017. Vol. 19. P. 158-163.
23. Endrenyi J. Comparison of two methods for evaluating the effects of maintenance on component and system reliability. *IEEE International Conference Probabilistic Methods Applied to Power Systems*. 2014. P. 307–312.
24. Endrenyi J. The Present Status of Maintenance Strategies and the Impact of Maintenance on Reliability. A Report of the Probability Application Subcommittee. *IEEE Transactions on Power Systems*. 2011. Vol. 16. № 4. P. 638– 646.
25. Frasconi C., Antichi D., Fontanelli M., Martelloni L., Raffaelli M., Pirchio M., Tosti G., Manfrini L., Pristeri A., Bosco S., Peruzzi A. Techniques and machines for conservation and organic agriculture. *Journal of Agricultural Engineering*. 2016. Vol. XLVII. P. 245-259.
26. Gandhi G., Sharma G. S. The pallet conveyor system application in the industrial lines - a new design system with improvement of productivity. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*. 2019. Vol. 9(3). P. 257-266.
27. Ge H. Maintenance optimization for substations with aging equipment: a dissertation for the degree of Phd. Lincoln, Nebraska. 2010. 212 p.
28. Goksenli A and Eryurek I 2009 Failure analysis of an elevator drive shaft *Engineering Failure Analysis* 16 1011-9

29. Goldense B. L. The five types of manufacturing processes. Machine Design. 2015. Vol. 87(9). P. 88-97.
30. Кальбус Г. Л. Теоретические и экспериментальные исследование работы навесных систем тракторов : автореф. дисс. на соискание науч. степени д-ра техн. наук : 05.410 Механизация сельскохозяйственного производства. Київ. 1966. 48 с.
31. Карабиреш С. Дефекты. Повреждения деталей. Методы их определения. Характеристики дефектов и методов их обнаружения. Сергей Карабинеш. Saarbrucken: Palmarium Academic Publishing, 2014. 80 с.
32. Карабиреш С. Ремонт машин и оборудования. Сергей Карабинеш, Зиновий Ружило. Saarbrucken: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. 148 с.
33. Качмар Р. Я. Оптимізація періодичності контрольно-регулювальних робіт систем живлення і запалювання бензинових автомобільних двигунів за показником токсичності відпрацьованих газів: Дис... канд. техн. наук: 05.22.20. Національний транспортний ун-т. Київ. 2005. 242 с.
34. Кінаш Р. І. Методи нормування тимчасових навантажень та оцінювання надійності будівельних конструкцій за умов неповної інформації: Дис... докт. техн. наук 05.23.01 Будівельні конструкції, будівлі та споруди. Київський національний університет будівництва і архітектури. Київ. 2001. 530 с.
35. Кіндрацький Б. І. Багатокритеріальний структурно-параметричний синтез машинобудівних конструкцій: Дис... докт. техн. наук 05.02.02 Машинознавство. Національний університет "Львівська політехніка". Львів, 2004. 392 с.
36. Кіяновський М. В. Наукове забезпечення систем моніторингу процесів спрацювання механізмів гірничо-збагачувального обладнання: Дис... д-р техн. наук: 05.05.06 Гірничі машини. Криворізький технічний університет. Кривий Ріг, 2004. 402 с.
37. Ковтун Ю. І., Мазоренко Д. І., Пастухов В. І. Агрокваліметрія. Харків. РВП Оригінал. 2000. 312 с.