НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСТИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
Технічного сервісу та інженерного
(назва кафедри)
менеджменту імені М.П. Момотенка

_____ Руслан ШАТРОВ
(підпис) **(ПІБ)**

«____» _____ **2026 р.**

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ БАКАЛАВРА

на тему «Розробка технології технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів у ФГ «Світоч» Київської області»

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Гарант освітньої програми

д.т.н., професор _____ Братішко Вячеслав Вячеславович
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Керівник дипломного проєкту бакалавра

д.т.н., професор _____ Роговський Іван Леонідович
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Виконав _____ Федоренко Микола Олександрович
(підпис) (ПІБ)

КИЇВ – 2026

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет Механіко – технологічний

ЗАТВЕРДЖУЮ
в.о. завідувача кафедри Технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М.П. Момотенка

к.т.н., доцент _____ Шатров Р.В.
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

«____» _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
на виконання дипломного проєкту бакалавра студенту
Федоренку Миколі Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 «Агроінженерія»
(код і назва)

Тема дипломного проєкту бакалавра «Розробка технології технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів у ФГ «Світоч» Київської області»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «16» лютого 2026 р. № 510 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до дипломного проєкту бакалавра Матеріали первинного бухгалтерського обліку, нормативно – методичні матеріали, науково – технічна література

Перелік питань, які потрібно розробити:

РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВДОСКОНАЛЮВАННЯ ПЛАНУВАННЯ ПОТРЕБИ В ПОСЛУГАХ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ КОМБАЙНІВ
РОЗДІЛ 4 СИСТЕМА ЗАХИСТУ ПРАЦІ Й УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ
РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

Перелік графічних документів: Електронна презентація на 12 слайдів

Дата видачі завдання «10» вересня 2025 р.

Керівник дипломного проєкту бакалавра _____ Роговський І.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ Федоренко М.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з 83 сторінки розрахунково-пояснювальної записки та 13 слайдів демонстраційного матеріалу.

Пояснювальна записка включає в себе п'ять розділів.

В першому розділі проведено аналіз надійності вузлів зернозбиральних комбайнів, що дало змогу визначити основні задачі роботи.

В другому розділі обґрунтовано теоретичні засади розрахунку та дослідження експлуатаційної надійності відремонтованих комбайнів та створення дилерсько-сервісних центрів.

В третьому розділі проведено дослідження експлуатаційної надійності зернозбиральних комбайнів сімейства Fendt в господарствах де експлуатуються відремонтовані комбайни.

В четвертому розділі проведена оцінка умов охорони праці в сервісному центрі та визначено заходи для підвищення безпеки та поліпшення робочих умов.

П’ятий розділ – це розробка техніко-економічного аналізу діяльності підприємства.

Метою цієї роботи є підвищення надійності зернозбиральних комбайнів під час їх експлуатації в понаднормативний та післяремонтний періоди шляхом вдосконалення системи технічного обслуговування та сервісного забезпечення.

Визначено такі задачі дослідження:

1. Аналітично дослідити необхідність організації системи технічного сервісу та створення дилерсько-сервісної мережі. Розглянути оптимальну періодичність виконання основних операцій технічного обслуговування.

2. Проаналізувати показники надійності зернозбиральних комбайнів, що впливають на безвідмовність, довговічність та роботоздатність.

3. Дослідити експлуатаційну надійність зернозбиральних комбайнів, провести аналіз основних показників надійності та здатності до ремонту, а також визначити закономірності їх змін протягом експлуатаційного періоду.

4. Розробити та обґрунтувати організаційно-технічні заходи, спрямовані на підвищення надійності та підтримку працездатності зернозбиральних комбайнів у господарських умовах, а також провести експериментальну перевірку цих заходів у виробничих умовах, визначити показники надійності та їх розподіл.

5. Реалізувати заходи для покращення системи охорони праці в господарстві, спрямовані на підвищення рівня безпеки, зниження ризиків травматизму та створення комфортних умов праці для працівників.

6. Провести техніко-економічну оцінку роботи.

Ключові слова: СЕРВІСНИЙ ЦЕНТР, ТЕХНОЛОГІЯ, СЕРВІС, ДИЛЕР, ОСНОВНЕ ОБЛАДНАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПЛАНУВАННЯ, ОРГАНІЗАЦІЯ, РОБОЧЕ МІСЦЕ, КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ		**3**
ЗМІСТ		**5**
ВСТУП		**7**
РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ		**11**
1.1.	Характеристика господарства на базі якого проводились дослідження та збір статистичних даних	11
1.2.	Історична довідка та характеристика об'єкту дослідження	14
1.3.	Основні питання технічного обслуговування	17
	1.3.1. Завдання та вимоги до проведення технічного обслуговування	17
	1.3.2. Майбутні перспективні напрямки розвитку ринку технічного обслуговування	20
	1.3.3. Основні завдання типового підприємства технічного сервісу	21
1.4.	Опис стану та складу парку зернозбиральних комбайнів у сільськогосподарських підприємствах України	22
1.5.	Висновки з розділу і задачі досліджень	28
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВДОСКОНАЛЮВАННЯ ПЛАНУВАННЯ ПОТРЕБИ В ПОСЛУГАХ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ		**30**
2.1.	Організація технічного обслуговування на дилерському підприємстві	30
2.2.	Аналіз організації технічного сервісу зернозбиральних комбайнів на Україні	37
2.3.	Аналіз надійності зернозбиральних комбайнів як складних механічних систем	40
2.4.	Висновки до розділу 2	49
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ КОМБАЙНІВ		**50**
3.1.	Методика обробки експериментальних даних	50

3.2.	Дослідження експлуатаційної надійності комбайнів	50
3.3.	Аналіз характеристики відмов	51
3.4.	Аналіз результатів досліджень	55
3.5.	Дослідження післяремонтної надійності комбайнів	56
3.6.	Визначення основних параметрів виробничого процесу сервісного обслуговування комбайнів	64
3.7.	Висновки до розділу 3	69
РОЗДІЛ 4 СИСТЕМА ЗАХИСТУ ПРАЦІ Й УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ		**70**
4.1.	Стан охорони праці в господарстві	70
4.2.	Шкідливі та небезпечні фактори при проведенні технічного сервісу зернозбиральних комбайнів	71
4.3.	Заходи безпечної роботи при проведенні технічного сервісу	72
4.4.	Висновки до розділу 4	74
РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА		**75**
5.1.	Розрахунок економічного ефекту розроблених заходів	75
5.2.	Висновки до розділу 5	77
ВИСНОВКИ		78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ		80

ВСТУП

В умовах ринкової економіки в Україні технічний сервіс у агропромисловому комплексі слід розглядати як стратегічний напрямок, що забезпечує надійність і працездатність техніки протягом її експлуатації. Він має включати юридичне, економічне, нормативне, технічне, технологічне та кадрове забезпечення і виступати ключовою ланкою, яка з'єднує виробників техніки з її споживачами [1].

При розробці стратегії сервісного обслуговування в агропромисловому комплексі важливо враховувати кілька ключових аспектів. По-перше, необхідно брати до уваги поточний технічний стан машинно-тракторного парку (МТП), який вимагає належного рівня обслуговування для забезпечення його ефективної роботи. По-друге, варто звернути увагу на недостатній розвиток вітчизняної машинобудівної галузі, що обмежує доступ до сучасної техніки та запасних частин, необхідних для обслуговування. Крім того, слід враховувати економічні умови в агропромисловому комплексі, які склалися на даний момент і впливають на можливості інвестицій у технічне забезпечення.

З урахуванням особливостей ринкових умов господарювання, будь-яка стратегія повинна базуватися на фундаментальних принципах, що забезпечуватимуть стабільне і безперервне обслуговування техніки, її надійність і готовність до експлуатації. Ці основні положення є критично важливими для досягнення довгострокової ефективності сервісного обслуговування в АПК.

1. Усі послуги, які надаються сільськогосподарському виробнику, мають забезпечувати йому прибуток. Цей принцип має підтримуватися не лише на державному рівні, але й стати основою всієї ефективної економічної моделі агропромислового комплексу.

2. Сільський товаровиробник повинен мати право вибору машин і механізмів, які надаються машинобудівними заводами і фірмами, що дають можливість застосувати інтенсивні і прогресивні технології, підвищувати

продуктивність праці, знижувати собівартість сільськогосподарської продукції.

Організаційна технологія технічного обслуговування в нових економічних умовах, що склалися, базується на двох складових:

- по – перше, на створення системо-спрямованих виробництвах, корпоративних і холдингових структурах, визначаючих свою технічну політику, в тім числі і в сервісі. Посилення фінансової відповідальності фірм за сервіс є основою збільшення продажу техніки і запасних частин, тобто вигода фірм жорстко пов'язана не тільки з продажем, але і забезпеченням роботоздатності машин, як основи одержання прибутку сільгоспвиробниками і відповідно росту обсягів купівлі і технічного обслуговування машин;
- по – друге, на ремонтних фірмах, регіональних машинобудівних блоках, що розвиваються і інших виробниках техніки і комплектуючих вузлів. Для них головний критерій – також збільшення кількості продаж машин і запасних частин, активний вплив на організацію технічного обслуговування своєї продукції, а отже, на отримання прибутку сільськими товаровиробниками.

Таким чином, ефективна технологія технічного обслуговування, що формується і поєднує фірмовий сервіс і регіональний бізнес-сервіс, відрізняється за своїми признаками від діючої раніше системи директивного управління, так як в її основу покладено принцип одержання прибутку усіма учасниками системи з пріоритетом сільського товаровиробника.

Одним із ключових аспектів технічного обслуговування є організація ремонту техніки, що включає підвищення якості відновлення вузлів і агрегатів. Це є основою для забезпечення більшої надійності відремонтованого обладнання.

Зниження більше ніж на 50% за роки реформ чисельного складу тракторного і комбайнового парку України зумовило адекватне підвищення сезонних і річних навантажень на ці види техніки [2]. Так як, поки, що ніяких гарантій з приводу відновлення чисельного складу МТП до потрібних значень немає, то природно, виникає необхідність пошуку організаційних способів і методів використання техніки в умовах недостатньої її чисельності і обмежених

матеріально-технічних ресурсів.

В умовах кризового забезпечення агропромислового комплексу новою технікою та обладнанням необхідно підкреслити важливість збереження та продовження раніше обґрунтованих підходів до розвитку бази для спеціалізованого ремонту вузлів і агрегатів. Це передбачає оснащення ремонтних баз високоточним обладнанням, сучасними інструментами та залучення кваліфікованих фахівців, що забезпечить надійність і тривалість роботи існуючої техніки в умовах обмежених ресурсів. Також слід обґрунтувати і реалізувати новий науковий і виробничий напрямок робіт - модернізація складних машин, які експлуатуються за межами амортизаційних термінів їх служби на базі використання сучасних вузлів, агрегатів і комплектуючих виробів вітчизняного і зарубіжного виробництва.

Важливим напрямком розвитку технічного обслуговування в сільському господарстві повинне стати створення ринку підтриманих машин, як резерву збереження технічного потенціалу. Це не щось інше, як продовження строку служби техніки шляхом ремонту списаних машин і їх продажу за цінами значно нижчими ніж нові. За кордоном за свій 20 - 30 річний строк служби трактори, комбайни, автомобілі перепродаються декілька разів. В Україні також набула по- ширення ця тенденція, так як нові машини коштують дорого і таке вкладення не окупається продажами сільськогосподарської продукції.

Як показує досвід роботи кращих з них [3], станції дозволяють підняти продуктивність праці і змінні виробітки машинно-тракторного парку, що в значній мірі може компенсувати або згладити недостачу сільськогосподарської техніки в АПК. Концентрація нової техніки в МТС дозволить в декілька разів знизити втрати продукції, яка виробляється, що також забезпечить значний економічний ефект. МТС спроможні виконувати функції впровадження високих технологій в практику сільського господарства в умовах обмежених економічних можливостей товаровиробника.

Слід звернути увагу в цій концепції і на фірмові технічні центри, які знаходяться в стадії становлення. Функції фірмових технічних центрів

розрізняють за їх рівнями - регіональні технічні центри, районні філії та представництва (пункти) в господарстві і охоплюють весь строк служби машин та включають в себе передпродажну підготовку, ефективну виробничу і технічну експлуатацію, технічне обслуговування, ремонт, списання та утилізацію. В перспективі для більш ефективного використання виробничих потужностей заводу-виготовлювача техніки доцільно організувати цехи (дільниці) з ремонту агрегатів (вузлів) та централізованого відновлення деталей машин згідно спеціалізації заводу. Це значно підвищить якість ремонту, забезпечить гарантію надійності.

РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Характеристика господарства на базі якого проводились дослідження та збір статистичних даних

Фермерське господарство «Світоч» Київської області знаходиться в південній частині Обухівського району Київської області. Землі господарства знаходиться в с. Вікторівка.

Господарство має вигідне адміністративно-економічне розташування, оскільки знаходиться всього за 12 кілометрів від районного центру м. Миронівка, від обласного центру міста Київ - 120 км, з якими пов’язано дорогою з твердим покриттям в усіх напрямках. Це дає змогу своєчасно забезпечувати господарство насіннєвим матеріалом, мінеральними добривами, запасними частинами, сільськогосподарською технікою, будівельними та паливо-мастильними матеріалами, і збувати власну продукцію.

За агрокліматичними умовами він належить до третьої зони, що відзначається значною посушливістю. А за агрохімічним районуванням цей район входить до Обухівського району.

Клімат в цьому регіоні помірно континентальний, з чітко вираженою посушливістю. Літо жарке та сухе, супроводжується частими зливами і сильними південно-східними та східними вітрами, які часто викликають посухи. Зимовий період м'який і малосніжний, із частими відлигами та ожеледицями, але також можуть спостерігатися морози з сильними вітрами. Влітку та навесні характерні суховії і запорошені бурі. Середня температура повітря в зимовий період становить -5...-7°С, в літній період – +22...+25°С.

Тривалість безморозного періоду становить близько 187 днів. Середня кількість сонячних днів у регіоні становить близько 240 на рік. Тривалість вегетаційного періоду складає 210 днів. Середньорічна кількість опадів - 450-490 мм, які переважно випадають влітку.

Ґрунтовий покрив Обухівського району представлений переважно чорноземами, які характеризуються високою родючістю та хорошими

агрономічними властивостями. Ці ґрунти сприяють розвитку сільськогосподарських культур, зокрема зернових, олійних та технічних рослин. Також на території району можуть зустрічатися різні типи ґрунтів, що залежать від кліматичних умов і рельєфу, зокрема сіро-лісові, каштанові ґрунти, а також ґрунти з підвищеною солонцюватістю в районах з меншою кількістю опадів.

На основі цих даних можна зробити висновок, що природо-кліматичні умови дозволяють вирощувати більшість сільськогосподарських культур.

Товариство з обмеженою відповідальністю «Світоч» спеціалізується на вирощуванні зернових і технічних культур таких як пшениця, ячмінь, кукурудза та соняшник. Структура посівних площ та валовий збір основних видів сільськогосподарських культур за останні три роки наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1.

Структура посівних площ та валовий збір основних видів сільськогосподарських культур ФГ «Світоч»

Назва культури	Обсяг, га								
	2023 р.			2024 р.			2025 р.		
	Площа, га	Урожайність, ц	Валовий збір, т	Площа, га	Урожайність, ц	Валовий збір, т	Площа, га	Урожайність,ц	Валовий збір, т
Озима пшениця	72	16,3	117,4	30	29,0	87,0	15	38,6	57,9
Ячмінь	22	14,5	31,9	20	16,5	33,0	20	21,0	42,0
Кукурудза	50	17,0	85,0	124	32,6	404,2	122	26,7	325,7
Соняшник	110	14,4	158,4	70	19,0	133,0	70	13,4	93,8

За останні роки площа землі, яку обробляє господарство трохи збільшилась, а в структурі посівних площ постійно збільшується площа посіву

соняшнику, що пов’язане з високою рентабельністю вирощування даної культури.

Технічне забезпечення в структурі посівних площ складається з семи тракторів, трьох комбайнів, чотирьох автомобілів та необхідного переліку сільськогосподарських знарядь. Загальний склад машинно-тракторного парку по маркам наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2.

Склад машинно-тракторного парку ФГ «Світоч»

№ з/п	Марка машини	Кількість, шт.
1	Трактори: ХТЗ170	1
2	ПМЗ8440	1
3	Class	3
4	Massey Ferguson	3
5	Комбайни: Massey Ferguson	3
6	Автомобілі: Scania	2
7	MAN	1
8	Scoda	1
9	WV	1
10	Плуги: ПЛН-5-35	1
11	ПЛН-3-35	5
12	Сівалки: СЗ-3,6	2
13	СУПН-8	2
14	Культиватори: КПС-4	2
15	КРН-5,6	2
16	Борони: БДН-3	1
17	БЗСС-1	20
18	Оприскувачі: ОП-600	1

Як видно з таблиці 1.2 господарство в більшій мірі забезпечене технікою. Машинно-тракторний парк господарства складається з техніки

вітчизняних виробників, яка практично виробила свій ресурс, тому для своєчасного та якісного проведення всіх агротехнічних операцій необхідно приділяти особливу увагу технічному обслуговуванню та поточному ремонту наявної техніки. Господарство поступово переходить на сучасну та продуктивну техніку, так у 2005 році було придбано комбайн Massey Ferguson 7272, у 2012 році Massey Ferguson 9895 та у 2015 році Massey Ferguson 7347, 2018 рік при- дбано 2 трактори Massey Ferguson 7274, а у 2019 ще один.

Зараз господарство планує купити комбайн та цієї фірми і прес-підбирач.

Практично всі процеси в господарстві які пов’язані з вирощуванням сільськогосподарських культур - механізовані.

1.2. Історична довідка та характеристика об'єкту дослідження

Massey-Ferguson - це один із найвідоміших брендів в аграрній техніці, який має багатий історичний шлях. Його історія починається з кількох компаній, які об'єдналися, щоб створити потужного гравця на ринку сільськогосподарських машин.

Історія компанії Massey почалася в 1847 році в Канаді, коли Редемптус (Рем) Массі заснував компанію Massey Manufacturing Co., що спочатку виготовляла жатки та інші сільськогосподарські машини. Компанія швидко розширювалася і здобувала популярність завдяки інноваційним розробкам у галузі сільськогосподарської техніки.

У 1930-х роках в Англії, Гаррі Фергюсон заснував компанію Ferguson Ltd., яка стала відомою завдяки своєму винаходу - триточковій підвісці для тракторів. Ця інновація дозволила значно поліпшити ефективність роботи тракторів з різними сільськогосподарськими знаряддями. Згодом Гаррі Фергюсон уклав угоду з компанією Ford, щоб виробляти трактори на основі його розробок.

У 1953 році компанії Massey Harris і Ferguson об'єдналися, утворивши Massey-Ferguson. Це об'єднання дозволило поєднати інноваційні технології обох компаній і зробити трактори Massey-Ferguson більш

конкурентоспроможними на ринку.

Протягом 1960-х і 1970-х років Massey-Ferguson значно розширила свій асортимент техніки, випускаючи не лише трактори, а й комбайни, плуги, сіялки та інше сільськогосподарське обладнання. У цей період компанія стала однією з найбільших виробників сільгосптехніки у світі.

Протягом 1980-х і 1990-х років Massey-Ferguson зазнавала економічних труднощів. У 1988 році компанія була придбана корпорацією AGCO (American General Corporation), що призвело до зміни в управлінні та реструктуризації. AGCO продовжила підтримку бренду Massey-Ferguson, розвиваючи його на світовому ринку.

Сьогодні Massey-Ferguson є одним з найбільших брендів, що випускає трактори, комбайни та інші сільськогосподарські машини. Виробничі потужності компанії розташовані в різних країнах світу, а техніка Massey-Ferguson використовується аграріями в більш ніж 140 країнах.

Massey-Ferguson продовжує розвивати нові технології для покращення ефективності сільськогосподарських робіт, зокрема через впровадження інтелектуальних систем управління, автоматизації та електричних технологій.

Продукція компанії досить різна (рис. 1.1.).



Рис. 1.1. Продукція компанії Agco-Massey-Ferguson

В нашій роботі основна увага буде приділена комбайнам, тому наведемо характеристики деяких з них (таблиця 1.3).

Таблиця 1.3.

Характеристики деяких моделей комбайнів MF

	MF7270 AL	MF 9895	MF 9690
Двигун			
Марка	Sisu	Caterpillar	Sisu
Модель	84 ETA	CI3 ACERT	Citius 84 CTA
Потужність	227.4 кВт	316.9 кВт	223.7 кВт
Потужність	2100 об/хв	2100 об/хв	2100 об/хв
Літраж	8.4 л	12.5 л	8.4 л
Кількість циліндрів	6	6	6
Експлуатаційні параметри			
Експлуатаційна маса без навісів	14150 кг	17100 кг	12700 кг
Об'єм паливного бака	450 л	870,6 л	605,7 л
Тип трансмісії	Hydrostatic - 4 speed	Hydrostatic - 4 speed	Hydrostatic - 4 speed
Молотьба			
Діаметр ротора	600 мм	800 мм	700 мм
Довжина ротора	1600 мм	3556 мм	3556 мм
Швидкість обертання ротора мін	430 об/хв	200-440об/хв	157-755об/хв
Швидкість обертання ротора - макс	1310 об/хв	200 - 1040об/хв	175 - 980об/хв
Площа	0,99 $м^2$	1,8 $м^2$	1,4 $м^2$
Сепаратор			
Площа сепаратора	8 $м^2$	1,5 $м^2$	1,5 $м^2$
Очищення системи			
Площа очищення	5,6 $м^2$	5,4 $м^2$	4,4 $м^2$

Швидкість очищення вентилятора - низька	350 об/хв	500 об/хв	590 об/хв
Швидкість очищення вентилятора - висока	1050 об/хв	1350 об/хв	1350 об/хв
Розміри			
Висота	3815 мм	3730 мм	3650 мм
Висота до верху кабіни	8560 мм	8560 мм	8560 мм
Загальна довжина	8560 мм	9950 мм	9100 мм
Колісна база	3815мм	3710 мм	3710 мм
Дорожній просвіт	410 мм	410 мм	410 мм
Обробка зерна			
Об'єм бака для зерна	8200 л	12333,7 л	10571,7 л
Швидкість розвантаження	105 л/сек	158,6 л/сек	88,1 л/сек
Висота розвантаження	4,5 м	4,3 м	4,4 м



Рис. 1.2. Комбайни на збиранні врожаю 2025 року

1.3. Основні питання технічного обслуговування

1.3.1. Завдання та вимоги до проведення технічного обслуговування

Сервісний центр або сервісна служба є невід'ємною частиною будь-якої великої компанії, що займається продажем обладнання. Кількість працівників у такій службі залежить від обсягів продажів компанії та кількості встановленого обладнання.

Окрім виконання робіт з гарантійного та післягарантійного

обслуговування, сервісні центри надають цілий ряд додаткових послуг:

- надання попередніх консультацій замовнику на етапі переговорів щодо укладання угоди, що включають питання транспортування, підготовки приміщень, підключення необхідних комунікацій, розміщення обладнання, організацію місць зберігання для техніки, забезпечення паливно-мастильними матеріалами, а також реєстрацію у відповідних органах, Держпромнагляд та інші;
- організація доставки техніки на місце експлуатації, виконання монтажних робіт, що охоплюють підключення та налаштування обладнання, а також проведення пусконалагоджувальних робіт для його запуску в роботу. Це також включає обкатку техніки для перевірки її належної роботи в умовах реальної експлуатації;
- навчання працівників компанії-замовника правильному використанню встановленого обладнання чи техніки, включаючи ознайомлення з функціональними можливостями, режимами роботи та правилами експлуатації;
- консультації та технічна підтримка в питаннях оптимізації виробничих процесів, вирішення проблем, що виникають не лише в процесі експлуатації обладнання та техніки, а й щодо використання витратних матеріалів та ресурсів;
- проведення відновлення та модернізації техніки, що перебувала в експлуатації, з метою поліпшення її характеристик, продовження терміну служби та підвищення ефективності роботи.

В межах гарантійного обслуговування сервісні центри надають комплекс послуг, що включають консультації з усіх питань експлуатації техніки, виконання планових діагностичних перевірок, проведення термінового ремонту в разі поломки, а також організацію доставки запчастин і змінних вузлів для заміни.

Зазвичай великі компанії укладають договори з сервісними службами на технічне обслуговування техніки, придбаної безпосередньо у виробника, через

посередників або в інших компаніях.

Далі наведемо визначення технічного обслуговування.

Технічне обслуговування - це комплекс заходів, що включає перевірку, налаштування, регулювання, ремонт і профілактику обладнання, машин або техніки з метою забезпечення їх безперебійної роботи, продовження терміну експлуатації та підтримки необхідних технічних характеристик. Технічне обслуговування може включати планові та позапланові перевірки, заміну зношених або пошкоджених частин, очищення, мастило, калібрування, а також діагностику для виявлення та усунення можливих несправностей до їх виникнення. Метою технічного обслуговування є збереження працездатності техніки, підвищення її надійності та безпеки, а також мінімізація ризиків поломок і зупинок у процесі експлуатації.

До переліку операцій, що здійснює сервісна служба (або спеціалізоване підприємство технічного сервісу), входить також безпосереднє обслуговування та експлуатація техніки.

Технічна експлуатація включає в себе заходи з підтримання працездатності техніки, що охоплюють технічне обслуговування, поточний ремонт, транспортування машин, їх дозаправлення паливом і мастильними матеріалами, діагностику технічного стану, контроль за впливом на навколишнє середо- вище, а також відновлення складових частин та деталей.

Також підприємство технічного сервісу (ПТС) може надавати своїм клієнтам технологічний сервіс, що включає виконання за замовленням різних технологічних процесів і операцій, таких як будівельні, меліоративні, транспортні та інші роботи, а також послуги з прокату та оренди технічних засобів.

Підприємства технічного сервісу (ПТС) є частиною системи інженерно-технічного забезпечення, що представляє собою сукупність учасників, які знаходяться у відповідних взаємозв'язках, а також принципів, форм, методів і організаційних та економічних механізмів, спрямованих на створення, випробування, виробництво, реалізацію, використання та обслуговування

технічних засобів.

Одним із напрямків діяльності підприємств технічного сервісу (ПТС) є обслуговування вторинного ринку технічних засобів. Це включає торгову діяльність ПТС, а також інших юридичних і фізичних осіб, що займаються реалізацією техніки, яка вже була в користуванні.

1.3.2. Майбутні перспективні напрямки розвитку ринку технічного обслуговування

Перспективні напрямки розвитку ринку технічного обслуговування включають автоматизацію та цифровізацію процесів (віддалена діагностика, штучний інтелект), розширення спектру послуг (оренда, підтримка вторинного ринку техніки), удосконалення інфраструктури сервісних центрів, персоналізацію обслуговування, а також підвищення екологічної відповідальності. Важливим залишається навчання персоналу для підтримки високих стандартів, впровадження єдиних стандартів якості та акредитація послуг для зміцнення довіри клієнтів.

Багато великих виробників у світі нині звертаються до компаній, що пропонують повний комплекс послуг з технічного обслуговування, замість утримання власної технічної служби. При цьому ліквідовувати внутрішню службу підприємства не завжди потрібно - нерідко наявним спеціалістам просто бракує ресурсів для виконання всіх робіт. У таких ситуаціях підприємства технічного сервісу можуть забезпечити необхідні ресурси та провести додаткове навчання для працівників внутрішньої сервісної служби.

Основні проблеми технічного сервісу в Україні сьогодні включають недостатню кількість сервісних центрів, особливо в сільських районах, застаріле обладнання, нестачу кваліфікованих кадрів та обмеженість фінансування на модернізацію. Особливістю ринку є високий попит на обслуговування вживаної техніки через обмежений доступ до нових машин. Крім того, багато сервісних підприємств стикаються з проблемою забезпечення якісних запчастин та ефективної логістики для своєчасного обслуговування клієнтів.

1.3.3. Основні завдання типового підприємства технічного сервісу

- інженерно-технічне обслуговування клієнтської техніки забезпечує підвищену ефективність використання технічних ресурсів підприємства. Воно охоплює виконання складних технологічних операцій, які зазвичай недоступні клієнтам, таких як комплексне технічне обслуговування, глибока діагностика стану техніки та професійне усунення відмов за допомогою внутрішніх ресурсів підприємства. Також це включає проведення капітального ремонту машин і їх складових, у тому числі відновлення зношених деталей на спеціалізованих ремонтних базах для продовження терміну служби техніки [7];
- виробничо-технологічне обслуговування клієнтів включає доповнення їхніх енергетичних ресурсів у періоди пікового навантаження для забезпечення своєчасності та підвищення якості механізованих робіт. До функцій цього напряму можуть входити також організація прокату універсальної та спеціалізованої техніки, що дозволяє клієнтам отримувати додаткове обладнання при необхідності, знижуючи витрати на його постійне утримання;
- матеріально-технічне і транспортне забезпечення клієнтів включає до- ставку та постачання нової техніки, обладнання та запчастин, а також підготовку техніки до експлуатації. Це передбачає установку, пусконалагоджувальні роботи та введення устаткування в робочий процес на підприємствах. Крім того, до цього напрямку входить доставка та реалізація технічних матеріалів, нафтопродуктів та інших необхідних ресурсів для забезпечення безперебійної роботи техніки і обладнання;
- інформаційно-маркетингова та юридично-правова діяльність включає в себе проведення рекламних кампаній, маркетингові дослідження, розробку стратегії ціноутворення та структурування сервісного виробництва. Вона також передбачає забезпечення юридичних відносин, включаючи укладання до- говорів, надання юридичних консультацій з питань законодавства, захисту прав споживачів, а також нормалізацію взаємодії з постачальниками продукції та послуг.

В Україні присутні дилери техніки Massey Ferguson, це ТОВ «АгроБудівельний Альянс Астра».

ТОВ «АгроБудівельний Альянс Астра» має сервісні центри у Києві (смт Чабани), Вінниця, Черкаси, Дніпро, Суми, Запоріжжя (заявки обслуговує інженер з Харкова), Кропивницький, Полтава, Одеса, Житомир, Хмельницький, Тернопіль, Умань та Прилуки.

ТОВ «АгроБудівельний Альянс Астра» має значно більшу мережу дилерських центрів, але сервісні центри знаходяться тільки у крупних обласних центрах.

Але опитування користувачів даної марки комбайнів показали про недостатній рівень сервісу, так як ціна сервісу досить висока, наявність запасних частин в Україні обмежена і головне немає взаємодії між дилерами, тобто якщо Ви придбали комбайн в ТОВ «АгроБудівельний Альянс Астра» і обслуговуєтесь там, а запасні частини сервіси теж не дають. Тому питання сервісу комбайнів є актуальним і потребує подальшого розгляду.

1.4. Опис стану та складу парку зернозбиральних комбайнів у сільськогосподарських підприємствах України

У звітних даних парк зернозбиральних комбайнів оцінюють за такими показниками: загальна кількість машин, розподіл за типами та роками використання, а також середнє навантаження на один комбайн за сезон. На початок 2024 року в Україні нараховувалось 28,8 тис. комбайнів різних моделей і модифікацій від різних виробників, з терміном служби від 1 до 20 років.

У 1991 році середнє сезонне навантаження на один фізичний комбайн в Україні становило 138 га, тоді як у США цей показник складав 62,5 га, а в Німеччині - лише 31,3 га. У розвинених країнах це навантаження за останні 25 років залишилося стабільним, тоді як в Україні воно зросло більш ніж удвічі (рис. 1.3.).

Щоб знизити навантаження до рівня США, Україні необхідно мати 220 тисяч зернозбиральних комбайнів для обробки наявних посівних площ, а щоб

досягти показника Німеччини - близько 400 тисяч комбайнів. Це означає, що для досягнення таких показників господарствам України потрібно щороку отримувати по 10 тисяч нових комбайнів, не списуючи їх протягом 20-40 років.

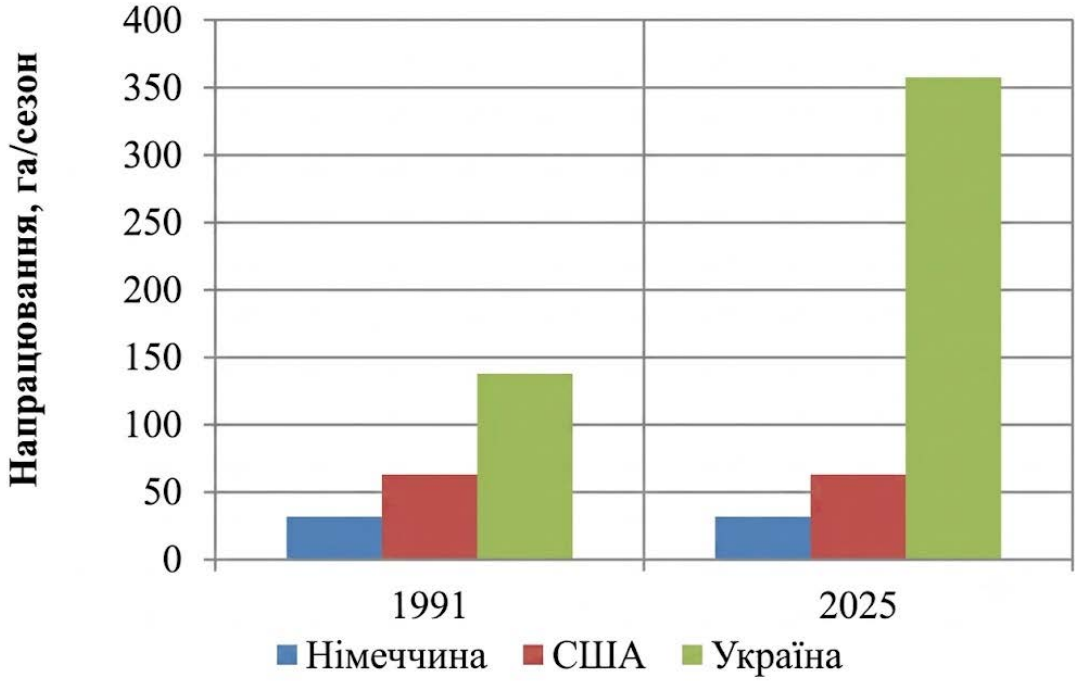


Рис. 1.3. Діаграма сезонного навантаження на зернозбиральний комбайн у різних країнах

У 1990 році парк зернозбиральних комбайнів в Україні дозволяв збирати під час жнив близько 200 тисяч тон зернових на годину. Проте до 2004 року цей показник знизився до приблизно 60 тисяч тон на годину. За таких темпів для збору 38 мільйонів тон зернових необхідно було 630 годин, що дорівнює близько 2,5 місяцям. Затягування строків жнив призвело до втрат урожаю через осипання, які становили близько 8 мільйонів тон, або приблизно 21% від загального врожаю.

Структуру парку по типах комбайнів станом на початок 2025 року показано в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4.

Структура парку України по типах комбайнів, станом на 01.01.2025 р.

Марка комбайна	Кількість одиниць	З відпрацьованим ресурсом, од	Відпрацьований ресурс, %
Лан	565		
СКД-9 Славутич			
Massey-Ferguson	1265	151	12
Інші марки імпортних комбайнів	16650	3929	23,6
Σ	18480	40080	35,6

З 1994 року в Україні почали активно закуповувати зернозбиральні комбайни виробництва Європи та Північної Америки, серед яких такі марки, як John Deere, Case, New Holland, Claas, DEUTZ FAHR, Massey Ferguson, Western, «Бізон», SAMPO, Laverda та інші. Загалом за різними комерційними проєктами було придбано приблизно 6,230 комбайнів іноземного виробництва - від сучасних моделей до старіших, з терміном експлуатації до 18 років, які вже зняті з виробництва. На світовому ринку представлено понад 150 моделей комбайнів, тоді як в Україні налічується більше 100 моделей різних виробників. Така велика різноманітність створює для власників значні труднощі у забезпеченні доступного, кваліфікованого та якісного технічного обслуговування [8, 9, 10, 11, 12]. На рис. 1.4. наведено розподіл парку імпортних комбайнів в Україні.

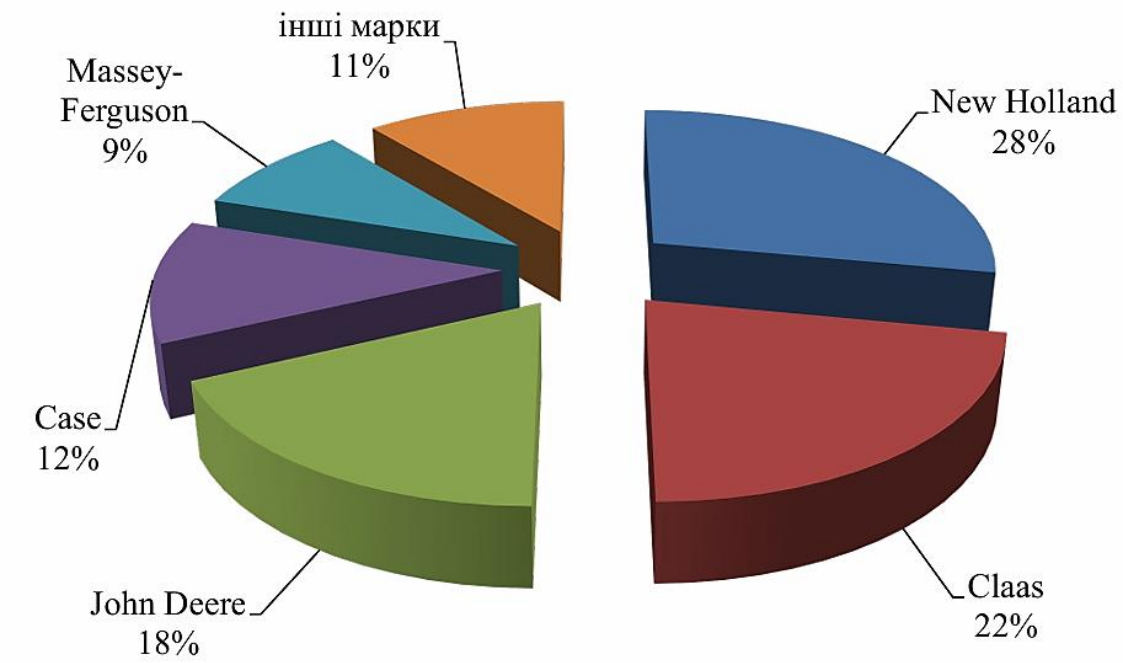


Рис. 1.4. Розподіл парку імпортних комбайнів в Україні

Сезонне навантаження в 380 га на один комбайн важко оцінювати без урахування його технічних характеристик, а також початкового та поточного технічного стану. Сучасні зернозбиральні комбайни, оснащені п’ятиклавішним соломотрясом і двигуном потужністю 162-176 кВт, можуть збирати до 2,5 га за годину. За такої продуктивності для обробки 380 га потрібно близько 152 годин. Якщо ж продуктивність знижується до 1 га за годину, то знадобиться вже 380 годин.

При цьому зміна технічного стану комбайнів протягом сезону, викликана зносом та зниженням ефективності окремих вузлів, неминуче вплине на середню продуктивність і може знизити обсяг оброблюваних площ за годину, що може затягнути терміни жнив.

Сучасні зернозбиральні комбайни класифікуються за наступними показниками, характеристиками [13, 14]: способом агрегатування, напрямком переміщення хлібної маси під впливом робочих органів під час її обробки, типом ходової частини, типом молотильно-сепарувального агрегату, а також за компоновочними схемами.

Згідно приведених характеристик ЗК відносяться до найбільш

поширеного з найбільшим попитом на світовому ринку 9-го класу комбайнів (9 кг/сек., індекс 104-108) з шириною молотарки 1500 мм, п’ятиклавішним соломотрясом, потужністю двигуна 235 к.с. (173 кВт).

Аналіз результатів випробувань і обстежень нових вітчизняних сільськогосподарських машин, в тому числі зернозбиральних комбайнів, свідчить, що значну частину (32-38%) становлять відмови виробничого характеру, зумовлені неякісним виготовленням та складанням вузлів. Відмови машин, викликані пошкодженням елементної бази, становлять в середньому 35-48%, відмови внаслідок недосконалості чи недоведеності конструкції - 14-22%, відмови через порушення правил експлуатації - 5-9% [15, 16].

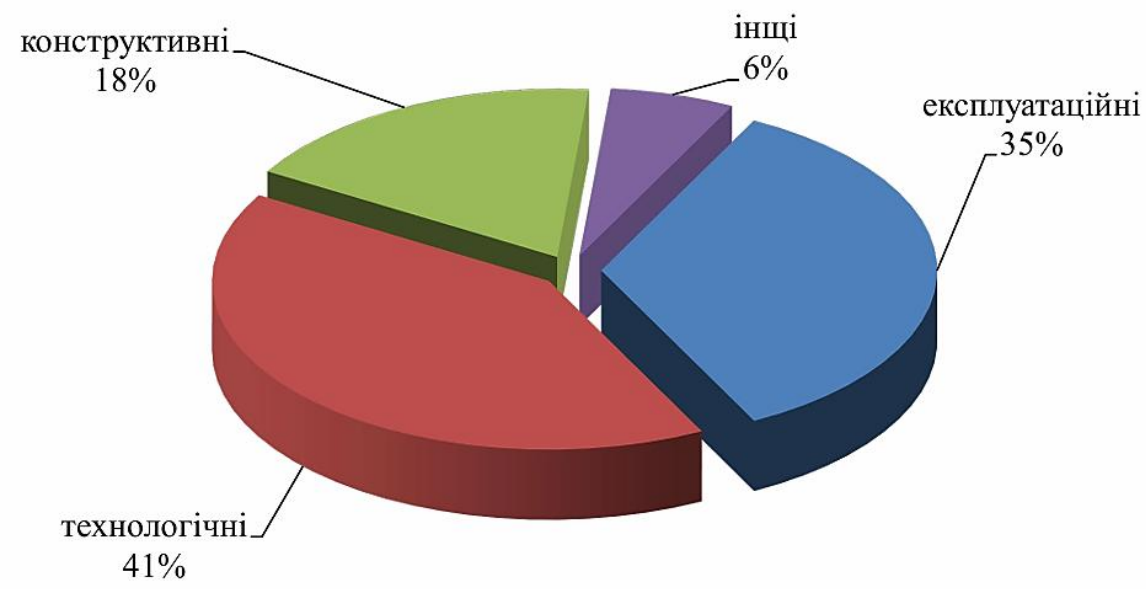


Рис. 1.5. Розподіл відмов комбайнів

Слід зауважити, що значну кількість становлять відмови, що зумовлені неякісним затягуванням або послабленням різьбових з’єднань, наприклад, на дослідних зразках комбайнів «Massey-Ferguson» - 7,2% загальної кількості відмов. Порушення нарізних з’єднань призводить до таких відмов комбайнів, як обрив та пошкодження струсної дошки та решіт, обрив підбарабання, заклинювання та зруйнування шестерень бортового редуктора.

Для підтримання надійності зернозбиральних комбайнів на певному рівні і забезпечення працездатного стану в сільськогосподарському виробництві

призначена система технічного сервісу, якою передбачено здійснення ряду різних за своїм технологічним змістом процесів: зберігання, технічне обслуговування та усунення відмов, поточний ремонт, капітальний ремонт агрегатів [17, 18].

Необхідність в проведенні технічного сервісу викликана, головним чином, нерівномірністю природного зношення багатьох деталей і вузлів, строки служби яких коливаються в значних межах. Це пояснюється багатьма факторами: конструктивними і технологічними особливостями вузлів і агрегатів, якістю їх виготовлення чи відновлення, умовами роботи деталей спряжень, умовами експлуатації машин. Потреба в ремонті виникає несподівано і точно передбачити її не завжди є можливим, тому ремонт виконують за фактичною потребою виявленою в процесі роботи чи при технічному огляді.

Таким чином, експлуатація комбайнів пов’язана з необхідністю проведення робіт, які можна розділити на дві різні за характером групи: одна - підтримання, друга - відновлення працездатного стану машин. Технічне обслуговування спрямоване на підтримання комбайнів в працездатному стані в процесі експлуатації, на забезпечення надійності і економічності роботи, на недопущення відмов і несправностей, на виявлення їх для своєчасного усунення, тобто має профілактичний характер. Технічне обслуговування в цілому можна розглядати як засіб забезпечення нормального тривалого функціонування машин. Ремонт спрямований на відновлення несправних вузлів, агрегатів комбайнів, їх ресурсів.

Таким чином, система технічного обслуговування та ремонту є одним з ключових факторів, що впливають на ефективність експлуатації зернозбиральної техніки. Своєю чергою одним із показників ефективності функціонування системи технічного обслуговування і ремонту є сумарний час простоїв та затрати на проведення ремонтно-обслуговуючих робіт. Однак, як показує досвід [19], існуюча система не завжди відповідає вимогам щодо проведення обслуговуючих операцій, що призводить до значних перевитрат

коштів та робочого часу, що в свою чергу істотно знижує ефективність використання комбайнів.

1.5. Висновки з розділу і задачі досліджень

Аналіз технічного стану парку зернозбиральних комбайнів показав, що близько 86-90% машин мають термін експлуатації більше 10 років. Рівень надійності та якість виготовлення зернозбиральних комбайнів вітчизняного виробництва не відповідає сучасним вимогам при експлуатації. Тому, в силу неможливості купувати нові надійні зернозбиральні комбайни закордонного виробництва аграрні товаровиробники змушені використовувати наявну техніку. Встановлено, що збільшення термінів експлуатації призводить до падіння рівня надійності, зменшення продуктивності, зростанню непродуктивних витрат часу через усунення відмов та втрат продукції через розтягування строків збирання врожаю. До того ж в Україні цілеспрямованих наукових досліджень з вивчення технічного стану та обґрунтування підтримки ефективності роботи зернозбиральних комбайнів у зв'язку із збільшенням строків експлуатації не проводилось.

У таких умовах ключовим фактором ефективного використання зернозбиральних комбайнів є система технічного обслуговування та ремонту, яка не відповідає сучасним вимогам експлуатації та технічному рівню надійності машин. Наукові ж дослідження в напрямку удосконалення технічного обслуговування і ремонту присвячені вирішенню окремих питань, без використання системного підходу з урахуванням особливостей експлуатації комбайнів та виробничих умов.

У більшості наукових досліджень, що стосуються обґрунтування систем технічного обслуговування і ремонту, використовуються методи, орієнтовані на оптимізацію за критерієм економічної доцільності. Однак цей підхід іноді застосовують і при визначенні оптимальної періодичності технічного обслуговування, що є недоцільним у сучасних умовах. У реаліях експлуатації зернозбиральних комбайнів важливо не лише знизити витрати, а й забезпечити

високу ймовірність безвідмовної роботи техніки, зводячи до мінімуму час її простоя.

Для забезпечення оперативності виконання робіт з обслуговування та усунення відмов зернозбиральних комбайнів передбачено застосування пересувних засобів обслуговування з високою швидкістю пересування, прохідністю, універсальністю. Рекомендації з використання пересувних засобів мають розроблятися на основі мінімізації втрат, пов’язаних із простоями зернозбиральних комбайнів. Для цього слід застосовувати методи математичного моделювання, зокрема, апарат теорії масового обслуговування, що дозволить оптимізувати процеси технічного обслуговування та скоротити час простоїв.

Аналіз досвіду технічного сервісу в АПК дозволив зробити висновок про те, що перспективним напрямком розвитку технічного сервісу зернозбиральних комбайнів є впровадження дилерської системи. Сьогодні технічні центри по сервісу зернозбиральних комбайнів створені в різних регіонах країни. Великий досвід по сервісу зернозбиральних комбайнів накопичений дилерами ТОВ «АгроБудівельний Альянс Астра». Сервісні центри оснащені сучасним устаткуванням, мають кваліфіковані кадри й сертифіковані технології, які дозволяють якісно виконувати сервісні роботи. При сервісі зернозбиральних комбайнів за участю заводів виготовлювачів збільшується наробіток комбайнів на відмову в 5-6 раз, знижується трудомісткість робіт з їхнього технічного обслуговування й ремонту в 3 рази, а коефіцієнт технічної готовності підвищується приблизно на 30 відсотків.

Можливості сервісних центрів, які з'явилися в останні роки, необхідно використовувати при плануванні потреби в послугах технічного сервісу зернозбиральних комбайнів. Особливо ефективні їхні послуги в усуненні несправностей зернозбиральних комбайнів у період збирання врожаю.

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВДОСКОНАЛЮВАННЯ ПЛАНУВАННЯ ПОТРЕБИ В ПОСЛУГАХ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

2.1. Організація технічного обслуговування на дилерському підприємстві

Головною метою технічного обслуговування є збереження робочих показників машини в межах встановлених норм протягом усього періоду її експлуатації. Перспективний напрям розвитку цієї сфери полягає у створенні виробниками фірмових сервісних центрів, кооперативів для обслуговування та ремонту, а також дилерських підприємств, які займатимуться продажем, технічним обслуговуванням і ремонтом машин.

Дилером може бути як юридична, так і фізична особа, яка, виконуючи роль продавця, закуповує машини для їх подальшого перепродажу та надає послуги з технічного обслуговування. Для цього дилери можуть створювати власні підприємства або використовувати наявні об’єкти ремонтно-обслуговуючої бази, такі як колишні КСП чи РТП. Це дозволить створювати універсальні дилерські підприємства, що обслуговуватимуть усі види техніки, які використовуються в їхній зоні діяльності.

З огляду на специфіку експлуатації сільськогосподарської, будівельної та дорожньої техніки, дилерське підприємство застосовує як систему планово-попереджувального технічного обслуговування і ремонту, так і обслуговування за заявками.

Система технічного обслуговування на дилерському підприємстві охоплює повний набір робіт з підготовки техніки до продажу, її гарантійного та післягарантійного обслуговування, а також відновлення працездатності машин.

Процес підготування машин до продажу включає:

1. Діагностику та технічний огляд - перевірка стану основних вузлів і механізмів для виявлення можливих дефектів і забезпечення належної працездатності машини.

2. Налаштування та регулювання - проведення необхідних налаштувань і регулювань систем машини для відповідності стандартам якості та безпеки.

3. Очищення та презентаційну підготовку - комплексне очищення, полірування та підготовка зовнішнього вигляду машини для забезпечення привабливості та готовності до демонстрації клієнтам.

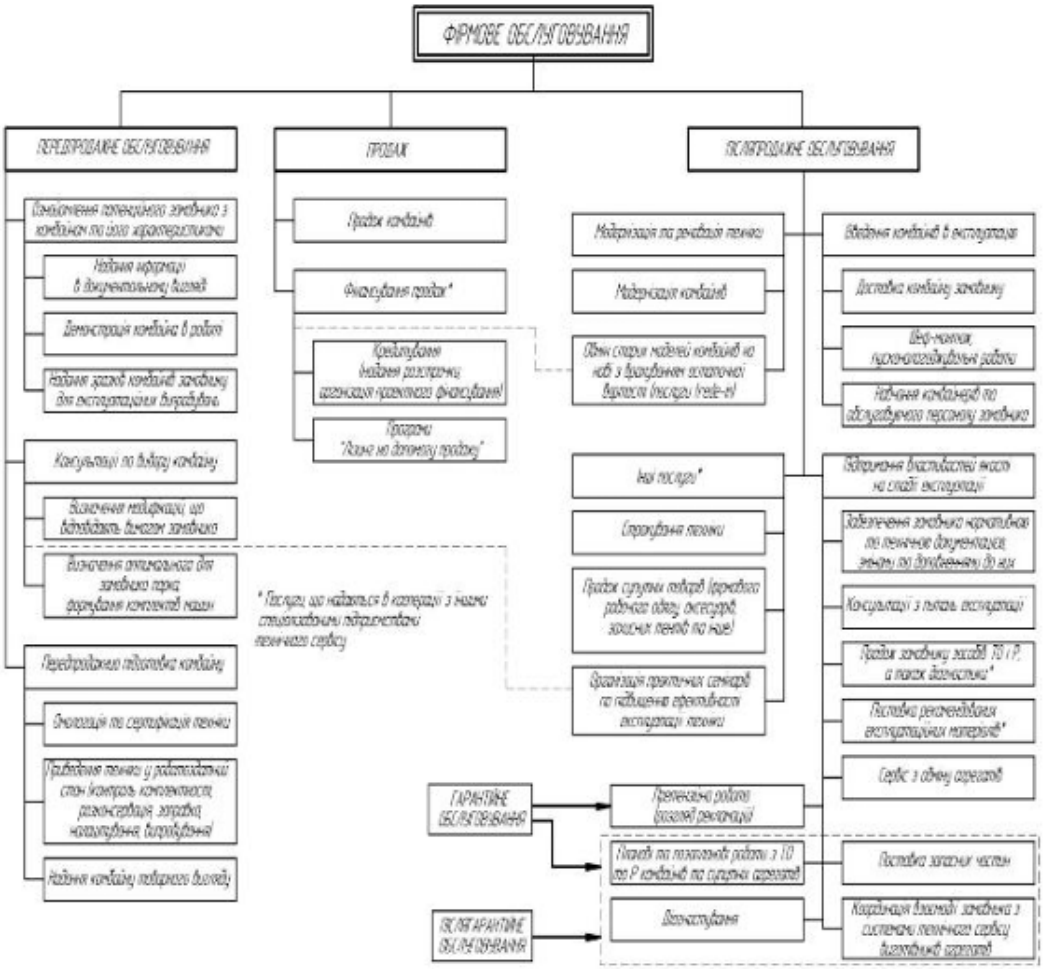


Рис. 2.1. Структура організації технічного обслуговування дилерського підприємства

Покупець, який володіє необхідною матеріально-технічною базою для проведення кваліфікованого технічного сервісу, може отримати техніку зі знижкою, а особливими умовами угоди передбачити виконання обслуговування самостійно, за власний рахунок.

Гарантійне обслуговування охоплює виконання технічного обслуговування, діагностику або ремонт, надання консультацій з питань

експлуатації та зберігання, основ обслуговування, безпеки праці, прав і обов'язків покупця, а також умов гарантії.

Після завершення робіт виконавець забирає відривний талон з експлуатаційного документа на технічне обслуговування, в якому фіксує перелік виконаних робіт.

Для того щоб скористатися гарантійним обслуговуванням, покупець зобов'язаний: виконувати правила експлуатації та зберігання техніки; експлуатувати машину відповідно до її призначення; запобігати аваріям та пошкодженням; не вносити самостійні зміни в конструкцію машини; а також утримуватись від проведення ремонтних робіт без дозволу виробника (продавця).

Після закінчення гарантійного терміну технічне обслуговування та ремонт проводяться згідно з графіком і списком необхідних операцій, встановлених виробником, але витрати на ці роботи покриває власник техніки.

Коли машина надходить до технічного центру для обслуговування або ремонту, оформлюється спеціальний картка-наряд, де надається цифровий код, що включає номер моделі та серії, зазначається завод-виробник, рік випуску, дата придбання, прізвище власника та інші дані. Після завершення робіт клієнту надається рахунок відповідно до калькуляції. Гарантія на виконаний ремонт є такою ж або більшою за заводську.

Для забезпечення своєчасного надання сервісних послуг та оцінки ефективності використання техніки створюється внутрішня база даних для кожної одиниці обладнання, прив'язана до індивідуального коду. У цю базу вносяться відомості про наработку машини та всі подальші операції з її ремонту та обслуговування, включаючи витрати, протягом усього періоду її експлуатації.

Технічний сервіс, як система науково обґрунтованого супроводження використання техніки, набуває великого практичного та наукового значення в умовах ринкової економіки та реформування агропромислового комплексу.

Технічний сервіс не обмежується тільки технічним обслуговуванням і

ремонтом, які відновлюють працездатність, це комплекс послуг, що надаються споживачу в придбанні високопродуктивному використанні, кваліфікованому обслуговувані і ремонті с.-г. техніки. Він включає в себе своєчасну і достовірну інформацію про нову техніку, рекламу обґрунтування доцільності замовлення і придбання машин стосовно до вимог споживача, передпродажну підготовку, доставку і наладку техніки, навчання кадрів споживача методам і прийомам ефективного машиновикористання ,обслуговування і ремонту, безумовне і повне забезпечення запасними частинами, вузлами, агрегатами, гарантією надійності.

Фірмовий ремонт і обслуговування складної і високоточної техніки - невід'ємна частина фірмового сервісу, форма одержання виробником інформації про свою продукцію. Технічний сервіс охоплює весь життєвий цикл машини.

Для розвитку технічного сервісу необхідно три умови:

1) висока реальна якість машини;

2) гарантоване забезпечення запасним частинами за весь період експлуатації машини

3) право вибору споживачем форм і методів технічного сервісу і економічних взаємовідносин.

Технічний сервіс передбачає виробничі зв'язки в ланцюжку виробник - споживач, що основані на загальному інтересі і сумісній користі. Однак, достигнути цього взаємозв□язку не вдається із-за недостатньої якості випускаємої техніки, нестабільного забезпечення запасними частинами, відсутність дію- чого механізму зацікавленості і відповідальності сторін.

Досвід організації зв□язків виробник - споживач або виробник - посередник - споживач показує відсутність єдності цілей партнерів, їх односторонньої зацікавленості. Відірваність виробника від посередника, від сфери експлуатації, його економічна індиферентність є кінцевим результатом машиновикористання, відсутність над зору за режимом роботи машин не дозволяє зробити комплекс економічних інтересів і правових норм, що визначають необхідність підвищення якості випускної техніки.

Притягти виробника до ремонту і обслуговування - це означає змусити його познати на ділі якість своєї продукції, відчути реальну потребу в запасних частинах і на цій основі через зворотній зв'язок підняти рівень і економічну ефективність техніки.

Основа успішного функціонування і прогресивного розвитку технічного сервісу в ринкових умовах - це його товарний характер. Виконана послуга, відновлена деталь, відремонтована машина повинні мати грошову оцінку і повинні обертатись на ринку в звичайний товар. Цей товар повинен мати попит і як відповідна реакція на попит - адекватну пропозицію.

Для виконання цієї умови потрібно мати платежеспроможнього споживача. Однак, неплатежеспроможність сильних товаровиробників, в останні роки, привела до зниження попиту на с.-г. техніку. Таким чином, неплатеспроможність визначила неможливість придбання нової техніки. В цих умовах ставка робиться на технічний сервіс, для підтримання техніки в робочому стані.

В період розпаду сільськогосподарських підприємств, створення на їх основі господарств з різними формами власності (акціонерні товариства, фермерські господарства та ін.) реальна потреба в машинах значно виросла, промисловість має можливість для збільшення поставок техніки селу, однак із-за відсутності платежеспроможного попиту, потужності заводів залишаються не повністю зайнятими. На сучасному етапі заводи виробники не володіють реальними матеріальними і трудовими ресурсами для того щоб взяти на себе в повному об'ємі всі сервісні функції. Але в цьому не має необхідності, при наявності широко розгалуженої мережі ремонтних підприємств.

Організаційно-економічні форми технічного сервісу і фірмового ремонту, як одного з головних його складових, потребують глибокого вивчення і обґрунтування.

Закордонний досвід показав, що найбільш раціональна форма організації технічного сервісу - дилерська система. Дослідження організаційних структур, що займаються продажем, обслуговуванням та ремонтом сільськогосподарської

техніки в країнах з розвинутою ринковою економікою, таких як США, Великобританія та Німеччина, дозволяє виділити три ключові ланки в цій системі: виробник, дилер і кінцевий споживач. В основному, близько 90% компаній-виробників створюють систему, в рамках якої продаж техніки, технічне обслуговування, гарантійний ремонт і постачання запасних частин здійснюються через мережу дилерських підприємств. Це дозволяє забезпечити ефективне обслуговування техніки, швидке реагування на потреби клієнтів і підтримку належного рівня якості послуг на всіх етапах експлуатації машин.

Досвід цих країн показує, що дилерська служба, найбільш цілеспрямованою формою технічного сервісу с.-г. техніки, що забезпечує основний і найважливіший принцип - відповідальність фірми виробника за її стан на протязі всього строку експлуатації. Наприклад в США нараховується близько семи тисяч дилерських пунктів.

Дилерські пункти існують за рахунок зниження цін на техніку і запасні частини фірм виробників. На покриття витрат при доставці, зберіганні та збуванні машин дилери отримують знижку до 25% від вартості машини, що дозволяє покрити всі затрати і одержати прибуток 5-6%.

Дилери - самостійні організації, які працюють з продукцією виробників машин і техніки по договорам. Виробники машин своєю торговою і товарною політикою намагаються виключити любі ризики, які можуть привести до банкрутства дилерів. Це важливо, в першу чергу, для самих виробників, так як з банкрутством дилера вони втрачають торгову і сервісну точку в районі, чим можуть скористатися конкуренти.

В сучасних умовах дилерська система технічного сервісу широко і успішно застосовується в країнах з розвинутою ринковою економікою, може стати однією з форм інженерного забезпечення с.-г. техніки. В сучасний період ця система починає застосовуватися на Україні.

До основного переліку служб, що надає дилерський центр товаровиробникам слідує віднести:

- купівля-продаж с.-г. техніки і обладнання;

- дозбирання с.-г. машин;
- передпродажне технічне обслуговування;
- доставка машин споживачам по заявкам;
- технічне обслуговування в період гарантії;
- організація по договорам з споживачами технічного обслуговування, ремонту техніки і забезпечення запасними частинами в післягарантійний період;
- збирання зношених вузлів і агрегатів і заміна їх новими;
- надання машин і обладнання на прокат;
- організація ремонту і продаж потриманої техніки;
- надання консультаційних і інформаційних послуг товаровиробнику.

У сучасних ринкових умовах, що склалися в Україні, технічний сервіс в агропромисловому комплексі повинен розглядатися як стратегічно важливий напрямок для забезпечення безперебійної роботи техніки протягом її експлуатації. Це має враховувати юридичні, економічні, нормативні, технічні, технологічні та кадрові аспекти, виступаючи невід'ємною ланкою, що з'єднує виробника та споживача техніки. Такий підхід сприятиме зміцненню позицій на вітчизняному та міжнародному ринках сільськогосподарської техніки. Однак більшість вітчизняних і закордонних виробників сільськогосподарських машин не повною мірою оцінюють важливість належного технічного сервісу для загального успіху виробничої діяльності. Крім того, серед власників техніки не сформована необхідність дотримання стандартів її технічного обслуговування, що є важливою умовою для забезпечення тривалої та ефективної експлуатації машин.

Схема взаємозв'язків між споживачем, дилером та виробником техніки наведено на рис. 2.2.



Рис. 2.2. Схема технічного сервісу та його взаємозв'язки

2.2. Аналіз організації технічного сервісу зернозбиральних комбайнів на Україні

Зернозбиральна техніка має підвищені вимоги, зокрема зернозбиральні комбайни, мають підвищені вимоги з надійності їх роботи, насамперед безвідмовності в заданий період. Оскільки втрата працездатного стану комбайна в період збирання врожаю, котре проводиться в стислі строки, призводить до значних втрат коштів товаровиробниками.

Для забезпечення високих показників безвідмовності особлива роль приділяється організації та реалізації якісного фірмового технічного сервісу.

На полях України працюють зернозбиральні комбайни як вітчизняних так і закордонних виробників. Основна частина зернозбиральної техніки близько 28% представлена компаніями бувшого СНГ, близько 70% - комбайни інших закордонних фірм (Claas, John Deere, Case, Massey Ferguson, New Holland, ЛідаАгромаш), на долю вітчизняного виробника припадає близько 2%.

Слід відмітити, що всі фірми-воробники зернозбиральних комбайнів

мають власні мережі дилерських підприємств, що здійснюють технічний сервіс комбайнів.

Дилерські центри компанії здійснюють продаж техніки, передпродажну підготовку, надають послуги з гарантійного та післягарантійного обслуговування, забезпечення запасними частинами. На базі компанії ТОВ «АгроБудівельний Альянс Астра» організовано капітальний ремонт комбайнів, що дозволяє відновити справність та ресурс комбайнів зі значним строком експлуатації, що досягли свого граничного стану. Капітальний ремонт комбайнів дозволяє значно скоротити витрати товаровиробника, оскільки вартість ремонту складає близько 50% вартості нового комбайну.

В Україні на сьогодні доля комбайнів із сусіднього зарубіжжя на ринку суттєво впала і сервісні центри переорієнтовуються на інші фірми.

Фірма Claas виробник високоякісної сільськогосподарської техніки, основна частина якої - зернозбиральні комбайни, має досить розширену мережу дилерських центрів в Україні. Пріоритетним принципом роботи фірми - це бути ближче до клієнта з метою надання консультативних послуг, допомоги при веденні техніки в експлуатацію, технічному обслуговуванні та постачанні оригінальних запасних частин.

Основними дилерами фірми являються: ТОВ Лан (м. Тернопіль), ТОВ Агротехсоюз (м. Луцьк), НДКК фірма Конкорд (Київська обл.) ТОВ Приват Лізинг (м. Хмельницький), ТОВ ТМІ (м. Дніпро), ТОВ Агрофірма Добробут (м. Кропівницький), ТОВ Ерідон Тех (м. Полтава).

Компанія Джон Дір один з найбільших виробників сільськогосподарської техніки, яка займає значну долю на ринку України (зокрема серед зернозбиральних комбайнів). За період роботи продукція компанії стала еталоном якості та надійності, основна заслуга в цьому полягає в розвинутій дилерській мережі.

В Україні компанія Джон Дір представлена такими дилерами: ПАТ Компанія Райз (м. Київ), ТОВ Агротек (м. Дніпро), ТОВ Механік і К (Чернівецька область). Компанія веде роботу по розширенню дилерської мережі

з метою бути завжди поруч з клієнтом. Нажаль з початку Російського вторгнення в Україну сервісні центри та дилери, що знаходились на півдні та сході України потрапили в окупацію та припинили свою діяльність.

До 2012-2015 років лідерами продажу були компанії Клаас, Джон Дір та Кейс, а після 2015 року лідером з продажу стали комбайни Нью Холанд та Масей Фергюсон (дилери Амако та ТОВ «АгроБудівельний Альянс Астра»), комбайни даних марок мають досить високу надійність та порівняно нижчу вартість.

Дилерські центри надають послуги з забезпечення сервісом та запасними частинами.

Також інші виробники зернозбиральних комбайнів мають дилерські мережі, які виконують відповідні функції.

До особливості експлуатації закордонної сільськогосподарської техніки слід віднести, що основна її частина має значний ресурс. Це обумовлюється високою інтенсивністю використання техніки на полях України (навантаження на один комбайн), а також тим, що значна частина придбаної техніки є такою, яка вже була в експлуатації. Наприклад з 1800 одиниць зернозбиральної техніки, імпортованої в Україну в період з 2010 по 2022 рік 800 одиниць є такою, яка була в експлуатації.

Така техніка має невисоку надійність, оскільки вичерпала свій технічний ресурс. З метою відновлення ресурсу необхідно здійснювати капітальний ремонт такої техніки (наприклад, як це організовано в ТОВ «АгроБудівельний Альянс Астра»). Дилерські центри закордонних фірм виробників не надають таких послуг.

Тому пріоритетним напрямком, на нашу думку, є організація на базі дилерських центрів фірмового ремонту таких комбайнів. Це дасть змогу значно підвищити надійність техніки та зекономити значну частину коштів товаровиробників.

2.3. Аналіз надійності зернозбиральних комбайнів як складних механічних систем

Надійність зернозбирального комбайна як складної системи без резервування структурних елементів залежить від надійності його агрегатів, вузлів і деталей. Це означає, що відмова будь-якої підсистеми (такої як жниварка, молотарка, двигун тощо) спричиняє вихід з ладу всього комбайна. Таке з'єднання структурних частин згідно теорії надійності є послідовним.

Для того, щоб оцінити надійність зернозбирального комбайна за комплексним показником в залежності від надійності його підсистем [21], розглянемо спрощену загальну структурну схему послідовного з'єднання зернозбирального комбайна, зображену на рис. 2.3.

При послідовному з'єднанні складових підсистем сумарні час роботи $t_{\text{роб.}}$ комбайна і час відновлення $t_{\text{відн.}}$ всіх його складових частин відповідно рівні:

$$t_{\text{роб.}} = t_{p_i}, \qquad t_{\text{відн.}} = \sum_{i=1}^{n} t_{\text{в}_i}, \tag{2.1.}$$

де t_{p_i}, $t_{\text{в}_i}$ - тривалість роботи і відновлення i-ої складової частини відповідно;

n – загальна кількість підсистем, з яких складається комбайн (прийнято, що $n = 8$).

Коефіцієнт готовності зернозбирального комбайна можна визначити за формулою (2.1.). Але, в свою чергу, кожна складова частина комбайна також характеризується своїм коефіцієнтом готовності, тобто:

$$K_{\Gamma_i} = \frac{t_{p_i}}{t_{p_i} + t_{\text{в}_i}}, \tag{2.2.}$$

Із виразу (2.2) з урахуванням (2.3) визначимо:

$$t_{\text{відн.}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{t_{p_i}\left(1 - K_{\Gamma_i}\right)}{K_{\Gamma_i}} = t_{\text{роб.}} \sum_{i=1}^{n} \frac{1 - K_{\Gamma_i}}{K_{\Gamma_i}}, \tag{2.3.}$$

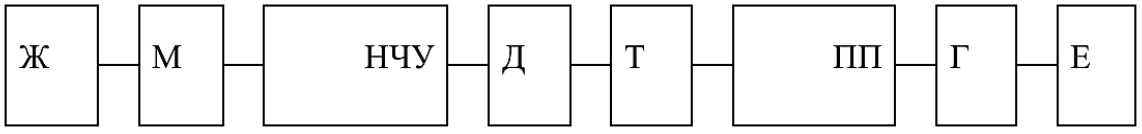


Рис. 2.3. Схема з'єднання складових підсистем зернозбирального комбайна:

Ж - жниварка; М - молотарка; НЧУ - обладнання для збору незернової частини урожаю; Д - двигун; Т - трансмісія; ПП – привідні передачі; Г - гідросистема; Е - електрообладнання

Підставивши вираз (2.3.) у формулу (2.2.) і провівши відповідні перетворення, можна вивести залежність коефіцієнта готовності зернозбирального комбайна від коефіцієнтів готовності *n* кожного з його агрегатів і систем, які працюють як послідовно з'єднані елементи. Це означає, що загальний коефіцієнт готовності комбайна визначається готовністю кожної складової підсистеми, оскільки відмова будь-якого агрегату чи вузла вплине на працездатність усієї машини.

$$K_{\Gamma} = \left[1 - n + \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{K_{\Gamma_i}}\right]^{-1}, \qquad (2.4.)$$

Дана формула зручна в користуванні при наявності інформації про надійність складових підсистем зернозбирального комбайна.

При експлуатації зернозбирального комбайна важливим є те, в якому стані він перебуває в довільний момент часу: в працездатному стані S_0, чи в стані відмови однієї з підсистем S_i. Кожен з цих станів (рис. 2.4.) визначається ймовірністю знаходження зернозбирального комбайна в ньому, яка залежить від відповідних подій - відмов чи відновлення працездатності. Можливі переходи підсистем зернозбирального комбайна в різні стани розглянемо як дискретні маркові випадкові процеси з безперервним часом [21, 22].

Потоки відмов кожної підсистеми зернозбирального комбайна приймемо простими потоками випадкових подій, які характеризуються параметрами μ_i. Відповідно процеси відновлення працездатності підсистем, маючи випадковий характер, також приймемо простими потоками подій з параметрами ω_i. При цьому, оскільки виникнення одночасних подій (відмов чи відновлень) кількох підсистем є малоймовірними, то в даних дослідженнях їх не враховуємо.

Якщо на довільно малому проміжку часу Δt, при простому пуассоновому потоку відмов, відмовить одна з підсистем, то ймовірність переходу комбайна із працездатного стану S_0 в стан відмови $S_i(S_0 \rightarrow S_i)$ в залежності від параметра

потоку відмов рівна [23, 24]:

$$P_{0i}(t) = \omega_i dt, \tag{2.5.}$$

Враховуючи, що сума ймовірностей перебування зернозбирального комбайна в певному стані становить повну групу незалежних подій, тобто рівна одиниці, то ймовірність працездатного стану зернозбирального комбайна буде [22, 23]:

$$P_0(t) = 1 - \sum \omega_i dt, \tag{2.6.}$$

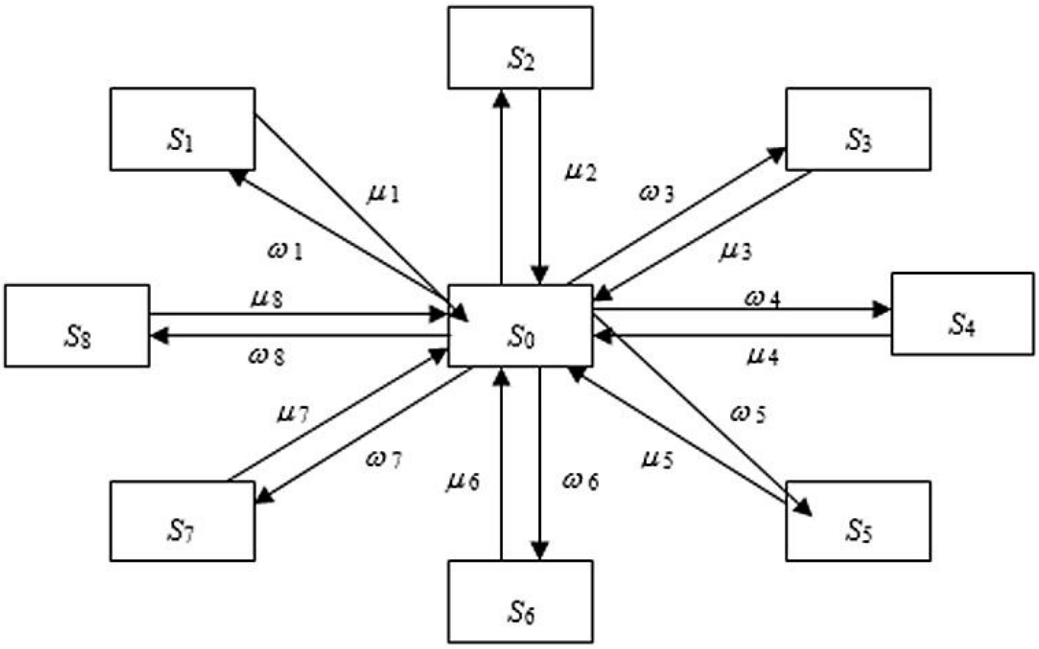


Рис. 2.4. Графік можливих переходів зернозбирального комбайна із працездатного стану S_0 в стан відмови одної з підсистем S_i

Аналогічно, якщо протягом довільно малого проміжку часу Δt відбувається відновлення працездатності певної підсистеми, то для простого пуассонового потоку відновлень ймовірність переходу зернозбирального комбайна до працездатного стану ($S_i \rightarrow S_0$) в залежності від параметра потоку відновлень буде рівна [22, 23]:

$$P_{0i}(t) = \mu_i dt, \tag{2.7.}$$

При досліджені надійності важливим є визначення ймовірностей $P_i(t)$ перебування зернозбирального комбайна в певному стані протягом тривалого часу експлуатації. Для визначення даних ймовірностей згідно графу на рис. 2.4

складемо диференційні рівняння Колмогорова [23, 25, 26]:

$$\begin{cases} \frac{dP_0(t)}{dt} = P_0(t)\sum_{i=1}^{n=8}\omega_i - \sum_{i=1}^{n=8}\mu_i P_i(t) \\ \frac{dP_1(t)}{dt} = \omega_i P_0(t) - \mu_1 P_1(t) \\ \frac{dP_i(t)}{dt} = \omega_i P_0(t) - \mu_i P_i(t) \\ \frac{dP_8(t)}{dt} = \omega_8 P_0(t) - \mu_8 P_8(t) \end{cases}, \qquad (2.8.)$$

Для сталого стаціонарного режиму експлуатації в межах сезону роботи зернозбиральних комбайнів характерні постійні значення ймовірностей переходів і параметрів потоків подій (відмов та відновлень). В таких умовах система диференційних рівнянь Колмогорова перетвориться в систему алгебраїчних рівнянь з постійними коефіцієнтами:

$$\left.\begin{array}{l} P_0\sum_{i=1}^{n=8}\omega_i = \sum_{i=1}^{n=8}\mu_i P_i \\ \omega_i P_0 = \mu_i P_i, \quad i = 1 \ldots n \end{array}\right\}, \qquad (2.9.)$$

Розв’язуючи дану систему сумісно з нормувальною умовою $\sum_{i=1}^{n=8} P_i = 1$ [22], отримаємо граничні ймовірності P перебування зернозбирального комбайна в певному стані S:

$$\left.\begin{array}{l} P_i = P_0\frac{\omega_i}{\mu_i} \\ P_0 = \left(1 + \sum_{i=1}^{n=8}\frac{\omega_i}{\mu_i}\right)^{-1} \end{array}\right\}, \qquad (2.10.)$$

Ймовірність P_i перебування зернозбирального комбайна в стані відмови однієї із підсистем S_i в довільний момент часу характеризує неготовність виконувати підсистемою свої функції. При цьому ймовірністьP_i враховує ймовірність працездатного стану комбайна в цілому і особливості імовірнісних характеристик надійності відповідної підсистеми. Остаточно для оцінки надійності i-тої підсистеми зернозбирального комбайна як ймовірності перебування в працездатному стані P_{0_i} можемо записати:

$$P_{0_i} = 1 - \frac{\omega_i}{\mu_i}\cdot\frac{1}{\left(1+\sum_{j=1}^{n}\frac{\omega_i}{\mu_i}\right)}, \quad \text{або} \quad P_{0_i} = 1 - \frac{T_{\text{в}i}}{T_i}\cdot\frac{1}{\left(1+\sum_{j=1}^{n}\frac{T_{\text{в}j}}{T_j}\right)} \qquad (2.11.)$$

Аналіз отриманих виразів показує, що надійність певної підсистеми зернозбирального комбайна залежить від суми відношень параметрів потоків відмов до параметрів потоків відновлень всіх підсистем. Надійність буде

прямувати до одиниці тоді, коли буде зменшуватись параметр потоку відмов і збільшуватись параметр потоку відновлень, тобто коли буде збільшуватись наробіток на відмову і зменшуватись середній час відновлення працездатності. Тривалість відновлення працездатності зернозбирального комбайна як дискретна величина має певні межі розсіювання середнього значення. Необхідно дослідити якою буде надійність зернозбирального комбайна як складної механічної системи із послідовно з'єднаних елементів при збільшені часу відновлення працездатності.

Якщо за довільно малий проміжок часу Δt відновлення працездатності певної підсистеми зернозбирального комбайна не відбувається, то ймовірність перебування комбайна в стані відмови даної підсистеми в залежності від параметрів потоків можна записати як добуток ймовірності не виконати за час Δt відновлення працездатності підсистеми, що відмовила, і ймовірностей не появи відмов при цьому решти підсистем [21], тобто:

$$P_{0i0}(t) = \left(1 - \mu_i dt \frac{\prod_{j=1}^{n}(1-\omega_j dt)}{(1-\omega_i dt)}\right), \tag{2.12.}$$

В результаті розкриття дужок, знехтувавши нескінченно малими величинами другого і більших порядків, можна записати:

$$P_{0i0}(t) = 1 - \left(\mu_i + \sum_{j=1}^{n} \omega_j - \omega_i\right)dt, \tag{2.13.}$$

Склавши диференційні рівняння Колмогорова згідно розміченого графу на рис. 2.4. для даного випадку, отримаємо наступні ймовірності переходів в стани у функції часу:

$$\left.\begin{array}{c} \frac{dP_0(t)}{dt} = P_0(t)\sum_{i=1}^{n=8}\omega_i - \sum_{i=1}^{n=8}\mu_i P_i(t); \\ \frac{dP_i(t)}{dt} = \omega_i P_0(t) - \left(\mu_i + \sum_{j=1}^{n=8}\omega_j - \omega_i\right)P_i(t), \quad i = 1 \dots n \end{array}\right\}, \tag{2.14.}$$

Для сталого режиму експлуатації в межах сезону роботи зернозбиральних комбайнів систему (2.14.) представимо у вигляді рівнянь, в якій ймовірності не залежать від часу:

$$\left.\begin{array}{c} P_0(t)\sum_{i=1}^{n=8}\omega_i = \sum_{i=1}^{n=8}\mu_i P_i; \\ \omega_i P_0(t) - \left(\mu_i + \sum_{j=1}^{n=8}\omega_j - \omega_i\right)P_i, \quad i = 1 \dots n \\ P_0 + \sum_{i=1}^{n=8} P_i(t) = 1 \end{array}\right\} \tag{2.15.}$$

$$\left.\begin{aligned} P_i &= P_0 \frac{\omega_i}{\mu_i + \sum_{j=1}^{n=8} \omega_j - \omega_i} \\ P_0 &= \left(1 + \sum_{i=1}^{n=8} \frac{\omega_i}{\mu_i + \sum_{j=1}^{n=8} \omega_j - \omega_i}\right) \end{aligned}\right\} \qquad (2.16.)$$

Аналогічно зробленому з (2.11) висновку, ймовірність перебування зернозбирального комбайна в певному стані характеризує його готовність виконувати свої функції або неготовність через відмову певної підсистеми. У підсумку, для оцінки надійності підсистем комбайна за умовою, що відновлення працездатності окремої підсистеми може не завершитися в заданий інтервал часу, слід враховувати ймовірність невчасного відновлення. Це дозволяє точніше визначити надійність системи в цілому, беручи до уваги ризик затримки у відновленні окремих компонентів комбайна, запишемо ймовірність перебування її в працездатному стані P_{0_i}:

$$P_{0_i} = 1 - \frac{\omega_i}{\mu_i + \sum_{j=1}^{n} \omega_j - \omega_i} \cdot \frac{1}{\left(1 + \sum_{i=1}^{n} \frac{\omega_i}{\mu_i + \sum_{j=1}^{n} \omega_j - \omega_i}\right)}, \qquad (2.17.)$$

Формули (2.12.) і (2.17.) відрізняються знаменником на величину, що включає параметри потоків відмов решти підсистем. Тому при всіх інших рівних умовах, у випадку деякого збільшення часу усунення відмов окремої підсистеми зернозбирального комбайна можна отримати підвищення її надійності за рахунок зменшення ймовірності відмов решти підсистем. Але збільшення часу усунення відмов має певне граничне значення, оскільки згідно формул (2.6.), (2.7.) збільшення сумарного часу простоїв через відновлення працездатності призводить до зменшення показника готовності і технічного використання зернозбирального комбайна в цілому.

Якщо прийняти, що коефіцієнт готовності за певний проміжок часу (сезон експлуатації) є величина постійна, то можна висунути припущення про те, що збільшення часу усунення відмов в певних межах сприяє підвищенню наробітку на відмову, а також сумарного наробітку і, відповідно, зменшенню параметра потоку відмов.

Щоб теоретично оцінити вплив змін у часі усунення відмов на значення

наробітку до відмови, розглянемо ймовірність того, що зернозбиральний комбайн буде готовий до роботи у певний момент часу t (ймовірність готовності $P_Г$). Ця ймовірність залежить від наявності працездатних компонентів комбайна та можливості відновлення непрацездатних частин завдяки обслуговуванню, яке виконується в межах гранично допустимого часу $t_в$.

Припустимо, що існує служба технічного обслуговування, яка здатна усунути будь-яку відмову в міру їх появи; час усунення відмов $t_в$ незначний і при відліку часу упускаємо; інтенсивність відмов залишається постійною; розподіл наробітку на відмову і часу відновлення підпорядковані експоненціальному закону.

Виходячи із даних припущень, ймовірність виникнення нульової кількості відмов і ймовірність виконання нульової кількості відновлень відповідно виразяться першим членом закону розподілу Пуассона [26, 27, 28]:

$$P(t) = \exp(-\omega t), \tag{2.18.}$$

$$P(t_в) = \exp(-\mu t_в), \tag{2.19.}$$

Ймовірність того, що роботи з відновлення працездатності не будуть проводитись протягом часу t рівна [21]:

$$P(t_в)P_1 + P(t_в)P_i + \cdots + P(t_в)P_m = P(t_в)[P_1 + P_i + \cdots + P_m], \tag{2.20.}$$

де P_i – ймовірність виникнення i-тої відмови.

Але суму ймовірностей m відмов за час t в (2.13) (вираз в квадратних дужках) можна виразити сумою членів розподілу Пуассона [26], тобто:

$$\sum_{i=1}^{m} P_i = \sum_{i=1}^{m} \frac{(\omega t)^i exp(-\omega t)}{i!}, \tag{2.21.}$$

де (ωt) - величина математичного очікування або середньої кількості відмов.

Так як, ймовірність появи більше ніж одної відмови за час t дорівнює різниці загальної ймовірності і ймовірності появи нульової кількості відмов $P(t)$, то звідси випливає, що ймовірність не бути готовим до експлуатації (ймовірність непрацездатного стану) $P_{НГ}$, буде:

$$P_{\text{НГ}} = P(t_{\text{в}}) \sum_{i=1}^{m} \frac{(\omega t)^i}{i!} exp(-\omega t) = P(t_{\text{в}}) \left[\sum_{i=1}^{m} \frac{(\omega t)^i}{i!} exp(-\omega t) - exp(-\omega t) \right], \quad (2.22.)$$

або, спростивши, отримаємо:

$$P_{\text{НГ}} = P(t_{\text{в}}) \cdot exp(-\omega t) \left[\sum_{i=1}^{m} \frac{(\omega t)^i}{i!} - 1 \right] = P(t_{\text{в}}) \cdot exp(-\omega t)[exp(\omega t) - 1]), \quad (2.23.)$$

Підставивши $P(t_в)$ з (2.23) і зробивши нескладні перетворення, отримаємо:

$$P_{\text{НГ}} = exp(-\mu t_{\text{в}}) \cdot [1 - exp(-\omega t)], \quad (2.24.)$$

Вираз в квадратних дужках (2.24) є ймовірність появи відмов $F(t)$ за час t. Враховуючи, що ймовірність готовності $P_{\text{Г}}$ є обернена величина до $P_{\text{НГ}}$, маємо:

$$P_{\text{Г}} = 1 - exp(-\mu t_{\text{в}}) \cdot [1 - exp(-\omega t)], \quad (2.25.)$$

або

$$P_{\text{Г}} = 1 - P(t_{\text{в}}) F(t), \quad (2.26.)$$

Отже, формула (2.26.) описує залежність ймовірності перебування комбайна у працездатному стані від функцій ймовірності відмов і відновлення. Використовуючи ці функції, можна обчислити ймовірність того, що зернозбиральний комбайн буде готовий до роботи у момент часу t, за умови, що обслуговування та відновлення виконуються в межах допустимого часу $t_в$. Для якісного аналізу впливу часу відновлення на наробіток комбайна залежність (2.26.) можна зобразити графічно, маючи експериментально встановлені параметри потоків відмов ω та відновлень μ. Візьмемо для прикладу значення параметрів: інтенсивність відмов ω=0,067, інтенсивність відновлення μ =0,667, і припустимо, що час відновлення працездатності $t_в$ може приймати дискретні значення в інтервалі від $t_{\text{в}}^{\text{н}} = 1{,}3$ до $t_{\text{в}}^{\text{в}} = 1{,}7$ год. Побудуємо графік залежності (рис. 2.5.) ймовірності готовності комбайна від часу $t_в$ на основі цих значень, що дозволить наочно оцінити вплив часу відновлення на загальну ймовірність готовності до роботи.

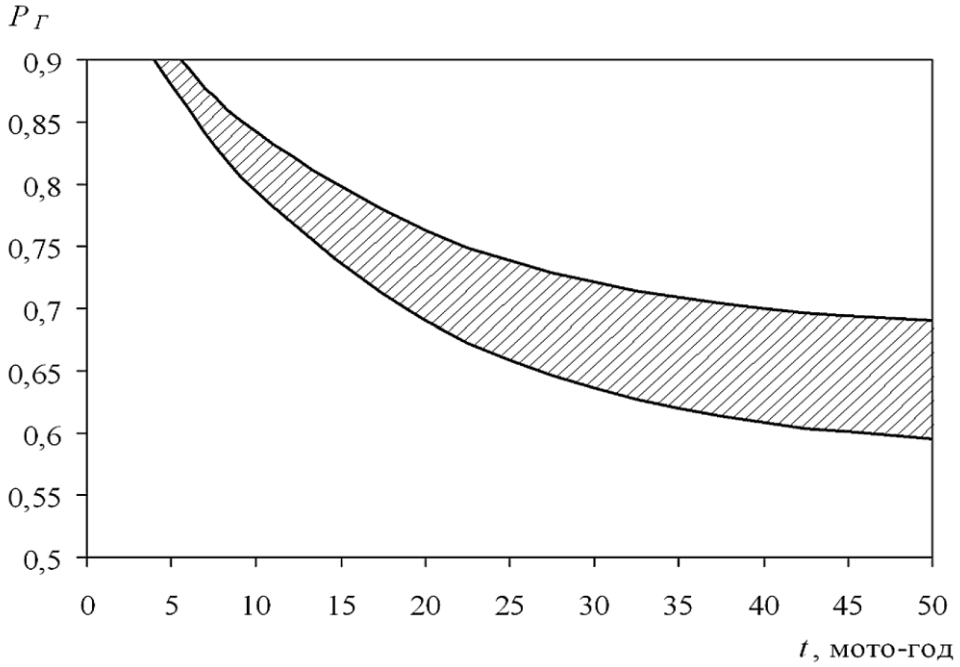


Рис. 2.5. Графік залежності ймовірності готовності комбайна до роботи $P_Г$ від наробітку t і часу відновлення працездатності $t_в$

Як показує графік (рис. 2.5.), зі збільшенням ймовірності працездатності (рівня надійності) вплив тривалості відновлення на безвідмовність та загальну надійність машини зменшується. Однак, для зернозбиральних комбайнів, відповідно до результатів проведеного аналізу, характерний порівняно низький рівень надійності. Це означає, що тривалість часу на відновлення має помітний вплив на їхню працездатність і стабільність роботи. Таким чином, за обраних умов, при ймовірності готовності $P_Г$=0,75 і тривалості відновлення $t_в$=1,3 год, наробіток до відмови становить t=13,8 мото-год. Однак, якщо тривалість відновлення збільшиться в межах розсіювання показника до $t_в$ = 1,7 год, то наробіток до відмови може зрости до t=22,3 мото-год., що позитивно вплине на сумарний наробіток комбайна.

Час відновлення працездатності впливає на безвідмовність зернозбирального комбайна через глибину аналізу причин відмов. Відновлення працездатності може здійснюватися або шляхом швидкого усунення наслідків відмови (що потребує менше часу), або через усунення корінних причин відмови, що вимагає дещо більшого часу. Саме тому залучення спеціалізованих

підрозділів технічного обслуговування дозволяє підвищити якість виконання ремонтних робіт, забезпечуючи більш надійне усунення відмов і несправностей, а також загальне поліпшення експлуатаційної надійності зернозбиральних комбайнів.

2.4. Висновки до розділу 2

1. В результаті дослідження структурної схеми взаємозв'язку підсистем зернозбирального комбайна та можливих станів його функціонування були розроблені аналітичні вирази, що дають змогу оцінити, як кожен окремий агрегат, вузол чи деталь впливає на загальну надійність комбайна. Ці вирази дозволяють визначити рівень безвідмовності, ремонтопридатності та комплексної надійності комбайна, що дає змогу ідентифікувати найбільш критичні елементи, від яких залежить ефективність і стабільність роботи машини в цілому.

2. На основі прийнятих припущень про характер потоків відмов та відновлень підсистем зернозбиральних комбайнів виявлено вплив зміни тривалості відновлення працездатності окремої підсистеми на надійність комбайна в цілому та безвідмовність зокрема. При цьому встановлено, що чим нижча ймовірність працездатного стану комбайна, тим більший вплив має зміна тривалості відновлення працездатності на безвідмовність.

РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ КОМБАЙНІВ

3.1. Методика обробки експериментальних даних

Кількісний і якісний аналіз експериментальних даних, отриманих в результаті спостережень здійснюється за допомогою методів теорії ймовірності та математичної статистики [29 згідно вимог ДСТУ 2864-94 та ДСТУ 3004-95 [30, 31]. Обробку результатів виконуємо за допомогою пакету комп'ютерних програм Microsoft Excel і починаємо з класифікації відмов за причинами, умовами та характером виникнення і усунення.

3.2. Дослідження експлуатаційної надійності комбайнів

Для оцінки показників надійності були взяті результати спостережень у планах збиральних сезонів 2022 і 2024 років у післяремонтний період. Перші відмови відремонтованих комбайнів, які перебувають в експлуатації, характеризують як правило, якість їхньої конструкції й технології виробництва.

Більшість даних була представлена ТОВ «АгроБудівельний Альянс Астра», які ведуть статистику відмов комбайнів різних фірм.

Спостереження велося за роботою 38 комбайнів. У зв'язку з тим, що дослідження з безвідмовності комбайнів можна проводити досить обмежений час на рік при виконанні комбайном збиральних робіт, то спостереження й хронометраж по деяких комбайнах велися безупинно в плані всього збирального сезону.

Дослідна партія комбайнів випробовувалася в різних районах Київської області. Інформація з районів, в яких проводилося спостереження за комбайнами представлена в табл.3.1.

Таблиця 3.1.

Дані по використанню комбайнів по районам області

Найменування району (стара розбивка районів)	Кількість комбайнів	Номер комбайнів
Білоцерківський	2	75, 102
Бориспільський	4	19, 25, 33, 62
Бучанський	6	24, 29, 34, 52, 77, 120
Фастівський	6	55, 89, 93, 94, 108, 121
Обухівський	7	36, 80, 87, 91, 101, 113, 116
Тетіївський	13	13, 29, 31, 32, 37, 39, 40, 42, 66, 73, 83, 88, 96

Аналіз таблиці 3.1. показує, спостереження враховують практично всі райони сільськогосподарського виробництва Київської області. Комбайни в основному експлуатувалися на збиранні озимих і ярових культур. Роботи виконувалися в декількох господарствах закріпленого району. У збиральний період у більшості закріплених районів експлуатації сильних дощів не спостерігалося. Перегони комбайнів здійснювалися по асфальтованих і інших поліпшених дорогах.

3.3. Аналіз характеристики відмов

Оцінка відмов зернозбиральних комбайнів проводилася виходячи з найбільшої ймовірності їхнього виникнення за результатами експлуатації досвідченої партії й по складових елементах конструкції.

На рис. 3.1. – 3.11. наведено деякі з найбільш частих дефекти комбайнів які розбиті на три групи: технологічні, конструктивні та експлуатаційні (в основному фото комбайнів Massey Ferguson 36, Massey Ferguson 38 які були завезені в Україну після використання).

Конструктивні відмови. Недостатня міцність рами та корпуса

молотарки, що приводять до передчасних тріщин.



Рис. 3.1. Тріщина рами комбайна і ремонт в господарських умовах



Рис. 3.2. Тріщина рами і обрив кронштейнів з лівого боку комбайна



Рис. 3.3. Тріщина рами і обрив кронштейнів з правого боку комбайна



Рис. 3.4. Типовий приклад конструктивної відмови - кінематична неточність ланцюгових передач, яка є причиною прискореного зношення і злітання ланцюгів.



Рис. 3.5. Конструктивний недолік - підтікання олив і палива із стиків з'єднань трубопроводів.

Технологічні відмови.



а) б) в)

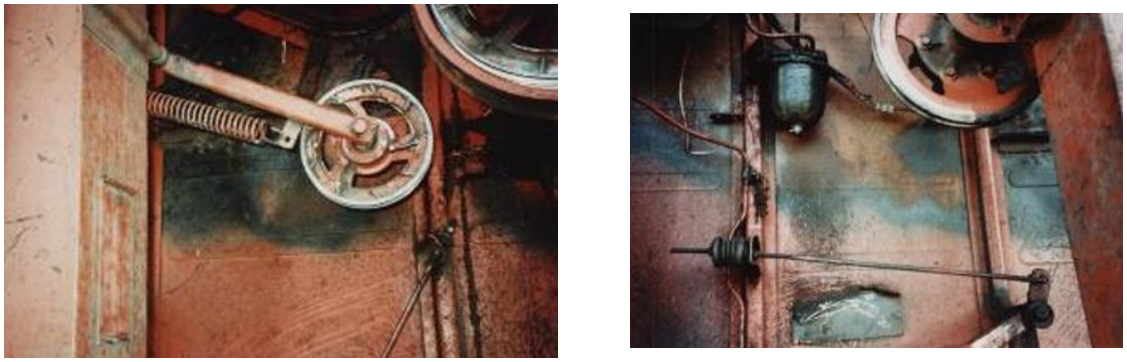
Рис. 3.6. Технологічний недолік - а -в шліцьовій муфті відсутній розріз і отвір для стяжного болта. б - обрив фланця запобіжної муфти по

зварювальному шву, розсипався підшипник валу соломотрясу.

Експлуатаційні відмови.



Рис. 3.7. Попадання сторонніх предметів під шнек жатки.



а) б)

Рис. 3.8. Характерний вид як наслідок експлуатаційних відмов. Кольори мінливості на боковинах корпуса (а - лівій, б - правій) молотарки після накручування і загорання соломи на валах соломотряса.



Рис. 3.9. Експлуатаційна відмова погнуті штанги двигуна

Як видно, дефектів більше ніж достатньо і способи їх усунення досить примітивні, в основному, це зварювання.

3.4. Аналіз результатів досліджень

Аналіз результатів дослідження показує на низькі експлуатаційні якості комбайнів і високу інтенсивність відмов. Незважаючи на ретельну підготовку машин у перезбиральний період, виконання в повному обсязі заводських і інших вимог по обкатуванню, під час ремонту сумарна тривалість простоїв на відшукування й усунення відмов перевищувала 30%, а по комбайнах, які експлуатувалися в ТОВ «Січ» (Обухівський район, Київська обл.) перевищувала 50%. Має місце значне число відмов, які повторюються систематично у великої кількості машин. Ці відмови, як правило, пояснюються помилками конструкторського й технологічного порядку.

У табл.3.2. наведено аналіз розподілу відмов по різних класифікаційних ознаках.

Таблиця 3.2.

Розподіл відмов комбайнів у післяремонтному періоді по різних класифікаційних ознаках

Розподіл відмов по складових комбайна	Розподіл відмов, %
1. Двигун і допоміжні агрегати двигуна	7
2. Несуча система	10
3. Робочі органи	48
4. Гідросистеми механічна частина трансмісії, ходова частина, органи керування	12
5. Жниварка й платформа підбирач	16
6. Паси й ланцюгові передачі	7

Як видно з таблиці 3.2. найбільша кількість відмов доводиться на робочі органи комбайна, на жниварку й платформу підбирача, гідравліку трансмісію й ходову частину. Більша частина відмов (40%) усувається за допомогою електро- і газозварювання. Значне число відмов (32%) усувається заміною деталей і вузлів в основному викликані витягуванням і зношуванням ременів, обривом ланцюгів, руйнування підшипників і інших елементів.

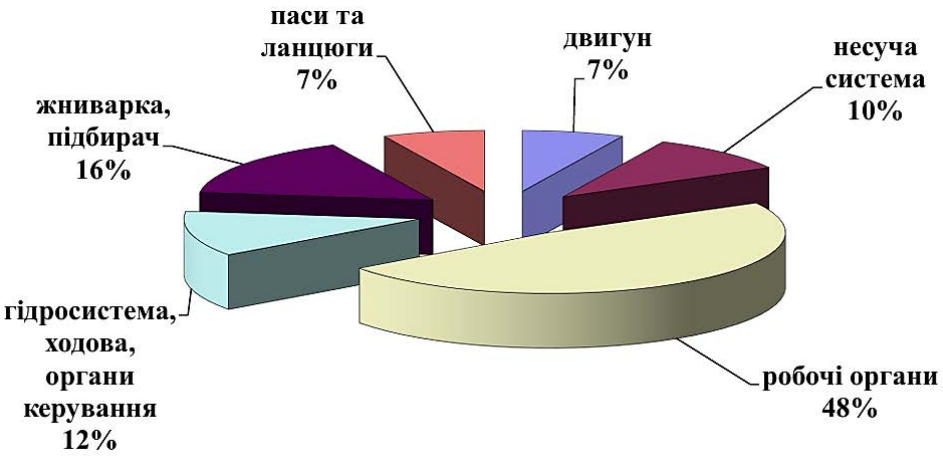


Рис. 3.10. Розподіл відмов комбайнів по складових

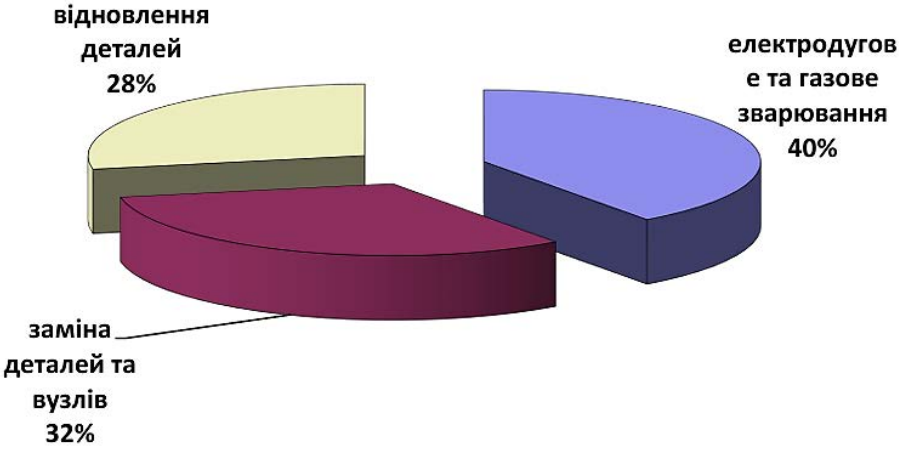


Рис. 3.11. Способи усунення несправностей

3.5. Дослідження післяремонтної надійності комбайнів

Відповідно до умов завдання слід визначити числові показники надійності комбайнів на основі даних випробувань.

Для визначення числових показників надійності проводять спостереження за випробуваннями однотипних виробів у заданих умовах експлуатації. У процесі випробувань фіксується час роботи кожного виробу до моменту його першої відмови, виражений у годинах роботи під навантаженням. Зібрані дані систематизують і представляють у формі інтервального статистичного ряду, який відображає розподіл напрацювання до першої відмови для всіх випробуваних виробів.

Таблиця містить інтервальний статистичний ряд, що описує емпіричний

розподіл напрацювання T_1 для заданих умов експлуатації. У цій таблиці наведено дані про частковості m_i/N для кожного окремого і-го інтервалу, а також обчислені значення накопичених сум частковостей $\Sigma m_i/N$, що дозволяє простежити кумулятивний розподіл показників напрацювання.

Таблиця 3.3.

Інтервальний статистичний ряд емпіричного розподілу комбайнів до першої відмови

Границі інтервалів	0,5-1,6	1,6-2,7	2,7-3,8	3,8-4,9	4,9-6	6,0-7,1
Середини інтервалів, T_1, год	1,05	2,15	3,25	4,35	5,45	6,55
Частковості, m_i	2	3	13	17	3	2
Частковості, m_i/N	0,05	0,075	0,325	0,425	0,075	0,05
Накопичені частковості $\Sigma m_i/N$	0,05	0,125	0,45	0,875	0,95	1

Дані з таблиці 3.3. використовуються для побудови графічних залежностей, які наочно ілюструють емпіричний розподіл випадкової величини. Зокрема, за цими даними будуються такі графіки: гістограма, що відображає частоти або частки для кожного інтервалу; полігон, який з'єднує точки, що відповідають серединам інтервалів і їхнім частотам; а також графік інтегральної функції розподілу напрацювання, що демонструє накопичену частку випадкової величини для кожного значення.

Таблиця 3.4.

Оцінювання статистичних даних $P(t)_i$ і $\lambda(t)_i$

Показники	Значення показників по часткових інтервалах					
	0,5-1,6	1,6-2,7	2,7-3,8	3,8-4,9	4,9-6	6,0-7,1
Число відмов за інтервал m_i	2	3	13	17	3	2

Число виробів, що відмовили, до кінця інтервалу, m_i	2	5	18	35	38	40
Число не роботоздатних виробів до кінця інтервалу, $N(t)_i$	40	38	35	22	5	2
Статистична оцінка, $P(t)_i$	0,95	0,875	0,55	0,125	0,05	0
Статистична оцінка, $\lambda(t)_i$	0,0455	0,0718	0,3377	0,7025	0,5455	0,9091

Для побудови гістограми на горизонтальній осі графіка відкладаються значення, що відповідають межам кожного часткового інтервалу, а на вертикальній осі відзначаються частоти або частки для цих інтервалів. Потім будуються прямокутники, основи яких розташовані на горизонтальній осі і відповідають ширині інтервалів, а висоти - значенням частот або часток. У результаті формується ступінчастий багатокутник, який і є гістограмою.

Якщо провести прямі лінії, що з'єднують середини верхніх горизонтальних сторін прямокутників гістограми, отримаємо полігон розподілу, який виглядає як ламана лінія.

На рис. 3.12. зображено загальний вигляд гістограми та полігона, які ілюструють розподіл випадкової величини.

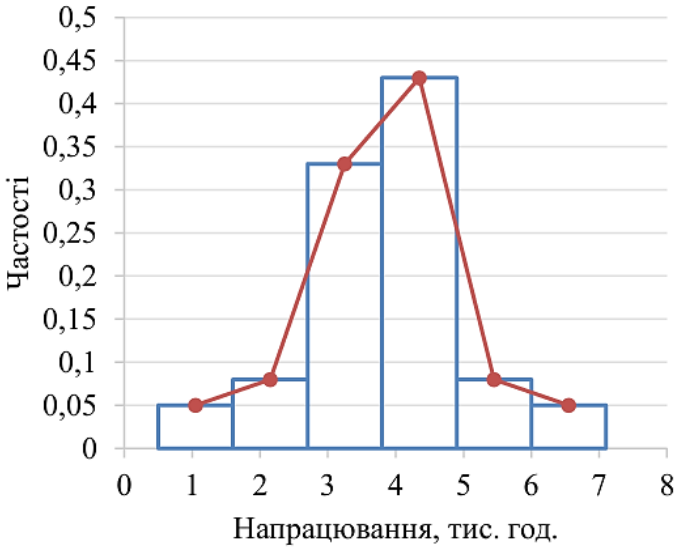


Рис. 3.12. Зображення гістограми та полігона в загальному вигляді

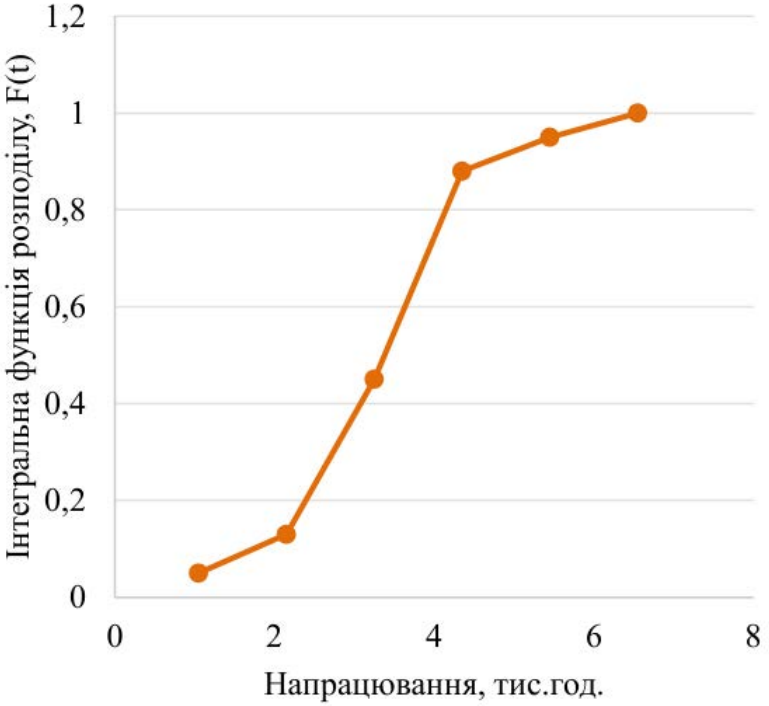


Рис. 3.13. Інтегральна функція наробітку комбайнів

Інтегральна функція розподілу F(T) є найзагальнішою характеристикою розподілу як дискретних, так і безперервних величин. Вона визначає ймовірність того, що випадкова величина T буде меншою або рівною заданому значенню t. Інтегральна функція розподілу напрацювання зазвичай зображується у вигляді графіка, який представлений на рис. 3.13.

Значення статистичних характеристик щодо розподілу випадкової величини, а саме середнє значення T_l та вибіркове стандартне відхилення δ, обчислюються таким чином:

$$T_l = \sum T_{ci} \cdot \frac{m_i}{N} = 210 \text{ год.} \quad (3.1.)$$

$$\delta = \sqrt{\sum (T_{ci} - T)^2 \cdot \frac{m_i}{N}} = 73{,}42, \text{ год.} \quad (3.2.)$$

Розрахунок цих параметрів здійснюється за допомогою програми, написаної мовою Бейсик для ПК. Отримані результати обчислень статистичних характеристик наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5.

Величини $F(t)$, які отримали при стандартному розподілі

Локальні проміжки	0,5-1,6	1,6-2,7	2,7-3,8	3,8-4,9	4,9-6	6,0-7,1
Величина $F(t)$	0,021	0,171	0,489	0,809	0,964	0,997

Таблиця 3.6.

Перевірка узгодженості емпіричного та теоретичного розподілів наробітку до першої відмови

Межі локальних проміжків, г	0,5-1,6	1,6-2,7	2,7-3,8	3,8-4,9	4,9-6	6,0-7,1
Показник теоретичної функції $F(t)$	0,021	0,171	0,489	0,809	0,964	0,997
Показник експериментальної функції, $F_{\text{є}}(t)_I$	0,05	0,125	0,45	0,875	0,95	1
Відхилення, D	0,029	0,046	0,039	0,066	0,014	0,003

Ступінь розсіювання випадкової величини характеризується безрозмірною величиною, що називається коефіцієнтом варіації. Цей показник відображає відносну величину варіації (розкиду) даної випадкової величини щодо її середнього значення:

$$v = \frac{\delta}{(T - t_{\text{см}})} = \frac{73{,}42}{210-0} = 0{,}349, \qquad (3.3.)$$

де $t_{\text{см}}$ - визначає величину зсуву зони розсіювання T_1 відносно нульового значення.

Цей безрозмірний коефіцієнт застосовується не лише як характеристика ступеня розсіювання випадкової величини відносно її середнього значення, а й для попереднього вибору теоретичного закону розподілу (ТЗР) випадкової величини. При (0,33) закон розподілу приймається нормальний, а в протилежному випадку закон розподілу Вейбула.

Отже, для нашої роботи використовуємо закон розподілу Вейбула. Статистичні оцінки ймовірності безвідмовної роботи P(t) та інтенсивності відмов λ(t) для кожного і-го інтервалу розраховуються за допомогою відповідних формул, які дозволяють визначити ймовірність того, що комбайн працюватиме без відмов до певного часу t, а також інтенсивність відмов (тобто кількість відмов, що трапляються за одиницю часу) для кожного інтервалу:

$$P(t)_i = \frac{N-\sum m_i}{N}, \quad (3.4.)$$

$$\lambda(t)_i = \frac{m_i}{\Delta t \cdot N(t)_i}, \quad (3.5.)$$

з якої N - це кількість зразків на першій стадії проведення дослідження, N дорівнює 40;

$\sum m_i$ - кількість зразків, що були зроблені до закінчення і-го інтервалу;

t - це величина ресурсу в локальному проміжку.

$N(t)_i$ - кількість робочих зразків до початку і-го локального проміжку.

Початкова інформація, необхідна для проведення розрахунків та їх результати представлені в таблиці 3.4.

Графік, що відображає зміну довірчої ймовірності безвідмовної роботи P(t), будується на основі відповідних значень для статичних інтервалів, наведених у таблиці 3.5. Загальний вигляд цього графіка зображено на рисунку 3.14.

Між показниками ймовірності безвідмовної роботи та інтегральною функцією розподілу існує певний зв'язок, який визначається відповідним рівнянням. Цей зв'язок відображає залежність ймовірності безвідмовної роботи від параметрів розподілу часу до відмови, що виражається через функцію розподілу:

$$P(t)_i = 1 - \frac{\sum m_i}{N}, \quad (3.6.)$$

У випадку розподілу Вейбулла теоретична функція виглядатиме наступним чином:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{T_i}{a}\right)^{\text{в}}}, \quad (3.7.)$$

Згідно джерела [30] знаходимо значення параметрів В, $С_в$, $К_в$ Параметр а можливо віднайти за допомогою рівняння

$$a = \frac{d}{C_в} = \frac{1{,}18}{0{,}314} = 3{,}75, \quad (3.8.)$$

Величини, визначені за допомогою теоретичної функції розподілу по локальних проміжках наведено в таблиці 3.6.

Перевірку відповідності обраного теоретичного закону та емпіричного розподілу наробітку до першої відмови можна здійснити за допомогою одного з критеріїв згоди. Цей процес дозволяє підтвердити або спростувати статичну гіпотезу, яка стосується вибраного виду теоретичного закону розподілу, з урахуванням заданого рівня значимості β.

Зазвичай у розрахунках значення β приймається рівним 0,1, що означає, що в 10 випадках з 100 допускається помилка першого роду. Це пов'язано з ризиком помилково відхилити правильну статистичну гіпотезу. Враховуючи завдання, необхідно зробити відповідну перевірку за критерієм Колмогорова А.Н. Для цього обчислюється максимальна абсолютна різниця D_{max} між значеннями емпіричної та теоретичної функцій розподілу, що дозволяє оцінити найбільшу відхилення між ними. Цей показник допомагає оцінити ступінь відповідності між емпіричними даними та теоретичним розподілом, а саме:

$$D_{max} = max \cdot |F_e(t)_i - F(t)_i| - |0{,}875 - 0{,}809| = 0{,}066, \quad (3.9.)$$

Отже ми отримали $D_{max} = 0{,}066$. Розрахункова величина показника буде

$$\lambda = D_{max} \cdot \sqrt{N} = 0{,}066 \cdot \sqrt{40} = 0{,}46, \quad (3.10.)$$

Закон розподілу вибрано вірно, так як показник Колмогорова складає P(t)=0,99>0,1.

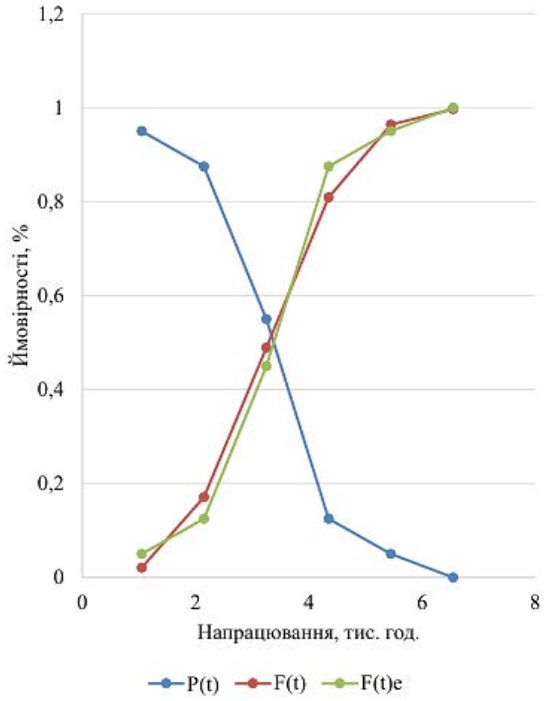


Рис. 3.14. Експериментальна функція розподілу $F_e(t)$, теоретична функція розподілу $F_т(t)$, та ймовірність безвідмовної роботи машини P(t)

При обчисленні довірчих меж для розсіювання середнього значення показника надійності для розподілу Вейбулла - Гнеденко ми використовуватимемо наступні рівняння:

$$T_{н1} = T_1 \sqrt[в]{r_3} = 3{,}855 \cdot \sqrt[3{,}14]{0{,}83} = 3{,}632 \text{ тис.г.}$$

$$T_{в1} = T_1 \sqrt[в]{r_1} = 3{,}855 \cdot \sqrt[3{,}14]{1{,}24} = 4{,}128 \text{ тис.г.} \qquad (3.11.)$$

у якому r_1 і r_3 – величини Вейбулла, визначені відповідно до [32] у залежності від α і N.

3.6. Визначення основних параметрів виробничого процесу сервісного обслуговування комбайнів

Основними і найважливішими вимогами при організації виробничого процесу ремонту виробу на підприємстві являється своєчасна і якісна технічна підготовка виробництва ремонтного підприємства, його вдосконалення.

Організація виробничого процесу передбачає здійснення необхідних заходів по максимальному скороченню тривалості виробничого циклу ремонту

двигуна.

До основних показників організації виробничого процесу з ремонту двигунів відносяться: такт ремонту, тривалість знаходження двигуна в ремонті, фронт ремонту.

Під тактом ремонту розуміють рівномірні проміжки часу, по закінченні яких випускається із ремонту черговий відремонтований об'єкт. Одиницею виміру такту являються хвилини, дні, часи на один об'єкт.

Такти ремонт підрозділяють на загальні та частні. Загальні такти розраховують для основних об'єктів, що ремонтуються, котрі випускає підприємство. В нашому випадку це зернозбиральні комбайни Massey Ferguson.

Для спеціалізованих ремонтних майстерень загальний такт ремонту розраховується за формулою:

$$\tau = \frac{\Phi_д}{N}, \qquad (3.12.)$$

де $\Phi_д$ - річний дійсний фонд часу роботи ремонтного виробництва, год.

N - прийнята програма сервісного підприємства, ($N = 208$). Тоді

$$\tau = \frac{2070}{208} = 9{,}95 \text{ год.}$$

Визначення такту ремонту дозволить сформувати необхідну кількість робочих і зробити попередні висновки про можливість розподілення праці. Чим менше такт, тим більша ймовірність поглибленого розподілення праці і організації поточного ремонту, що дає змогу підвищити продуктивність праці та оптимально використати обладнання.

Тривалість виробничого циклу ремонту являється найважливішим показником вдосконалення організації виробничого процесу на ремонтному підприємстві. Вона характеризується календарним періодом часу, на протязі котрого об'єкт ремонту проходить ряд операцій виробничого процесу. Цей період визначається часом, який витрачається на виконання технологічних, трансмісійних і контрольних операцій, міжопераційним часом, (тобто часом між операціями в очікуванні ремонтуємих деталей, вузлів, агрегатів, а також часом протікання режимних процесів).

Основними операціями, визначаючими тривалість виробничого циклу ремонту двигуна являються технологічні. Вони розподіляються на три групи. Це повністю залежні операції, коли початок наступної операції може наступити тільки після закінчення попередньої. Так, розбирання двигуна може початися тільки після закінчення його очищення, а очищення вузлів двигуна може розпочатися тільки після його розбирання.

Частково залежні операції, які можуть розпочинатися через даний проміжок часу від початку попередньої операції. Так, комплектування деталей може початися одночасно з проведенням операцій по дефектуванню, коли на дільниці комплектування роботи ведуться з деталями, які поступають зі складу, а вже потім з деталями, що ідуть за результатами дефектації на комплектування.

До третьої групи операцій належать цілком незалежні операції. До них можна віднести операції технологічних процесів з ремонту агрегатів паливної апаратури та інші. Як правило, ці операції проходять паралельно і незалежно одна від одної.

Тривалість перебування двигуна в ремонті буде обумовлюватись сумою тривалості всіх залежних і частково залежних операцій. Під час ремонту двигунів такими операціями, які визначають тривалість виробничого циклу, є зовнішнє миття, розбирання двигуна, обкатка і фарбування.

Операції з ремонту агрегатів комбайну проводяться паралельно. Ці операції і є основним резервом для зменшення тривалості виробничого циклу.

Тривалість виробничого циклу ремонту двигуна визначається розрахунковим або графічним способом. При цьому останній являється найбільш простим і наглядним.

Фронт ремонту визначає кількість об’єктів, які одночасно знаходяться в ремонтному виробництві і визначається за формулою:

$$f = \frac{t_p}{\tau}, \tag{3.13.}$$

де t_p - тривалість перебування двигуна в ремонті, яка визначається графічним способом;

t - розрахунковий такт ремонту (t=2,0год.).

Щоб визначити тривалість перебування двигуна в ремонті ($t_р$), необхідно збудувати лінійний графік узгодження ремонтних робіт.

Побудова графіка узгодження ремонтних робіт дозволить комплексно вирішити ряд питань. Це і визначення тривалості виробничого циклу ремонту двигуна, а також виявлення таких важливих організаційних показників, як кількість працюючих, що зайняті на різних операціях та їх завантаження по робочим місцям.

При формуванні та комплектуванні робочих місць та постів необхідно керуватися наступними положеннями:

- Роботи на робочому посту повинні бути технологічно однорідними по приладам та обладнанню;
- Кількість виконавців на пост потрібно розібрати, враховуючи зручності проведення робіт;
- Допускається недовиконання не більш 5%, а перевантаження - 15%;
- Роботи на робочих місцях повинні мати закінчений характер;
- У випадках, коли тривалість технологічної операції не може бути поділена між більшою кількістю виконавців, необхідно вводити дублюючі пости.

Сформовані таким чином робочі місця і пости дозволяють рівномірно завантажити робочих і ефективно використати основне обладнання.

Численність робочих на кожному робочому місці визначається як:

$$P_p = \frac{T_p}{\tau}, \qquad (3.14.)$$

де T_p - трудомісткість робіт на одному робочому місці (один виріб), люд.-год.

Так трудомісткість робіт на робочому посту по дефектації агрегатів та деталей складає $T_p = 9{,}92$ люд-год.

Визначимо кількість робітників на цьому посту:

$$P_p = \frac{9{,}92}{9{,}95} = 0{,}997 \text{ чол.}$$

Таким чином приймаємо одного робітника для виконання робіт по дефектуванню.

Завантаження робочих на кожному робочому місці визначається по формулі:

$$З_p = \frac{P_p}{P_{\text{пр}}} \cdot 100 = \frac{0{,}997}{1} \cdot 100 = 99{,}7\%, \quad (3.15.)$$

де P_p і $P_{\text{пр}}$ - відповідно розрахункова і прийнята кількість робочих. Число робочих місць визначаємо по формулі:

$$M = \frac{T_p}{\tau \cdot P_0 \cdot Z}, \quad (3.16.)$$

де P_0 - кількість виконувачів на одному робочому місці; Z - число робочих змін, ($Z = 1$).

Відповідно для поста дефектування будемо мати:

$$M = \frac{9{,}92}{9{,}95 \cdot 1 \cdot 1} = 0{,}97$$

Тобто одне робоче місце.

Тривалість виконання операцій по кожному робочому місці визначається по формулі:

$$t_i = \frac{T_{\text{рм}} \cdot K_{\text{з}}}{P_o}, \quad (3.17.)$$

де $K_{\text{з}}$ - коефіцієнт завантаження робочого.

Для нашого прикладу t_i для обкатки і випробування буде дорівнювати:

$$t_i = \frac{9{,}92 \cdot 0{,}97}{1} = 9{,}88$$

Аналогічно проводимо розрахунки для всіх виконуваних операцій. Завантаження робітників і їх розподілення по робочим місцям приведені в табл.3.7. На відповідному графіку зображується тривалість кожної операції в обраному масштабі у вигляді відрізків, після чого робиться обчислення тривалості циклу тільки у технологічний час.

Оцінивши тривалість виробничого циклу із лінійного графіка і підставивши його в формулу (3.13) розраховуємо основний параметр виробництва - обсяг ремонту:

$$f = \frac{51,2}{9,95} = 5,14 \text{ год.}$$

Таким чином в спеціалізованій майстерні з ремонту комбайнів одночасно буде знаходитись або п’ять або шість машин.

Таблиця 3.7.

Дані для побудови лінійного графіка узгодження ремонтних робіт

Зміст операції	Трудомісткість, люд-год	Розрах. кількість робочих, чол.	Прийнята кількість робочих, чол.	Завантаження робочого, %	Число виконавців на робочому місці,	Трудомісткість на одному робочому	Тривалість виконання роботи,
Доставка, підрозбирання, зовнішнє очищення	4,96	0,50	1,00	49,84	1,00	4,96	2,47
Очищення вузлів, агрегатів та деталей	5,41	0,54	1,00	54,37	1,00	5,41	2,94
Розбирання на вузли, агрегати та деталі	37,87	3,81	4,00	95,14	2,00	18,93	9,01
Дефектування	9,92	1,00	1,00	99,67	1,00	9,92	9,89
Ремонт молотильного апарату, транспортерів, елеваторів	51,84	5,21	5,00	104,21	1,00	10,37	10,80
Ремонт жаток	18,93	1,90	2,00	95,14	1,00	9,47	9,01
Ремонт агрегатів гідросистем	19,38	1,95	2,00	97,41	1,00	9,69	9,44
Ремонт електрообладнання	9,47	0,95	1,00	95,14	1,00	9,47	9,01
Ремонт агрегатів трансмісії	31,11	3,13	3,00	104,21	1,00	10,37	10,80
Комплектування вузлів та агрегатів	10,37	1,04	1,00	104,21	1,00	10,37	10,80
Складання комбайну	94,22	9,47	9,00	105,21	3,00	31,41	11,01

Заправка, регулювання, обкатка	62,21	6,25	6,00	104,21	3,00	31,11	10,80
Фарбування	9,92	1,00	1,00	99,67	1,00	9,92	9,89
Верстатні роботи	43,28	4,35	4,00	108,74	1,00	10,82	11,76
Слюсарні роботи	10,37	1,04	1,00	104,21	1,00	10,37	10,80
Ел.-газо зварювальні роботи	20,29	2,04	2,00	101,94	1,00	10,14	10,34
Мідницько-жестянецькі роботи	11,27	1,13	1,00	113,27	1,00	11,27	12,77

3.7. Висновки до розділу 3

Аналізуючи роботу зернозбиральних комбайнів в умовах господарств Київської області можна зробити висновок, що комбайни виробництва Massey Ferguson мають досить низьку надійність, а комбайни, які були придбані вживаними, а також ті, що мають вік більше 10 років, мають вкрай низьку надійність. Також мають середній вік 12-15 років, що теж не може не відображатись на їх надійності.

Більшість відмов господарства усувають власними силами. В основному, це електро-газозварювальні роботи або заміна агрегатів. Це пов'язано з відсутністю сервісних центрів по ремонту та обслуговуванню комбайнів, відсутність чітких взаємозв'язків між виробником комбайнів, дилером та споживачем.

Тому на сьогодні вкрай необхідна чітка система сервісу комбайнів і особливо тих, які відпрацювали гарантійний період.

На сьогодні з імовірністю 0,9 можна затверджувати, що значення середнього наробітку відремонтованого комбайну в системі сервісного підприємства (ТОВ «АгроБудівельний Альянс Астра»), до ремонта комбайна буде лежати в інтервалі 3,632...4,128 тис. г., що є досить непоганим показником.

РОЗДІЛ 4 СИСТЕМА ЗАХИСТУ ПРАЦІ Й УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Стан охорони праці в господарстві

Охорона праці в господарстві, яке експлуатує машинно-тракторний парк і займається скуповуванням та ремонтом вживаної сільськогосподарської техніки, має свої специфічні особливості та виклики.

В розглянутому ТОВ «Січ» відповідальність за стан охорони праці покладена на керівника підприємства. Є також працівник елеватора, на якого покладені обов'язки спеціаліста з охорони праці. Саме цей працівник організовує інструктажі з охорони праці при прийнятті на роботу, займається розслідуванням нещасних випадків тощо.

Основні аспекти охорони праці:

Робота з технікою вимагає суворого дотримання правил техніки безпеки через ризики механічних пошкоджень, перевантаження агрегатів та аварій.

Крім того, невідповідність технічного стану вживаної техніки вимогам безпеки створює додаткову загрозу для працівників.

У процесі ремонту використовуються різноманітні інструменти та обладнання (електрозварювальні апарати, підйомники тощо), що вимагає знань з безпечного користування.

Контакт із мастильними матеріалами, хімічними речовинами і випарами підвищує ризик для здоров'я.

Недостатнє освітлення або організація робочого простору може призвести до травматизму.

Потреба працювати в польових умовах додає ризиків через вплив погодних умов, обмежений доступ до медичної допомоги та незадовільну інфраструктуру.

Часто відсутні чіткі інструкції для роботи з новими чи вживаними агрегатами, які господарство скуповує.

Брак навчання та інструктажу з питань охорони праці збільшує

ймовірність порушення правил безпеки.

Недостатнє володіння технічними характеристиками і конструкцією техніки, особливо якщо вона була придбана вживаною.

4.2. Шкідливі та небезпечні фактори при проведенні технічного сервісу зернозбиральних комбайнів

Проведення технічного сервісу зернозбиральних комбайнів пов'язане з різними ризиками, які можуть вплинути на здоров'я працівників та безпеку виконання робіт. Розглянемо основні та найбільш часті небезпечні моменти, які трапляються в господарствах.

До ***фізичних факторів*** належать: рухомі частини механізмів, падіння з висоти, шум і вібрація, ризик ураження електричним струмом.

Під час роботи з комбайном можливий контакт з обертовими елементами, ланцюгами, ременями, які можуть спричинити травми (ушкодження рук, пальців тощо). Крім того, комбайн має значну висоту, і виконання робіт на платформах чи біля двигуна потребує використання захисних пристроїв для уникнення падіння. Робота поблизу працюючих агрегатів створює тривалий вплив шуму та вібрації, які можуть негативно позначитися на органах слуху та суглобах. Також під час перевірки чи ремонту електричних систем комбайна можливо ураження струмом через несправності або необережність.

Хімічні фактори: вплив мастильних матеріалів і палива (інколи контакт зі змазками, мастилами, паливом або іншими хімічними речовинами може викликати алергічні реакції, подразнення шкіри або отруєння парами), вихлопні гази (під час тестування двигуна на обслуговуванні можливе вдихання шкідливих газів (CO, NOx), що впливають на органи дихання).

Механічні фактори. Сюди можна віднести несправності гідравлічної системи, коли раптовий викид гідравлічної рідини під високим тиском може спричинити травми. Також часто зношені або пошкоджені компоненти можуть спричинити аварійну ситуацію (наприклад, розрив ременя або ланцюга). Крім вищенаведених факторів, ризики для працівників можуть спричинити

роботи, пов’язані з підйомом важких деталей, особливо в обмеженому просторі.

До пожежонебезпеки може призвести накопичення пилу з органічних матеріалів (зерно, солома), а також використання палива та мастильних матеріалів з порушенням правил безпеки.

4.3. Заходи безпечної роботи при проведенні технічного сервісу

При проведенні технічного обслуговування будь-якої техніки, особливо важкої та габаритної, важливо дотримуватись правил та заходів безпечної роботи, щоб уникнути травматизму.

З працівниками необхідно регулярно проводити інструктажі з охорони праці, так як основна причина травматизму при проведенні таких робіт - нехтування правилами безпеки.

Для покращення стану охорони праці необхідно забезпечити:

- регулярні технічні огляди машинно-тракторного парку та вживаної техніки перед її введенням в експлуатацію;
- обов’язковий інструктаж з охорони праці для всіх працівників, що працюють з технікою, з акцентом на особливості роботи з вживаним обладнанням;
- оснащення робочих місць необхідними засобами індивідуального захисту (каски, рукавиці, окуляри, респіратори тощо);
- контроль умов праці в ремонтних зонах: організація належного освітлення, вентиляції та безпеки електромереж;
- розробку інструкцій з безпечної експлуатації та ремонту техніки, адаптованих до конкретних моделей та умов роботи;
- своєчасна медична підтримка**:** облаштування аптечок першої допомоги та навчання працівників основам надання невідкладної допомоги.

Систематичне впровадження цих заходів дозволить знизити рівень травматизму, забезпечити безпечні умови праці та підвищити ефективність використання техніки.

Перелік заходів наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1.

Заходи безпечної роботи при проведенні технічного сервісу

Етап роботи	Потенційна небезпека	Заходи безпеки
Підготовка до роботи	Механічні травми під час переміщення обладнання	- Використовувати індивідуальні засоби захисту (рукавички, захисне взуття). - Перевірити справність інструментів.
Виконання діагностики	Ураження електрострумом	- Знеструмити обладнання перед початком роботи. - Використовувати інструменти з ізольованими ручками.
Розбирання та збирання обладнання	Пошкодження через неправильне використання інструменту	- Дотримуватись інструкцій із застосування інструментів. - Уникати використання несправного інструменту.
Використання хімічних речовин	Отруєння, опіки, подразнення шкіри	- Працювати в добре провітрюваних приміщеннях. - Використовувати захисні окуляри та рукавички.
Робота з рухомими частинами	Затягування кінцівок чи одягу в механізми	- Використовувати щільний одяг, що не має звисаючих частин. - Утримувати руки подалі від рухомих частин.
Контроль якості виконаних робіт	Помилки в роботі, що можуть спричинити несправності	- Повторно перевіряти вузли та деталі перед запуском обладнання.

Завершення роботи	Залишкові небезпеки (розлиті рідини, незакріплені інструменти)	- Прибрати робоче місце. - Утилізувати небезпечні відходи згідно з інструкціями.

4.4. Висновки до розділу 4

Організація охорони праці на підприємствах технічного сервісу є ключовим елементом забезпечення безпечних умов роботи для працівників і ефективного функціонування підприємства. Дотримання правил безпеки зменшує ризик травматизму, покращує продуктивність праці та мінімізує економічні втрати, пов’язані з аваріями та простоєм обладнання.

Для успішної реалізації заходів з охорони праці необхідно:

- **Розробляти та впроваджувати ефективну систему управління охороною праці.** Це включає регулярну оцінку ризиків, навчання персоналу та надання засобів індивідуального захисту.
- **Дотримуватися чинного законодавства та стандартів.** Забезпечення відповідності умов праці нормативним вимогам є обов’язковим для уникнення санкцій та збереження здоров’я працівників.
- **Інвестувати в модернізацію обладнання та інструментів.** Сучасне, надійне обладнання знижує ризики механічних травм і підвищує якість виконуваних робіт.
- **Створювати культуру безпеки.** Керівництво підприємства має подавати приклад у дотриманні норм безпеки та стимулювати працівників до відповідального ставлення до охорони праці.

Комплексний підхід до питань безпеки дозволяє не лише зберегти життя та здоров’я працівників, але й підвищує конкурентоспроможність підприємства, формуючи довіру клієнтів та партнерів.

РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

5.1. Розрахунок економічного ефекту розроблених заходів

У кваліфікаційній роботі виконано реконструкцію відділення обслуговування комбайнів у ФГ «Світоч». Завдяки впровадженню заходів, спрямованих на підвищення якості ремонту та організацію власного ремонтного процесу, підприємство отримує можливість повністю відмовитися від замовних послуг, які наразі складають витрати у розмірі 1320000,00 грн.

У рамках роботи було ретельно підібрано основне і допоміжне обладнання. Для забезпечення повноцінного функціонування ремонтного відділення було здійснено доукомплектування необхідним обладнанням відповідно до каталогів провідних виробників ремонтно-технологічного устаткування. Загальна вартість закупівлі становить 1560350,00 грн.

Окрім цього, для проведення перепланування приміщення заплановано витрати на знесення непотрібних перегородок та відокремлення частини будівлі, яка не використовується, що становить 980000,00 грн. Сумарна вартість заходів з реконструкції складає 2540350,00 грн.

Для визначення економічної ефективності проекту використовуються такі вихідні дані:

- Вартість виконаних ремонтних робіт;
- Рівень економії коштів за рахунок відмови від зовнішніх ремонтів;
- Амортизаційні витрати на обладнання;
- Термін окупності вкладених інвестицій;
- Очікуваний прибуток підприємства після реалізації проекту.

Розрахунки проводимо за допомогою програмного комплекса Microsoft Excel, а результати у вигляді таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

Економічна ефективність роботи

Показники	Базовий варіант	Проектний варіант
Вид робіт	Ремонт	
Об’єм ремонтних робіт, умовних ремонтів	32,50	38,90
Вартість одного умовного ремонту, грн.	71300,00	66200,00
Витрати на проведення ремонтів, грн.	2317250,00	25755180,00
Число робітників, люд.	7	8
Витрати коштів на придбання обладнання, грн.	-	1200000,00
Експлуатаційні витрати, грн.	2061051,20	2105019,24
➢ Зарплата виробничих робітників, грн.	2061051,20	1440000,00
➢ Відрахування на амортизацію обладнання та будівель і споруд, грн.	123246,60	263160,00
➢ Витрати на оплату використаної електроенергії, грн.	114600,00	261600,00
➢ Витрати на оплату ремонтних матеріалів, грн.	36973,98	78948,00
➢ Інші невраховані витрати коштів, грн.	60030,62	61311,24
Собівартість ремонтних робіт, грн.	2102272,22	2147119,62
Річний прибуток господарства від ТО та ремонтів, грн.	214977,78	428060,38
Рентабельність підприємства	10,20	19,90
Приріст прибутку, грн.	-	213082,60
Термін окупності додаткових капіталовкладень, років	-	2,80

5.2. Висновки до розділу 5

Проведено аналіз фінансових показників та визначено доцільність створення власного ремонтного відділення. Основними результатами є:

1. **Скорочення витрат на обслуговування**: Завдяки організації власного ремонтного процесу підприємство зможе зменшити залежність від замовних послуг, що забезпечить щорічну економію у розмірі 428000,00 грн.
2. **Підвищення якості ремонту**: Оснащення сервісного центру сучасним обладнанням та оптимізація ремонтних процесів сприятимуть зменшенню простоїв техніки та підвищенню її продуктивності.
3. **Оцінка економічної ефективності**: На основі вихідних даних розраховано основні економічні показники, включаючи термін окупності інвестицій та очікуваний рівень рентабельності, які відповідно становлять 2,8 років та 213000 грн. на три комбайни.

Таким чином, створення сервісного центру по обслуговуванню комбайнів Massey Ferguson є економічно доцільним та забезпечить підприємству фінансову вигоду, незалежність у ремонтах та підвищення ефективності використання техніки.

ВИСНОВКИ

Аналіз технічного стану парку зернозбиральних комбайнів показав, що близько 86-90% машин мають термін експлуатації більше 10 років. Рівень надійності та якість виготовлення зернозбиральних комбайнів вітчизняного виробництва не відповідає сучасним вимогам при експлуатації. Тому, в силу неможливості купувати нові надійні зернозбиральні комбайни закордонного виробництва аграрні товаровиробники змушені використовувати наявну техніку. Для забезпечення оперативності виконання робіт з обслуговування та усунення відмов зернозбиральних комбайнів передбачено застосування пересувних засобів обслуговування з високою швидкістю пересування, прохідністю, універсальністю. Рекомендації з використання пересувних засобів мають розроблятися на основі мінімізації втрат, пов’язаних із простоями зернозбиральних комбайнів. Для цього слід застосовувати методи математичного моделювання, зокрема, апарат теорії масового обслуговування, що дозволить оптимізувати процеси технічного обслуговування та скоротити час простоїв.

Аналіз досвіду технічного сервісу в АПК дозволив зробити висновок про те, що перспективним напрямком розвитку технічного сервісу зернозбиральних комбайнів є впровадження дилерської системи. На основі прийнятих припущень про характер потоків відмов та відновлень підсистем зернозбиральних комбайнів виявлено вплив зміни тривалості відновлення працездатності окремої підсистеми на надійність комбайна в цілому та безвідмовність зокрема. При цьому встановлено, що чим нижча ймовірність працездатного стану комбайна, тим більший вплив має зміна тривалості відновлення працездатності на безвідмовність.

На сьогодні з імовірністю 0,9 можна затверджувати, що значення середнього наробітку відремонтованого комбайну в системі сервісного підприємства, до ремонта комбайна буде лежати в інтервалі 3,632...4,128 тис. г., що є досить непоганим показником.

Організація охорони праці на підприємствах технічного сервісу є ключовим елементом забезпечення безпечних умов роботи для працівників і ефективного функціонування підприємства. Дотримання правил безпеки зменшує ризик травматизму, покращує продуктивність праці та мінімізує економічні втрати, пов’язані з аваріями та простоєм обладнання.

Таким чином, створення сервісного центру по обслуговуванню комбайнів Massey Ferguson є економічно доцільним та забезпечить підприємству фінансову вигоду, незалежність у ремонтах та підвищення ефективності використання техніки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Stepanenko, S., Kuzmych, A., Borys, A., Dnes, V., Kharchenko, S., Rogovskii, I., Golub, G., Berezovyi, M., Lutsiuk, A. (2025). Substantiating the YOLO11 architecture for determining the fractional composition of winter wheat grain mixtures. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (2 (136)), 81–92. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.338124 Q3.

2. Golub, G., Tsyvenkova, N., Rogovskii, I., Chuba, V., Nadykto, V., Omarov, I., Yarosh, Y., Chuba, I. (2025). Determining the influence of design features in agrivoltaics systems on tracking efficiency. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3 (8 (135)), 14–22. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.329837

3. Mushtruk Mikhailo, Rogovskii Ivan, Illiashenko Ivan, Melnik Viktoria, Melinik Valentina. Technological solutions for increasing the resource of crushers. Lecture Notes in Mechanical Engineering. 2025. Springer, Cham. DSMIE 2025, LNME, P. 47-59. https://doi.org/10.1007/978-3-031-95218-0_5 Scopus.

4. Tarelnyk V.B., Haponova O.P., Tarelnyk N.V., Rogovskii I.L. Improvement of surface layer quality parameters of steel parts after nitrocarburuzing by electrospark alloying method. Part 1. Features of the structural state and topography of steel surfaces after nitrocarburizing. Problems of Atomic Science and Technology. 2025. Volume 2025, Issue 2, pp. 131-137. https://doi.org/10.46813/2025-156-131. Q4.

5. Nadiia Reznik, Ivan Rogovskii, Volodymyr Havrylyuk, Inna Riepina, Volodymyr Khodakyvskyy, Tetyana Demchenko, Valerii Kotliarov. (2025). Engineering and security management of technological transformation trends of agrotronics. Studies in Big Data. Springer. volume 164. pp 289–298 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Scopus. WoS. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Q3.

6. Yablonskyi P., Rogovskii I., Virchenko G., Borek K., Volokha M., Golova O. Geometric modeling of disc furrow profile. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), (2025). Vol. 12(1), pp. E1–E9. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e1. Scopus. WoS. Q4.

7. Ivan Rogovskii, Valerii Kotliarov, Valerii Bondarenko, Volodymyr Havrylyuk, Chen Gaojiang & Li Zehao. (2024). Engineering and security management of Smart technology of agrotronics of crop production. Contributions to Finance and Accounting. Springer, Cham. Part F4082. pp 93–102 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75960-4_10. Scopus. WoS. Q4

8. Malanchuk, O., Tryhuba, A., Rogovskii, I., Titova, L., Berezova, L., Korobko, M. (2024). Differential-symbolic approach and tools for management of medical support projects for the population of communities. Project Management:

Industry Specifics. P. 105–134. https://doi.org/10.15587/978-617-8360-03-0.CH4. Scopus. Q3

9. Sheichenko, V., Rogovskii, I., Skoriak, Y., Petrachenko, D., Shevchuk, M., Sheichenko, D., Titova, L., Sivak, I. (2024). Defining patterns in the intensification of hemp stalk retting processes. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (1 (132)), 50–63. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.3150. Scopus. Q3

10. Sheichenko, V., Petrachenko, D., Rogovskii, I., Dudnikov, I., Shevchuk, V., Sheichenko, D., Derkach, O., & Shatrov, R. (2024). Determining patterns in the separation of hemp seed hulls. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(1 (130), 54–68. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.309869 Q3

11. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Tykhyi, A., Kuzyk, A., Dvornyk, A., Derkach, O., Lysenko, S., Banniy, O., & Hrynkiv, A. (2024). Revealing patterns of change in the tribological efficiency of composite materials for machine parts based on phenylone and polyamide reinforced with arimide-t and fullerene. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(12 (129), 6–18. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.304719 Q3

12. Rogovskii, I., Sivak Igor, Shatrov Ruslan, Nadtochiy Oleksandr. Agroengineering studies of tillage and harvesting parameters in soybean cultivation. Engineering of Rural Development. 2024. Vol. 23. P. 965-970. DOI: 10.22616/ERDev.2024.23.TF195. Scopus. WoS. Q3

13. Yablonskyi P., Rogovskii, I., Sobczuk H., Virchenko G., Volokha M., Vorobiov O. Computational approach to geometric modeling of plow bodies. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), Vol. 11(1), 2024, pp. E9–E18. https://doi.org/10.21272/jes.2024.11(1).e2, Scopus Q4.

14. Sheichenko, V., Petrachenko, D., Koropchenko, S., Rogovskii, I., Gorbenko, O., Volianskyi, M., & Sheichenko, D. (2024). Substantiating the rational parameters and operation modes for the hemp seed centrifugal dehuller. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2(1 (128), 34–48. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.300174. Q3

15. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Titova, L., Hrynkiv, A., Mironov, D., Volianskyi, M., Rogatynskyi, R., Solomka, O., & Lysenko, S. (2024). Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on Harrington's desirability function. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(3 (127), 37–46. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298567. Q3

16. Rogovskii, I., Reznik, N.P., Druzhynin, M.A., Titova, L.L., Nychay, I.M., Nikulina, O.V. Non-uniform field of concrete deformations of circular cross-section columns under cross bending applying digital image correlation method. Intelligent Systems, Business, and Innovation Research. Studies in Systems, Decision and Control, vol 489. pp 939–951. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0_79. Scopus. Q2

17. Rogovskii, I., Reznik N.P., Osadchuk N.V., Ivanova T.M., Zinchenko M.M., Ryzhakova H. Institutional aspects of development of budget system: theory and practice of Ukraine. Intelligent Systems, Business, and Innovation Research. Studies in Systems, Decision and Control, vol 489. pp 925–937. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0_78. Scopus. Q2

18. Volokha M., Rogovskii I., Fryshev S., Sobczuk H., Virchenko G., Yablonskyi P. (2023). Modeling of transportation process in a technological complex of beet harvesting machines. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), Vol. 10(2), pp. F1–F9. DOI: 10.21272/jes.2023.10(2).f1. DOI: 10.21272/jes.2023.10(2).f1 Q4

19. Romaniuk W. Rogovskii I., Polishchuk V. Titova L. Borek K. Shvorov S. Roman K. Solomka O. Didur V. Biletskii V. Study of technological process of fermentation of molasses vinasse in biogas plants. Processes. 2022. Vol. 10. Issue 10. P. 2011. https://doi.org/10.3390/pr10102011. Q2.

20. Romaniuk W., Rogovskii I., Polishchuk V., Titova L., Borek K., Wardal W.J., Shvorov S., Dvornyk Y., Sivak I., Drahniev S., Derevjanko D. Study of methane fermentation of cattle manure in the mesophilic regime with the addition of crude glycerine. Energies. 2022. Vol. 15. Issue 9. P. 3439. https://doi.org/10.3390/en 15093439. Scopus. Q1.

21. Rogovskii I., Titova L., Sivak I., Berezova L., Vyhovskyi A. Technological effectiveness of tillage unit with working bodies of parquet type in technologies of cultivation of grain crops. Engineering for Rural Development. 2022. Vol. 21. P. 884-890. https://doi.org/10.22616/ ERDev.2022.21.TF279. Q3

22. Rogovskii I., Titova L., Shatrov R., Bannyi O., Nadtochiy O.: Technological effectiveness of machine for digging seedlings in nursery grown on vegetative rootstocks. Engineering for Rural Development. 2022, Vol. 21, pp. 924-929. https://doi.org/10.22616/ERDev.2022.21.TF290. Q3

23. Rogovskii, I., Lyubarets, B., Borek, K. Analyticity of non-stationary processes of change in diagnostic parameters of hydrostatic transmissions of harvesters. Machinery and Energetics, 2022, 13(1), pp. 67–76 Q4

24. Kresan, T., Pylypaka, S., Ruzhylo, Z., Rogovskii, I., Trokhaniak, O. Construction of conical axoids on the basis of congruent spherical ellipses. Archives of Materials Science and Engineering, 2022, 113(1), pp. 13–18.

25. Rogovskii, I.L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. Machinery and Energetics, 2021, 12(1), pp. 137–146.

26. Rogovskii, I.L. Resource of removal expenses for strong agricultural period of volume of operations. Machinery and Energetics, 2021, 12(2), pp. 123–131.

27. Rogovskii, I.L. Influence of operating failure of agricultural machines on efficiency of their machine use. Machinery and Energetics, 2021, 12(3), pp. 157–166.

28. Rogovskii, I.L. Analyticity of complex criteria for evaluation of grain production in agricultural enterprises intensification of engineering management. Machinery and Energetics, 2021, 12(4), pp. 129–138

29. Ivan Nazarenko, Iryna Bernyk, Oleg Dedov, Ivan Rogovskii, Mykola Ruchynskyi, Ivan Pereginets, Liudmyla Titova. Research of technical systems of processes of mixing materials. Dynamic processes in technological technical systems. Kharkiv: PC Technology Center. 2021. P. 57-76. https://doi.org/10.15587/978-617-7319-49-7.ch4. Scopus.

30. Nazarenko, I., Delembovskyi, M., Dedov, O., Onyshchenko A., Rogovskii, I., Nazarenko, M., Zalisko, I. Study of reliability of technical systems reliability. Dynamic processes in technological technical systems, 2021, pp. 110–139. https://doi.org/10.15587/978-617-7319-49-7.ch7.

31. Kresan, T., Pylypaka, S., Ruzhylo, Z., Rogovskii, I., Trokhaniak, O. Rolling of a single-cavity hyperboloid of rotation on a helicoid on which it bends. Engineering Review, 2021, 41(3).

32. Palamarchuk I., Rogogvskii I., Titova L., Omelyanov O. Experimental evaluation of energy parameters of volumetric vibroseparation of bulk feed from grain. Engineering for Rural Development. 2021. Vol. 20. P. 1761-1767. https://doi.org/10.22616/ERDev.2021.20.TF386.