

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

01.12 – МКР. 2401 –Є” 2023.12.29.021 ПЗ

НОСЕНКО СЕРГІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

2024 р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет _____ конструювання та дизайну _____
УДК 681.533.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
надійності техніки
(назва кафедри)

доц. _____ Новицький А.В.
(підпис) (ПІБ)
— ” _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему **«Підвищення надійності обладнання переробної промисловості з
удосконаленням системи технічного обслуговування та ремонту»**

Спеціальність 133 - «Галузеве
машинобудування»
(код і назва)

Спеціалізація _____
Магістерська програма «Технічний сервіс машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., доц. _____ Новицький А. В.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Керівники магістерської роботи

К.Т.Н., доцент _____ Харьковський І. С.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ керівника)

К.Т.Н., доцент _____ Новицький А. В.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ керівника)

Виконав

_____ Носенко С. М.
(підпис) (ПІБ студента)

Форма № Н-9.01

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри надійності техніки
к.т.н., доцент Новицький А.В.
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)
— ” _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА

Носенку Сергію Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(код і назва)

Освітня програма «Технічний сервіс машини та обладнання сільськогосподарського виробництва»
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи **«Підвищення надійності обладнання переробної промисловості з удосконаленням системи технічного обслуговування та ремонту»**

затверджена наказом ректора НУБіП України від «29» 12. 2023 р. №2401 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 14.11.2024 р.
(рік, місяць, число)

Вихідні дані магістерської кваліфікаційної роботи: 1. Перелік та характеристики насіння олійних культур, які використовуються при виробництві олії. 2. Керівні матеріали, технічні характеристики машин з виробництва олії. 3. Стратегії ТО і ремонту машин переробної промисловості. 4. Каталоги обладнання переробки насіння олійних культур.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Організація технічного обслуговування та ремонту обладнання для переробки насіння олійних культур.

2. Удосконалення системи управління надійністю обладнання для переробки насіння олійних культур.

Перелік графічного матеріалу (за потреби) 1. Тема МР, предмет, об'єкт і методи дослідження. 2. Мета і задачі досліджень 3. Аналітичні залежності

забезпечення надійності обладнання з переробки насіння олійних культур. 4. Схема формування надійності обладнання з переробки насіння олійних культур. 5. Програма і методика експериментальних досліджень. 6. Стратегії забезпечення надійності ОМНОК. 7. Система управління надійністю обладнання для переробки насіння олійних культур. 8. Результати техніко-економічного обґрунтування. Висновки.

Дата видачі завдання «27» вересня 2023 р.

Керівник магістерської роботи

(підпис)

Харьковський І. С.

(прізвище та ініціали)

Новицький А. В.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Носенко С. М.

(прізвище та ініціали студента)

ЗМІСТ

Вступ.....	6
Розділ 1. Організація технічного обслуговування та ремонту обладнання для переробки насіння олійних культур і підвищення його надійності.....	8
1.1 Аналіз системи виробництва та переробки насіння олійних культур.....	8
1.2 Стан системи технічного обслуговування та ремонту обладнання переробних підприємств.....	18
1.3 Система технічного обслуговування, ремонту та управління надійністю обладнання у суміжних галузях.....	25
1.4 Висновки та завдання дослідження.....	31
Розділ 2. Системні дослідження надійності обладнання з переробки насіння олійних культур та організації робіт з технічного обслуговування та відновлення.....	34
2.1 Взаємозв'язок надійності ОПНОК та організації його ТОВ..	34
2.2 Теоретичний взаємозв'язок показників надійності та організації ТОВ працездатності ОПНОК.....	37
2.3 Забезпечення працездатності ОПНОК резервуванням.....	43
Розділ 3. Програма і методика досліджень надійності ОПНОК.....	47
3.1 Пошук оптимальних умов організації ТОР ОПНОК методом планування експериментів.....	47
Розділ 4. Результати дослідження методів підвищення надійності шляхом вдосконалення організації ТО та відновлення ОПНОК.....	52
4.1 Обґрунтування параметрів переробного підприємства з виробництва олії.....	52
4.2 Результати дослідження причин відмов і закономірностей потоків відмови відновлення ОПНОК.....	56
4.3 Дослідження організації системи технічного обслуговування ОПНОК	58

4.4 Вплив організації системи технічного обслуговування та ремонту на надійність ОПНОК.....	60
Висновки.....	70
Список використаної літератури.....	71

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АПК – агропромисловий комплекс;

МТП – машинно-тракторний парк;

ОППП – олійно-переробні підприємства;

ОПНОК – обладнання для переробки насіння олійних культур;

ПН – показники надійності;

РОБ – ремонтно-обслуговуюча база;

СУН – система управління надійністю;

ТОР – технічне обслуговування і ремонт;

ТЕО – техніко-економічне обґрунтування;

ВСТУП

В останні роки ефективність виробництва олії визначається інженерно-технічними питаннями виробництва. Оскільки основними країнами – виробниками обладнання для переробки насіння олійних культур є країни, доставка вузлів, деталей і частин технологічного обладнання, що вийшли з ладу, є ускладнена і пов'язана зі значними витратами часу та коштів, а простої з технічних причин завдають істотних збитків, необхідне створення системи та служб з ТО та відновлення обладнання як безпосередньо на самих підприємствах так і в регіоні. Для великотоннажних переробних підприємств, частка яких у Ростовській області становить близько 70%, доцільно створення власних служб ТО задля забезпечення надійності технологічне обладнання. За аналог імовірно можна прийняти службу «головного механіка підприємства чи головного інженера» та деякі елементи інженерної служби сільськогосподарського підприємства. Представляє інтерес та служби управління надійністю в таких галузях, як мережеві енергетичні компанії та підприємства з ремонту авіаційної техніки.

Основним напрямом підвищення ефективності переробки олійного насіння з урахуванням обумовленого зростання вартості основного технологічного обладнання, яка в останні роки зросла від 25 до 55%, є створення системи керування надійністю ОПНОК та вдосконалення організації його технічного обслуговування та відновлення.

Наукова гіпотеза досліджень. Підвищити надійність функціонування ОПНОК можна вдосконаленням організації його технічного обслуговування та відновлення працездатності на олійно-добувних підприємства різного тоннажу.

Робоча гіпотеза. Удосконалення організації ТОР можливе шляхом знаходження оптимального співвідношення між витратами на технічний сервіс та втратами від непродуктивних простоїв олійно-переробного обладнання на базі експериментальних даних про показники його надійності

та трудомісткості операцій ТОР, із урахуванням використання наукових підходів – структурних схем надійності, марківських ланців, резервування.

Мета дослідження: підвищення показників надійності функціонування обладнання для переробки насіння олійних культур за допомогою вдосконалення організації ТОР.

Об'єкт дослідження: організація та методи підвищення надійності обладнання для переробки насіння олійних культур за його ТОР.

Предмет дослідження: надійність обладнання для переробки олійного насіння культур, закономірності потоків його відмов та відновлень, організація його ТОР.

Питання забезпечення експлуатаційної надійності ОПНОК за їх актуальності досліджено недостатньо. На підставі виконаного аналізу стану виробництва насіння олійних культур в областях України, вивчення тенденцій та вимог до експлуатаційної надійності ОПНОК, управління надійності обладнання, сформульована робоча гіпотеза, про те, що потрібне додаткове наукове обґрунтування методів удосконалення управління експлуатаційною надійністю ОПНОК на базі даних про показники його експлуатаційної надійності та трудомісткості операцій усунення відмов, технічного обслуговування та поточних ремонтів.

РОЗДІЛ 1. ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ НАСІННЯ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР І ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО НАДІЙНОСТІ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

1.5 Аналіз системи виробництва та переробки насіння олійних культур

Розглянули актуальність питання виробництва рослинних олій, що визначають важливість управління надійністю та ефективністю обладнання для переробки насіння олійних культур (ОПНОК) під час його експлуатації. Проблема має мінімум три аспекти: предмет праці (рослинна сировина – соняшник та інші олійні культури), знаряддя праці ОПНОК та організація його ТО та ремонту. Вивчивши генезис цього питання (предмету праці), встановили: соняшник вирощувався північноамериканськими індіанцями з третього тисячоліття до н.е. П'ять століть тому соняшник був завезений до Європи іспанськими колонізаторами, а в 1716 р. зареєстрований перший патент на виробництво олії з насіння соняшнику в Англії. Через 53 роки соняшник почали обробляти як олійну культуру у промислових масштабах. В Російській імперії першу олійницю в 1829 р. зробив Д.С. Бокар'єв, у слободі Олексіївка. За його прикладом у цій слободі стали будувати олійниці й інші жителі на своїх подвір'ях. Перший завод побудували підприємці Олексіївки в 1833 р. Справа виявилася досить прибутковою, тому в 1956 р. у пізніше розпочав роботу олійно-екстракційний завод. З цього часу йде відлік олійно-жирової галузі.

Питання використання олії в наш час визначається низкою факторів, основним з яких є той факт, що рослинні олії незамінні для харчових цілей. Постійно зростає вживання людиною в їжу рослинних олій як в чистому вигляді, і у складі майонезів, соусів, консервів, кондитерських виробів. Широко використовують рослинні олії в промисловості для виробництва лакофарбових виробів для виробництва темперних фарб, мила, косметичних

засобів. З нього роблять основи для обробки шкір, а також гліцерин і жирні кислоти. У медичній практиці застосовують рідкі рослинні олії (касторове, мигдалеве), олійні емульсії. Основою лікарських мазей є лляна, мигдалева, обліпихова, оливкова, соняшникова та інші олії.

Цікаво зазначити, що населення нашої країни відрізняється смаковими уподобаннями стосовно рослинних олій: на відміну від США, де люблять арахісову та соєву олії, наші громадяни переважно вживають соняшкову, і меншою мірою (переважно через цінову політику) – оливкову. З цієї причини структура споживання в Україні відрізняється від структури споживання рослинних олій у інших європейських країнах, США та Канаді, державах. В Україні користуються попитом і активно споживаються населенням олії, вироблені з насіння таких олійних культур, як соняшник та гірчиця, льон та гарбуз, меншим попитом користується кукурудзяна олія.

У світі також виробляється мільйони тонн пальмової олії, яка імпортується з Малайзії та інших країн південно-східної Азії. Але якщо в Євросоюзі вона обмежено використовується в їжу, то в Україні широко використовується при виробництві продуктів з молока: тваринний жир замінюють на пальмову олію. Застосовують пальмову олію при виробництві кондитерських виробів, хлібобулочної продукції. Значний попит на пальмову олію негативно вплинув на виробництво молока, широкий спектр його використання у харчовій промисловості призвів до скорочення попиту на натуральне молоко та продукти його переробки, що спричинило скорочення поголів'я молочного череди. Його користь для організму людини не доведена, а економічна шкода безсумнівна. Імпортуючи пальмову олію, ми позбавляємо тваринництво цінного корму (шроту), а харчову та медичну промисловості – сировини, оскільки перероблений шрот та інші продукти, що залишилися після віджиму, використовується в кондитерській промисловості при приготуванні казинаків, халви тощо, у медичній – для виробництва БАДів та лікарських засобів.

Україна є найбільшим виробником у світі та постачальником на зовнішні ринки насіння соняшнику і соняшникової олії. Цього вдалося досягти завдяки стабільності внутрішнього ринку соняшнику, що підтверджується постійним попитом переробних підприємств і експортерів упродовж сезону, високими закупівельними цінами, які забезпечують високий рівень рентабельності цієї культури.

Зупинимося на соняшнику як основній олійній культурі та її олії, яка містить біологічно активні речовини. Це вітаміни А, D, Е та К, а також фосфати, магній, калій та ряд необхідних для живих організмів мікроелементи. Науково встановлений факт: маслонасіння сучасних сортів та гібридів соняшнику містять 55-60% лінолевої та 30-35% олеїнової кислот.

Переробка олійного насіння інтенсифікується виробництво продуктів харчування, економічно вигідна та з точки використання природних ресурсів – доцільна. При віджимі олії виробляється як основний, а й побічний продукт – це лушпиння. З нього можливе одержання етилового спирту, кормових дріжджів. У подрібненому вигляді лушпиння - високоенергетичний корм для жуйних тварин. Кошки соняшнику та лушпиння підвищують жирність молока.

Ефективність олії видобутку з насіння соняшника – це не тільки висока рентабельність, а й виробництво сировини для переробки та кормів для тварин. Зазначимо наступне: соняшник – найбільш економічно вигідна польова культура: при врожайності 32 ц/га з кожного га можна 1708 кг олії, а також побічний продукт – 1152 кг шроту (у ньому міститься 432 кг протеїну), 720 кг лушпиння. З такого її кількості можна виробити 50,4 кг дріжджів.

Розглянувши тенденції виробництва олії визначили наступне. Український сектор виробництва олії – найбільш динамічно розвиваючий ся сектор сільськогосподарського виробництва. Сировина для виробництва рослинних олій - це переважно соняшник. Чотири групи зовнішніх факторів сприяють збільшенню виробництва соняшнику: економічні (високорентабельна культура, що має попит як сировина з сторони

маслодобувних підприємств та фірм-експортерів маслорасіння), фінансових (вигідна експортна культура), технологічних (соняшник необхідний як сировина для переробних, харчових, медичних підприємств, для комбікормової промисловості та для рибоконсервних комбінатів та баз рибальського флоту), фактори продовольчої безпеки (мал. 1.1).



Рис. 1.1 Фактори зростання виробництва рослинної сировини для переробки

Збільшення обсягів олійного видобутку при переробці олійного насіння підвищує вимоги до ОПНОК в процесі експлуатації. Суттєві обсяги виробництва олії та висока продуктивність ОПНОК збільшують збитки від простою обладнання підприємств олійного виробництва за рахунок зростання вартості втрати продуктивності, зниження обсягу випуску продукції. Наприклад, добовий простій підприємства потужністю в одну тис. т на добу призводить до недовипуску олії в межах 550 т. При цьому відбудеться зниження доходу підприємства в обсязі 24,75 млн. грн (при ціні виробника 45 тис. грн./т).

Розглянемо систему переробки олійного насіння в Україні. У другій половині минулого століття в Україні відбулася інтеграція сільськогосподарського виробництва, обслуговуючих та допоміжних виробництв для виготовлення основних фондів (тракторів, комбайнів,

сільськогосподарських машин) для села, а також добрив та засобів захисту рослин та тварин. До складу цієї інтеграції увійшли підприємства, переробна рослинна та тваринницька сировина, яка була продуктом діяльності відповідних галузей сільського господарства.

Для координації дій галузей, планування та прогнозування було створено міністерства сільського господарства, молочної, харчової галузей, міністерство сільськогосподарського машинобудування та машинобудування для тваринництва. Комплекс, що утворився, був пов'язаний між собою виробничими ланцюжками, і отримав назву агропромисловий комплекс (АПК). Згодом, у вісімдесяті роки, всі перелічені Міністерства увійшли до складу Всесоюзного агропромислового комітету.

З моменту незалежності України було створено відповідну систему і виділено в окрему підгалузь АПК олійно-жировий підкомплекс. Його виробнича мета була визначена як виробництво та переробка насіння олійних культур, тобто маслодобування, а також подальша глибока переробка сировини та напівфабрикатів у різні види продукції: рафінована, нерафінована та технічна рослинні олії, макуха, шрот.

Підприємства та комбінати масложирового підкомплексу виконували подальшу глибоку переробку зазначеної сировини та напівфабрикатів у халву, казинаки, маргарини, жири та топлені суміші, комбіжири, дріжджі, мило та інші миючі засоби, етиловий спирт, лікарські засоби та біодобавки, лаки та фарби. Для переробки олійного насіння культур були створені середньо- та великотоннажні олійно-добувні заводи, олійноекстракційні заводи (ОЕЗ), олійно-жиркомбінати. Дрібні олійні цехи були закриті.

З початком реформування економіки України та відмови від планового господарювання агропромисловий комітет УРСР було скасовано, а АПК дезінтегровано.

Сільськогосподарські підприємства були реорганізовані на кооперативи, селянські господарства, господарські товариства та товариства. Переробні підприємства та комбінати були приватизовані і багато з них

припинили існування. Набула поширення фермерська переробка насіння соняшнику, для чого на заводах було організовано виробництво обладнання для переробки олійного насіння в невеликих обсягах. Олійні цехи створювалися й у реорганізованих сільськогосподарських підприємствах. Створення переробки безпосередньо сільськогосподарськими товаровиробниками підвищувало рентабельність їх виробництва. Фермери в дев'яності роки переключилися на виробництво соняшнику та інших олійних культур, переробку їх насіння. Але були складнощі зі збутом.

З розвитком мережевих торгових підприємств доступ на ринок фермерській олії був обмежений економічно. Дія цього та інших факторів призвели до того, що фермери і сільськогосподарські організації стали відмовлятися від власної переробки та продавали сировину великим переробникам, які мали можливість більш глибокої переробки сировини та експорту своєї продукції.

З початком нового тисячоліття посилилася концентрація капіталу як у виробництві сільськогосподарської сировини, а також у її переробці. Подальшого розвитку набула вертикальна агропромислова інтеграція, розвивалися агропромислові холдинги та сільськогосподарські організації.

Підприємства олійно-жиро галузі України умовно можна розділити на три категорії. На сьогодні в Україні налічується близько 10 виробників олії, які контролюють до 90 % всього виробництва. До першої категорії належать найбільші виробники соняшnikової олії в Україні:

- ДП «Сан-трейд» (Bunge Ltd.);
- ЗАТ «АТ Каргілл» (Cargill Inc.);
- ЗАТ «Євротек»;
- ОДО «Холдинг «Зерноторгова компанія»»;
- холдинг «Кернел Групп»;
- промислова група «КМТ»,
- ВАТ «Одеський олійножировий комбінат»;
- ПАТ «Пологівський олійноекстракційний завод»;

- Укролія.

До другої категорії належать дрібні виробники рослинної олії в компаніях, для яких виробництво рослинної олії не є основним видом діяльності. Зазначені переробні підприємства, більш залежні від ситуації на внутрішньому ринку, оскільки в них налагоджено виробництво дрібних партій рослинної олії. Представлені виробники виробляють 10-30% від загального обсягу соняшникової олії в Україні.

До третьої категорії відносяться виробники жиролоїної продукції відносяться маргаринові заводи, миловарні комбінати та невеликі олійні фермерських підприємств.

Починаючи з 2006 року проводиться реконструкція олійно-жирової галузі. Застосовувані при реконструкції та модернізації інноваційні технології інтегрували традиційні механічні (очищення та обрушення шляхом відділення лушпиння від ядер, подрібнення насіння олійних культур); дифузійні та теплові процеси, гідромеханічні, хімічні та біохімічні процеси. В даний час технологія олійного виробництва та склад ОПНОК залежить від фізико-механічних властивостей насіння, їх природи, від подальшого використання олії. За технологічною ознакою процеси поділяються на підготовчі: зберігання олійного насіння; підготовка до вилучення олії, та основні до яким відносять: вилучення олії, рафінація, розлив та упаковка.

Поширені дві основні схеми олійного видобутку: завершуються пресуванням міцели та завершуються екстракцією. У загальному обсязі виробництва олійних культур в Україні соняшник займає понад 90 %, а в структурі посівних площ не менше 10 %. Щорічний валовий збір постійно збільшується і 2015 року досяг рекордної цифри – 11,2 млн т. Країна посідає перше місце в світовому рейтингу, забезпечуючи від 20 до 24 % світового виробництва соняшнику.

Загальною особливістю галузі є боротьба за основну сировину — насіння соняшнику. Щодо цього питання слід зазначити, що намагаючись

завантажити основні потужності, найбільші компанії в останній час пропонують максимальні ціни на закупівельну сировину. Це призвело до того, з початку 2004 р. внутрішні ціни на насіння соняшнику перевищують світові. Високі внутрішні ціни зумовлюють те, що соняшникова галузь є рентабельною та привабливою для інвесторів. За даними міністерства АПК, насіння соняшника було найприбутковішою аграрною продукцією України в період 2015-2022 років з рентабельністю 80,5%.

Відкриття європейського ринку 2014 (односторонньо з боку ЄС), липні і серпні 2014 збільшила поставки соняшникової олії на європейський ринок і надалі планує наростити обсяги експорту рафінованої продукції^[6]. Розглядаючи перспективи участі України у світовому ринку соняшникової олії важливо відзначити, що за оцінками міжнародних компаній – трейдерів, дефіцит соняшникової олії в країнах ЄС в найближчі роки буде зберігатись на рівні 2 млн т на рік, що дозволить Україні, в разі підписання ЗВТ з ЄС, зміцнити свої позиції в регіоні. З часом було виділено класифікацію олійно-виробничих підприємств за обсягом випуску рослинних олій та встановлено, що понад 50% складає виробництво рослинних олій на олійно-екстракційних заводах та холдингах, тобто на великоможних підприємствах.



Рис. 1.2 Класифікація підприємств з переробки насіння олійних культур

Що стосується дрібнотоннажних фірм, то вони забезпечують близько 27-35% випуску рослинних олій.

Багатотонні ОПНОК з продуктивністю до 3000 т за добу використовують МЕЗ. Середньотоннажне ОПНОК має годинну продуктивність до 12,00 т, що складає до виробництва олії до 300 т на добу. Дрібнотоннажне обладнання використовується фермерами та приватними підприємствами, його потужність не перевищує 1...7 т/год. змінного часу.

Якщо велике та середньотонне виробництва практикують дворазове пресування холодним («холодний віджим»), холодно-гарячим, гарячим способом, застосовують технології екстракції та екструзії, то дрібнотоннажні підприємства обмежуються незакінченим циклом виробництва з отриманням олії гарячим та холодним способами без розфасовки та дезодорування.

Перші тяжіють до великих міст, другі розташовані у місцях виробництва сировини. Для підприємств різного тоннажу властиві специфічні особливості технології переробки, оскільки застосовується різне устаткування. Перша група підприємств нечисленна, але при цьому вона забезпечує більше половини виробництва рослинних олій та інших продуктів переробки насіння олійних культур.

Найбільш численною групою підприємств є друга: середньотоннажні олійно-добувні підприємства (ОДП) та олійні цехи (див. рис. 1.2). Не менш чисельною є третя група. Технологія переробки за групами відрізняється, оскільки підприємства першої групи (ОЕЗ) використовують найбільш досконале, як правило

імпортне, обладнання для ПНОК. Вони мають службу головного механіка, виконують ТО і ремонт відповідно до регламентів фірм-виробників власними силами та на потужностях фірм-дилерів. Організація ТО та ремонту на підприємствах та ОЕЗ даної групи не входило завдання наших досліджень. Як об'єкти досліджень були визначені олійно-добувні підприємства та олійні цехи другої групи, їх інженерні служби та організація ТО, а також виконання ТОР для підприємств третьої групи як послуги з технічного сервісу.

Таким чином, зазначимо, що за останні 10 років потужності з переробки олійного насіння подвоїлися, але посівні площі, зайняті олійними культурами, практично не збільшилися. Щоб запобігти недовантаженню потужностей, підприємства переходять на видобування олій з таких культур як ріпак, гірчиця, соя, льон.

До теперішнього часу олійно-жировий підкомплекс виробляє рослинні олії не тільки з насіння соняшнику, але і з ріпаку, льону, кукурудзи, гарбузового насіння та ін.

Дослідження підприємств олійного виробництва показало, що встановлене та використовуване для обладнання для ПНОК вимагає в процесі його експлуатації належну організацію ТОР для підтримки необхідного та достатнього рівня його ефективності та надійності.

Розглянувши та вивчивши питання виробництва насіння олійних культур, були встановлені фактори зростання виробництва рослинної сировини: економічних (високорентабельна культура, що має попит як сировина з боку олійних підприємств та фірм-експортерів олійного насіння), фінансових (вигідна експортна культура), технологічних (соняшник необхідний як сировина для переробних, харчових, медичних підприємств, комбікормової промисловості та для рибоконсервних комбінатів та баз рибальського флоту) і забезпечення продовольчої безпеки.

При виробництві олійних культур за роками мають місце цикли збільшення та зменшення площ посівів. Розвиток технологій олійного видобутку зробило рентабельним виробництво рослинних олій із сировини з олійністю менше десяти відсотків, що збільшило сировинну базу виробництва рослинних олій.

Така важлива проблема, як управління надійністю ОПНОК стоїть гостро, оскільки обсяги виробництва і видобутку олії значущі для олійножирового підкомплексу АПК, а прості ОПНОК призводять до багатомільйонних збитків не тільки на великотоннажних, а й на середньотонажних виробництвах.

Аналізом літературних джерел встановлено, що необхідне наукове обґрунтування вдосконалення організації ТОР олійнодобувних підприємствах середнього та малого тоннажу, розвиток організації технічного сервісу як послуги для невеликих олійних цехів з метою забезпечення працездатності машин та підвищення показників їх надійності.

1.6 Стан системи технічного обслуговування та ремонту обладнання переробних підприємств

Наукове забезпечення АПК виконує ряд науково-дослідних інститутів в Україні, у стінах яких розробляються нові машини, обладнання та технології, удосконалювалися методи та засоби ТОР.

УкрНДІОЖ НААН – головна наукова установа з наукового забезпечення олійно-жирової галузі України. УкрНДІОЖ НААН виконує фундаментальні і прикладні дослідження щодо фізико-хімічних процесів поглибленої переробки насіння олійних культур, олій та жирів для виробництва повноцінних харчових продуктів. Наукова установа здійснює розробку нормативно-законодавчої та нормативно-технічної документації і є базовою організацією метрологічної служби, яка створена для координації робіт із забезпечення єдності вимірювань та методичного керівництва метрологічними службами підприємств і організацій галузі агропромислового комплексу, включаючи олійно-жирову галузь.

Ряд установ та організацій НААН, досліджували питання надійності та ефективності експлуатації машинно-тракторного парку (МТП), організація ТО та ремонту тракторів, комбайнів та сільськогосподарських машин, а також відновлення зношених деталей.

Відповідно до наукових рекомендацій на переробних підприємствах та комбінатах були створені інженерні служби та відділи головних механіків, які займалися питаннями технічного обслуговування та ремонту. Організація ТО обладнання з переробки насіння олійних культур (ОПНОК) було

побудовано на науковій основі та інженерно-економічних розрахунків. Розрахунок проводився, виходячи з обсягу та номенклатури ремонтно-технічних робіт, з використанням нормативів потреби у запасних частинах, ремонтних матеріалах, нормативів витрат праці, чисельності працівників та заробітної плати.

Методика інженерного розрахунку організації ТОР ОПНОК передбачала наступні етапи:

- уточнювався склад технологічного обладнання олійно-добувного підприємства за даними інженерної служби, бухгалтерського обліку, оперативної та календарної звітності;
- з використанням нормативів визначався обсяг ремонтно-обслуговуючих робіт (РОБ);
- розроблялися графіки проведення планових ТО;
- на базі технології проведення ТО встановлювався склад технологічного обладнання для ТО та ремонту;
- знаючи склад обладнання та обсяг РОБ, розраховували необхідну кількість бригад та постів ТО та ремонту;
- розроблялася організаційна схема ТО і ремонту;
- виконувалося техніко-економічне обґрунтування організації ТО та ремонту.

Значним недоліком планової економіки у сфері ТОР та інженерних служб було домінування у роботі інженерно-технічних працівників питань постачання обладнанням та запасними частинами для ремонту та ТО, так як планова економіка створювала дефіцит, у тому числі у сфері ТО та ремонту. Згідно з відомими методиками, розглядають обладнання за ієрархічною схемою.

До функціональних елементів відносять деталі та складальні одиниці. Між елементами простежуються прямі та непрямі функціональні зв'язки. Перші з них з'єднують елементи в агрегати та вузли, другі – функціонально створюють умови працездатності елементів. Наприклад, зниження

фрикційного зносу за допомогою застосування олій, консистентних та твердих мастил, а також забезпечення працездатності за рахунок використання технологічних рідин, електроживлення, комунікації та ін. При порушенні прямих зв'язків обладнання стає непрацездатним, тобто виникає відмова, при відмові непрямих зв'язків – погіршуються умови функціонування обладнання, тобто знижується ресурс.

Непрямі зв'язки – це паралельні системи, які і належать до ТЗ, їх характеризує організація забезпечення надійності технічного сервісу, тобто функціонування паралельних систем.

Визначення вологи проводиться згідно з ДСТУ ISO 665:2008 «Насіння олійних культур. Визначення вмісту вологи та летких речовин (ISO 665:2000, IDT)». Визначення домішок — згідно з ДСТУ ISO 658:2006 «Насіння олійних культур. Метод визначення вмісту домішок (ISO 658:2002, IDT)». Визначення вмісту олії у насінні здійснено згідно з ДСТУ ISO 659:2007 «Насіння олійне. Визначення вмісту олії (контрольний метод) (ISO 659:1998, IDT)», ДСТУ 7096:2009 «Насіння олійне. Визначення вмісту олії методом прискореного екстрагування розчинниками». Визначення об'ємної ваги насіння соняшнику — згідно з ДСТУ 4694:2006 «Соняшник. Олійна сировина. Технічні умови».

До основних факторів, що впливають на ПН вчені у своїх дослідженнях називають високу ринкову вартість запасних частин і відповідно збільшення пропорційно вартості запасних частин витрати на ТО та ремонт, на відновлення обладнання, що відмовило, і машин [27]. Доцільність удосконалення організація технічного сервісу заснована на значному збільшенні збитків від простоїв технологічного обладнання олійно-видобувних підприємств. Сьогодні слід зменшити експлуатаційні витрати на одиницю напрацювання, враховуючи: що чим вище якість і вартість ОПНОК, тим менше експлуатаційні витрати.

Дослідженнями встановлено закономірність; при зниженні $K_{\text{ТВ}}$, знижується ефективність виробництва, а ресурс, періодичність ТО та

організація ТОР взаємопов'язані. Паралельна система зменшує зношування та продовжує ресурс, тобто збільшення витрат на ТО збільшує напрацювання на відмову та ресурс, і навпаки. Аналогічно створення системи управління надійністю впливає показники надійності.

При організації ТО та СУН ОПНОК доцільно враховувати результати досліджень про взаємозалежності ресурсу, зносу та організації ТО, вартісні втрати за період зносу від 0 до Z_v , який має три групи, що характеризуються: непрацездатним станів ОПНОК, станом припинення функціонування та параметричні відмови, коли ОПНОК ще працює, але параметри випускної продукції не відповідають нормативним. Також є дослідження про визначення моменту часу, досягненню якого ресурс машини (вузла, агрегату) матиме такий знос, що подальше її відновлення економічно не вигідно.

Питаннями ТО займалися вчені Г.В. Веденяпін, І.С. Левитський, М.І. Лернер, В.М. Міхлін, методами ТО та ремонту на основі ресурсів спеціалізованих ремонтних організацій – Ю.А. Конкін, М.Я. Розповідей, А.П. Соломкін, В.І. Черноіванів, С.С. Черепанів.

Питання вдосконалення взаємин в аграрному секторі досліджували вчені В.М. Краснощоків, Ю.Ф. Халупа.

Експлуатаційна надійність систем в АПК розглядалася такими авторами як Н.П. Алексенко, Н.В. Валуєв, В.П. Димитров, В.М. Курочкін, А.Т. Лебедев, С.Л. Нікітченко, О.М. Куцова та ін.

Актуальним питанням досліджень організації технічного обслуговування та ремонту ОПНОК є підвищення його експлуатаційної надійності на базі отриманих даних про відмови та трудомісткості технічного обслуговування, поточних ремонтів та усунення відмов. Необхідна розробка математичних моделей для обґрунтування раціональних параметрів та режимів управління надійністю за допомогою удосконалення технічного сервісу ОПНОК, що може забезпечити підвищення показників надійності та зниження витрат. З досвіду вивчених результатів досліджень математичне

моделювання може бути виконано на базі теорії масового обслуговування – Марківських процесів та їх додатків.

Головною організацією в галузі ТО та ремонту техніки, обладнання для АПК, протягом багатьох десятиліть залишався УкрНДІОЖ. Він володіє у своєму розпорядженні потужною експериментальною базою та лабораторіями, що проводять провідними фундаментальними та прикладні дослідження. Лабораторія розробила концепцію модернізації інженерно-технічної системи (ІТС). У програмі зазначено п'ять основних напрямів, серед яких – система підтримки машин у працездатному стані, що можливе вдосконаленням організації технічного обслуговування та ремонту. Визначальним напрямком є модернізація структури управління ІТС. Справді, структури ІТС досі не модернізовані, хоча їх функції суттєво змінилися.

Концепція передбачала наступну організацію ТО та ремонту: від 60% до 70% обсягу робіт з ТО та ремонту виконуються на підприємствах їх службами технічного сервісу. \Більш складні ремонти та усунення складних відмов – у сервісних центрах рівні кластерів (15-25%). Дилерам залишається, за розрахунками УкрНДІОЖ, 10-15% обсягів РОБ.

У 1996 році було прийнято ДСТУ 2860-94 про надійність техніки, який регламентував правила та принципи управління надійністю машин та обладнання на підприємстві. Його положення можуть скласти основу ІТС, головна мета якої – забезпечити необхідний рівень коефіцієнтів технічного використання, готовності та оперативної готовності, збереження ефективності. СУН на переробному підприємстві може бути інтегрована в інженерно – технічну службу, оскільки вона: є сукупність усіх засобів підприємства з управління надійністю, підтримка потрібних показників надійності; забезпечує ефективне вирішення проблем, пов'язаних з надійністю обладнання та вирішує завдання забезпечення надійності. Система управління надійністю включає працівників – виконавців ТО і ремонту, інженерно-технічний персонал.

У систему входить організація ТО та ремонту, аналіз даних про відмови та відновлення обладнання. ТО, як комплекс технологічних операцій та організаційних дій з підтримки працездатності або справності об'єкта при використанні за призначенням, очікування, зберігання та транспортування, і ремонт – комплекс зазначених операцій та організацію з відновлення працездатності, справності та ресурсу обладнання. Ремонт включає локалізацію (пошук несправного агрегату або вузла ОПНОК), діагностування, усунення відмови (відновлення) та контроль за роботою ОПНОК.

Отже, варто зазначити, що питання організації технічного Обслуговування актуальне, до того ж визначили, що ТО включає в себе і усунення виявлених відмов обладнання підприємств нафтовидобутку.

Щодо олійно-добувного обладнання можна стверджувати, що відмовлятися від експлуатації багатомільйонних основних фондів, що відмовили, на користь придбання нового, ще дорожчого, через відмову недорогої деталі чи вузла у складних фінансових умовах недоцільно як з економічної, і з технічної погляду. В.П.Лялякін наголошував на важливості відновлення деталей в умовах імпортозаміщення.

Роботи УкрНДІОЖ були взяті до уваги при розробці закону «Про технічне обслуговування».

Існує очевидний взаємозв'язок між ресурсом, періодичністю ТО, граничним зносом елементів системи, тому збитки від зносу елементів системи розраховують у межах від нуля до граничного зносу Z_p . Відомі три групи граничного зносу поверхонь деталей машин та обладнання:

- Обладнання повністю в непрацездатному стані;
- Обладнання в режимі виходу з ладу.

Параметри обладнання нижче допустимих значень (низька якість продукції, неприпустимі відходи, критично знижена продуктивність олійно добувного обладнання). Наприклад, можна припустити, що за аналогією з іншими галузями, технічне обслуговування технологічного обладнання

підприємств з переробки насіння олійних культур позитивно впливає на безвідмовність його роботи і цим збільшує коефіцієнти готовності K_r технічного використання $K_{ТВ}$ підвищує продуктивність за рахунок скорочення невиробничих простоїв обладнання по технічним причинам. Проте, фактори та причини, з яких це відбувається, хоча за «теорією здорового глузду» і зрозумілі, але науково досліджені недостатньо для того, щоб із сфери гіпотез перейти у сферу доказів. До того ж у сучасних умовах ринкового виробництва, коли превалюють орієнтири миттєвого прибутку, актуальність ТО та ремонтів виглядають неявно, як наслідок, на більшості обстежених олійно-вибувних підприємствах немає організації забезпечення надійності обладнання при експлуатації, передбаченій державним стандартом виниклі відмови усуваються в авральному режимі, які профілактика у вигляді планового ТО не здійснюється. Служби головного механіка (інженера) не структуровані, пункти технічного обслуговування, що обладнані необхідним обладнанням, відсутні.

На нашу думку, це відбувається через відсутність наукового обґрунтування значущості підсистеми технічного обслуговування та ремонту (ТОР) та встановлення причин, які веде до відмов обладнання, зайнятого на видобутку рослинної олії з насіння олійних культур. Зрозуміло, що в основі відмов – знос поверхонь деталей обладнання, які взаємодіють. «Надійність і довговічність багато в чому зумовлені явищами тертя та зношування, що відбуваються у вузлах машин» - зазначали І.І. Беркович та Д.Г. Громаківський, ґрунтуючись у тому числі на результатах досліджень експлуатаційної надійності. Дослідження факторів відмов дозволили О.М. Кущовий, знизити інтенсивність відмов зернопереробного устаткування. Недослідженість фізики процесів зносу поверхонь, що труться, інших факторів відмов ОПНОК не дозволяє ідентифікувати резерви підвищення показників та параметрів безвідмовності та безаварійності.

Висновки: аналіз експлуатації ОПНОК дозволяє встановити такі закономірності:

- для усунення незначного зношування необхідні невеликі витрати;
- для усунення суттєвого зносу багаторазово збільшуються витрати на ТО в цьому випадку замінити вузол на новий дешевше, ніж здійснювати його ремонт .

Встановлено, що практично застосовується три схеми організації технічного сервісу – децентралізована, централізована та змішана. Під технічним сервісом розуміється надання послуг з ТОР машин та обладнання, а ТО включає і виконання поточного ремонту, виявлення та усунення відмов, відновлення та усунення відмов, відновлення працездатності, тому відмови є заявками на відновлення при ТО. Надійність ОПНОК залежить від організації робіт з відновлення при ТО.

Необхідна розробка математичних моделей для обґрунтування раціональних параметрів та режимів управління надійністю за допомогою вдосконалення технічного сервісу ОПНОК, що може забезпечити підвищення показників надійності та зниження витрат. З досвіду вивчених результатів досліджень математичне моделювання то, можливо виконано з урахуванням теорії масового обслуговування – Марківських процесів та їх додатків [.

1.7 Система технічного обслуговування, ремонту та управління надійністю обладнання у суміжних галузях

Розглянули питання управління надійністю та ТО та відновленнями в промисловості, подібного за своїми параметрами із зарубіжними аналогами. виробництві технологічного обладнання виникає проблема оперативного управління експлуатаційною надійністю, розглянута в роботах [25]. Експлуатаційною надійністю технологічного обладнання досягається оптимальним розподілом ресурсів за виробничими підрозділами та робочими змінами: з розробкою математичної моделі ТО технологічного обладнання, складання

алгоритму статистичного моделювання ремонтного обслуговування ЕОМ.

В науковій роботі [18] розглянуто питання надійності обладнання промислових підприємств, які нині викликають величезний інтерес. У роботі проведено оцінку рівня надійності систем електропостачання промислових підприємств за відмов захисно-комутаційної апаратури. Автором запропоновано: модель функціонування складної системи; методика оцінки надійності схем систем електропостачання промислових підприємств, що відрізняється підвищеною обчислювальною ефективністю проти наявними методиками. У практичному плані: складено рекомендації, що забезпечують ефективність функціонування систем електропостачання промислових підприємств.

В статтях [5, 7, 34] було розглянуто метод оптимізації надійності на стадії проектування структурно-складних технічних систем (ССТС). Зазначено, що одним із методів підвищення якості під час проектування є оптимізація надійності (ССТС). Проведено вибір елементів з безлічі варіантів для системи, що розробляється, визначено склад її елементів – що є рішенням поставленого завдання. Надійність функціонування таких систем – одне з основних вимог, які пред'являються до них. Сучасні розрахунки показників надійності, що закладаються під час проектування складних систем, наголошував М.С. Скворцов, спрямовані на виконання нормативних вимог та не оптимізують витрати на експлуатацію інноваційних розробок. Було запропоновано для досягнення проектної надійності: розробити нову методику моделювання та розрахунку показників надійності структур. Вона була розроблена і дозволила отримати багаточлен імовірнісної функції, який увійшов до методики раціонального резервування.

У роботі [12] розглянуто прогноз підвищення надійності роботи систем вентиляції. Для складання такого прогнозу було виділено та використано фактори фізичної природи та параметрів зносу вентиляційних систем. Розглянуто математична модель оцінки надійності роботи систем вентиляції з урахуванням накопичення пошкоджень до відмови за факторами фізичного

знос та факторами порушення цілісності системи; запропоновано метод визначення необхідного рівня надійності роботи вентиляційних систем.

Питаннями впливу ТО на надійність обладнання з переробки аграрної продукції встановлено в дослідженнях [23], який використав системний підхід до вирішення питань технічної експлуатації дизельних установок.

Ієрархічні рівні для вирішення експлуатаційних завдань, пов'язаних з тими, хто розвивається відмовими, що дозволило побудувати та розробити методику діагностування систем в залежності від вироблення ресурсу та напрацювання. Методика дозволила прогнозувати напрацювання, при якому відбудеться відмова, та дату відмови.

В науковій роботі [17] розглянуто методи управління надійністю складних технічних систем (СТЗ). Внаслідок аналізу СТЗ автором встановлено, що до рішення задач надійності нині залучаються низькокваліфіковані кадри. Розв'язання даних технічних завдань полягає у розробці нових методів та алгоритмів розрахунку СУН СТЗ. В результаті отримані практичні результати, розроблена значний техніко – економічний ефект методика виявлення залежних відмов (для чого розроблено алгоритм їх взаємозалежності).

Формування методології використання напівмарківських моделей аналізу експлуатаційної надійності складних систем наведено в [24]. Автором встановлено: незважаючи на науковий прогрес у цій сфері, питання надійності СТЗ залишаються актуальними. Поліпшення характеристик надійності та ресурсу вузлів та агрегатів, деталей та робочих поверхонь не дає гарантії безвідмовної роботи. Сучасні СТЗ мають складні функції, задачі, що вирішуються, надзвичайно відповідальні, тому функціонування СТЗ без цифрового моделювання не є достатньо надійним. Тому для вивчення систем застосовують імітаційне моделювання.

В наукових роботах [31, 24] представлено вирішення питань організації ТОР обладнання та підвищення експлуатаційної надійності складних систем,

підходять математичні моделі. Адекватні методики дає використання напівмарківських моделей аналізу експлуатаційної надійності корабельних систем.

Традиційні параметричні моделі надійності (МН) докладно описані також зарубіжними авторами. Варто зазначити, що в переважній більшості параметричних МН автори описують функцією інтенсивності відмов (ІВ), яку прийнято позначати літерою λ . Побудова МН фактично означає, що, або експериментальними даними, або з теоретичних міркувань, або комбінуючи ці джерела, ми отримуємо співвідношення типу:

$$IB = \lambda = f(t, ЗФВ), \quad (1.1)$$

де t – тривалість події;

ЗФВ – зовнішні фактори впливу.

Залежність ІВ від часу у загальному вигляді має три етапи життя більшості об'єктів. Перший етап ІВ – етап раннього напрацювання, який у техніці прийнято називати етапом опрацювання. Другий етап ІВ – етап нормальної експлуатації. Останній етап, етап зростання ІВ – етап старіння (зносу). З перших робіт з надійності і досі не припиняються спроби знайти математичну модель, за допомогою якої було б зручно описувати всі етапи хвилеподібної кривої ІВ.

Модифікація розподілу Вейбулла з метою опису всіх етапів ІВ міститься в одній із публікацій в журналі «IEEE Transactions on Reliability».

В статті [12] відомий своїми роботами з математичного викладу ймовірнісних процесів, що узагальнив роботи член-кореспондента АН СРСР О.М. Маркова, академіків О.М. А.Д. Соловйова, А.Я. Хінгіна, Г.А. процесів стала нині найважливішим розділом теорії ймовірностей ... за різноманіттям і важливості програм вона починає обганяти свого найближчого конкурента – теорію диференціальних рівнянь». Серед західних учених зробили суттєвий

внесок у цю галузь науки F. Spitzer, R. Holly, W. Sullivan, M. Liggett, D. Stroock, D. Griffean, R. Durrett та ін.

Було розроблено теорію Марківських процесів та їх напівгруп.

Загалом опис має наступний вигляд. Припустимо, X – компактний метричний простір зі структурою вимірності, заданою σ – алгеброю Борелевських множин.

Нехай $D[0, \infty]$ – сукупність функцій, η – на напівінтервалі $[0, \infty]$ – зі значеннями в компактний у компактному метричному просторі. Воно є канонічним для марківського процесу з простором станів X .

Для $s \in [0, \infty]$ координатне відображення π_s з $D[0, \infty]$ в X визначається як

$$\pi_s(\eta) = \eta_s, \quad (1.2)$$

Якщо: F – найменша σ – алгебра на $D[0, \infty]$, щодо якої виміряні всі відображення π_s , то при $t \in [0, \infty]$, позначивши через F_t найменшу σ алгебру на $D[0, \infty]$, отримаємо відображення π_s щодо $D[0, \infty]$ вони виміряні ($s \leq t$).

Визначення марківського процесу має вигляд.

Визначення 1. Марківський процес на X – це сукупність

$$\{P^\eta, \eta \in X\}$$

ймовірнісних заходів на $D[0, \infty]$, індексована елементами X і володіє наступними властивостями:

- для всіх $\eta \in X$

$$P^\eta[\xi, \in D[[0, \infty]: \xi = \eta] = 1$$

- для кожного $A \in F$ вимірно відображення

$$\eta \rightarrow P^\eta(A) \text{ із } X \text{ в } [0, 1]$$

- «майже всюди» по P^η для кожних $\eta \in X$ і $A \in F$

$$P^\eta[\eta_s \in A | F_s] = P^{\eta_s}(A)$$

Тут за допомогою E^η , позначається математичне очікування, яке задається мірою P^η . Тоді для будь-якої вимірної функції Z на $D[0, \infty]$, що інтегрується відносно заходу P^η

$$E^\eta Z = \int_0^\infty Z dP^\eta$$

Бохановий простір $C(X)$, як сукупність всіх безперервних функцій на V .

$$\|f\| = \frac{S \cup F}{\eta \in V} |f(\eta)|$$

Припустимо, що при $f \in C(X)$

$$S(t)f(\eta) = E^\eta f(\eta_+)$$

Тоді Марківський процес $\{P^\eta, \eta \rightarrow X\}$ називається Феллеровським, якщо $S(t)f \in C(X)$ для кожного $t \geq 0$ і $f \in C(X)$

Сімейство $\{S(t), t \geq 0\}$ лінійних рівнянь операторів на $C(X)$ називають марківською напівгрупою, якщо:

$$S(t+s)f(\eta) = E^\eta f(\eta_{t+s}) = E^\eta [E^{\eta_t} f(\eta_s)] = E^\eta [S(s)f](\eta_t) = S(t)S(s)f(\eta)$$

Спільними зусиллями вітчизняних та зарубіжних учених була розроблено математична теорія надійності, яка узгоджується з теорією ймовірнісних процесів, зокрема Марківських процесів та їх застосування: теорія масового обслуговування (ТМО). Вона застосовується для оптимізації організації ТО та ремонту МТП, переробного устаткування. Основна передумова ТМО полягає у ймовірнісному розподіл часу безвідмовної роботи, а саме функції розподілу.

$$F(t) = \int_0^t f(x)dx$$

Причому: $F(x) = \exp\left[-\int_0^t r(x)dx\right]$

де

$R(t) = 1 - F(t)$, причому $F(0^-) = 0$ і $F(+\infty) = 1$, тобто F неперервна з права

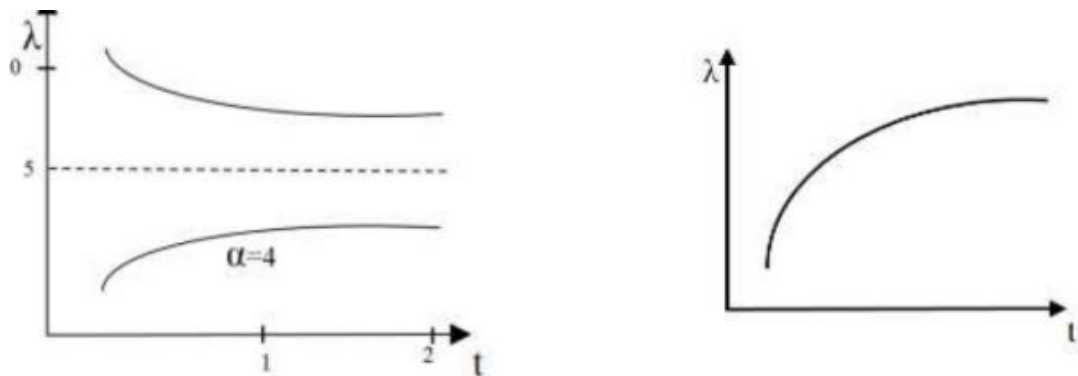


Рис. 1.3. Теоретичні криві інтенсивності відмов машин переробної промисловості; а- розподіл; б - розподіл Вейбулла; а – гарантійний час на потязі якого відмова не зафіксована; λ – інтенсивність відмов.

1.4. Висновки та завдання дослідження

Дослідженнями встановлено, що в останні 10 років реконструйовано та вдосконалено великотоннажні МЕЗ і дрібнотонажні підприємства з видобутку олії. Тільки в центральних областях України збільшено потужності підприємств з переробки олійного насіння культур, більш ніж мільйон тонн на рік. На цих підприємствах використовується як зарубіжне, так і вітчизняне обладнання різної складності в залежності від технології виробництва. За останні роки, у зв'язку із запровадженням санкцій, втрачені зв'язки з багатьма заводами з виробництва технологічного обладнання, доставка запасних частин для ТО проходить з великим запізненням,

відсутність складського запасу для основного технологічного обладнання призводить до зростання простою.

В останні роки ефективність переробки олійних культур визначається інженерно-технічними питаннями виробництва. Оскільки основними країнами – виробниками обладнання для переробки насіння олійних культур є санкційні країни, доставка вузлів, деталей і частин технологічного обладнання, що вийшла з ладу, пов'язана із значними витратами часу та коштів, а простої з технічних причин наносять істотних збитків, необхідно створення служб для ТО та відновлення обладнання як безпосередньо на самих підприємствах, так і в регіоні. Для великотоннажних переробних підприємств, частка яких Чернігівській області становить близько 70%, доцільно створення власних служб ТО для забезпечення надійності технологічне обладнання. За аналог імовірно можна прийняти службу «головного механіка підприємства чи головного інженера» та деякі елементи інженерної служби сільськогосподарського підприємства. Представляє інтерес та служби управління надійністю в таких галузях, як мережеві енергетичні компанії та підприємства з ремонту авіаційної техніки.

Завдання дослідження:

1. Розробити математичні моделі для управління надійністю обладнання для переробки насіння олійних культур під час його експлуатації та відновлення працездатності.

2. Експериментально встановити закономірності виникнення відмов та подальшого відновлення працездатності обладнання для переробки насіння олійних культур, параметри потоків відмов та відновлення.

3. Сформувані інформаційне забезпечення математичних моделей та досліджувати вплив організації технічного обслуговування та ремонту на показники надійності обладнання для переробки насіння олійних культур.

4. Обґрунтувати раціональну організацію технічного обслуговування у взаємозв'язку з потребами обладнання олійно-переробних підприємств за технічного обслуговування та заходи щодо управління їх надійністю.

5. Провести техніко-економічну оцінку модернізованої організації технічного обслуговування обладнання олійно-переробних підприємств.

РОЗДІЛ 2. СИСТЕМНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ОБЛАДНАННЯ З ПЕРЕРОБКИ НАСІННЯ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР ТА ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ З ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ

2.1 Взаємозв'язок надійності ОПНОК та організації його ТОВ

У зв'язку з ускладненням ОПНОК, збільшенням його продуктивності, змінною вироблення, зростає потреба у вдосконаленні підсистеми управління показниками його надійності

Забезпечення надійності — це сукупність дій, які координуються та є основною частиною системи управління надійністю (СУН), вони орієнтовані на досягнення та підтримання необхідного рівня надійності елементів. Це визначає постановку завдання на дослідження динаміки підсистеми надійності, впливу безвідмовності, ремонтпридатності та довговічності обладнання на ефективність експлуатації відповідно до ДСТУ.

Існують методики розрахунку коефіцієнтів технічного використання та інших показників надійності, дані для їх розрахунків можуть бути отримані виходячи з закономірностей досліджуваної підсистеми. Спочатку слід встановити фактори, що впливають на показники надійності (безвідмовність та ефективність).

До таких факторів можуть бути віднесені вартість: балансового обладнання ОПНОК (B); K и $TP(C_{KP})$; TO (C_{TO}); усунення відмов та несправностей ОПНОК (C_{TP}); шкоди від простоїв ОПНОК ($Ш_{ПР.ТОП}$); шкоди від простоїв ОПСМК щодо організаційних причин ($Ш_{ПР.ОП}$); шкоди параметричних та функціональних відмов лінії ($Ш_{ПФ.ОТС}$); компенсації збитків від зниження ефективності функціонування ($Ш_{КОМП}$).

З урахуванням цих факторів модель системи оптимізації показників надійності має вигляд

$$F(t) = \frac{B + C_{KP} + C_{TO} + Ш_{ПР.ТОП} + Ш_{ПР.ОП} + Ш_{ПФ.ОТС} + Ш_{КОМП}}{t_P} + \sum_{i=1}^n \frac{C_{TO}}{T_{ПЕР}} \rightarrow opt \quad (2.1)$$

де t_p – напрацювання ОПНОК на повний ресурс;

$T_{\text{ПЕР}}$ – періодичність проведення ТО

Із співвідношення (2.1) можна зробити висновок, що потрібна мінімізація витрат у розрахунку на одиницю напрацювання за повний ресурс, що можливе у разі оптимального розподілу витрат між БС обладнання та витратами на його експлуатацію.

Збитки від простоїв можна визначити, прийнявши за базу продуктивність (Π) ОПНОК, якщо коефіцієнт технічного використання ($K_{\text{ТВ}}$) буде максимальним

$$Z_{\text{ПР}} = \Pi (1 - K_{\text{ТВ}}) \cdot \text{Ц}, \quad (2.2)$$

де Ц – ціна одиниці продуктивності.

Розглянувши блоки та агрегати ОПНОК, визначили взаємозв'язок ресурсу (t_p) і періодичності ТО ($t_{\text{ОБ}}$) ОПНОК:

$$t_p = \varphi(t_{\text{ОБ}}), \quad (2.3)$$

При застосуванні формули для визначення зносу:

$$Z = v \cdot t^v, \quad (2.4)$$

де v - коефіцієнт інтенсивності зношування обладнання;

t - напрацювання на відмову;

Z_r – граничний знос;

Якщо $v \geq 1$ – і технічне обслуговування не відбувається, то функція зносу графічно має вигляд кривої А/

Якщо ТО відбувається періодично ($t_{\text{ОБ}i}$) то:

$$\Delta Z_{\text{ОБ}i} = v \cdot (t_{\text{ОБ}i}^v). \quad (2.5)$$

Функція зносу зображена кривою В, період зображений кривою С (рис. 3.3..)

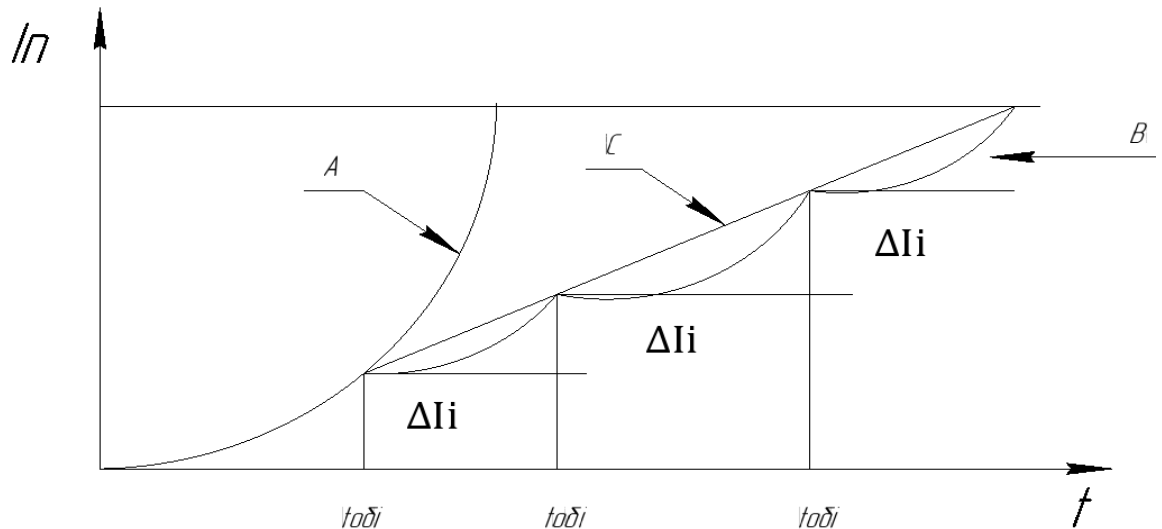


Рис. 2.1 Взаємозв'язок між ресурсом та періодичністю технічного обслуговування ОПНОК

За графіками (рис. 2.1 та рис. 2.2.) встановили, що «паралельна система» знижує інтенсивність зносу та збільшує ресурс ОПНОК. У разі збільшення витрат на ТО ресурс обладнання – збільшується.

У разі відсутності ТО питомі експлуатаційні витрати будуть максимальними за рахунок зниження ресурсу. Також встановлено (див. рис. 2.4), що збільшення зносу непропорційно збільшує витрати на його компенсацію.

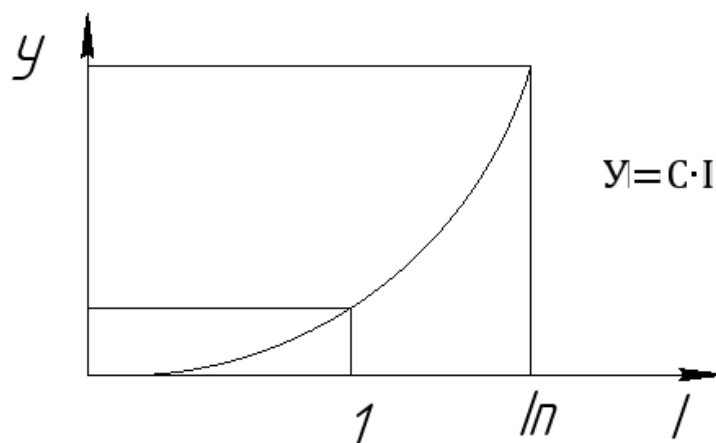


Рис. 2.2. Залежність збитків від ступеня зносу елементів ОПНОК

Мінімум витрат буде оптимумом функції, у цій точці перша похідна дорівнює нулю, тому

$$t_{P.opt} = N \cdot t_{TO.opt}, \quad (2.6)$$

де $t_{P.opt}$ – оптимальний ресурс;

$t_{TO.opt}$ – оптимальна періодичність ТО;

N – число ТО.

Співвідношення значення граничного зносу Z_r до ресурсу визначається швидкістю зносу γ_{cp} :

$$\gamma_{cp} = \alpha \cdot t_{TO.opt}^{v-1}. \quad (2.7)$$

Якщо СУН неефективна чи відсутня, ресурс обладнання – мінімальний ($t_{P.min}$), якщо СУН працює штатно, ресурс – максимальний ($t_{P.max}$), а технологічне обладнання має працездатний стан (з високою ймовірністю безвідмовної роботи). Зв'язок між ресурсом та ймовірністю безвідмовної роботи визначається за формула повної ймовірності.

2.2 Теоретичний взаємозв'язок показників надійності та організації ТОВ працездатності ОПНОК

Підсистема технічного сервісу ОПНОК як складна система має параметричні та функціональні відмови.

При параметричній відмові – зберігається її функціонування, але відбувається вихід значень параметрів технологічного процесу за межі, встановлені в нормативно-технічній, конструкторській документації [].

При функціональній відмові – система припиняє функціонування, не передбачене регламентованими умовами виробництва чи конструкторською документацією.

Отже, підсистема технічного сервісу може виконати не всі заявки на виконання технічного ТОР, очевидно, мають місце відмови в обслуговуванні.

Спочатку розглянемо теоретичні аспекти розрахунку кількості заявок. Загальна кількість заявок на виконання ТО можна визначити - як приватне від розподілу тривалості роботи обладнання для переробки олійного насіння на періодичність ТО. Скориставшись відомою формулою для напрацювання:

$$Z = a \cdot t^\alpha, \quad (2.8)$$

де Z – знос;

a – коефіцієнт;

α – показник ступеня;

t – час роботи обладнання.

Отримали вираз для визначення оптимального напрацювання (ресурсу при проведенні ТО з i -й періодичністю); вона характеризується кількістю обслуговувань N_i і напрацюванням t_{TOi} між ТО. Кількість обслуговувань за ресурс розраховується як приватна від розподілу граничного зносу Z_2 на знос між ТО ΔZ_{TOi} :

$$t_{Pi} = \frac{Z_2}{\Delta Z_{TOi}}, \quad (2.9)$$

де Z_2 – знос.

Відповідно, з (2,8), $\Delta Z_{TOi} = a \cdot (t_{TOi}^\alpha)$

Отже, кількість заявок на ТО залежить від граничного зносу, зносу між ТО, періодичності ТО. Середня швидкість зношування, γ_{cp} визначається розподілом граничного зносу на ресурс:

$$\gamma_{cp} = a \cdot t_{TOopt.i}^{\alpha-1} \quad (2.10)$$

Гранично допустиме зношування Z_2 на практиці визначається за умови паралельного функціонування обладнання без ударів, вібрацій та нагріву.

Значення α та a для формули (2.10) можна визначити випробуваннями. На першому етапі випробування необхідно провести експлуатаційні випробування, обмежені в часі, та встановити локальні дані для

моделювання. На другому етапі виконується фізичне моделювання з використанням машини тертя.

У теоретичному дослідженні за відсутності даних про закономірність зношування, можна обчислити можливість безвідмовної роботи підсистеми ТОР - паралельної системи. При відмові паралельної системи ресурс складальної одиниці обладнання для переробки насіння олійних культур (надалі - обладнання) буде мінімальним ($t_{P.min}$), а при працездатному стані СУН ресурс буде максимальним ($t_{P.max}$). Аналітично виведемо залежність ресурсу t_p складальної одиниці обладнання від періодичності обслуговування ($t_{об}$) паралельної системи (тобто СУН). Зауважимо, що мінімальне та максимальна кількість ТО визначають найбільший $t_{P.max}$ та найменший ресурс $t_{P.min}$ складальної одиниці. Імовірність відмови паралельної системи описується тією ж функцією, як і можливість відмови устаткування (рис. 2.3).

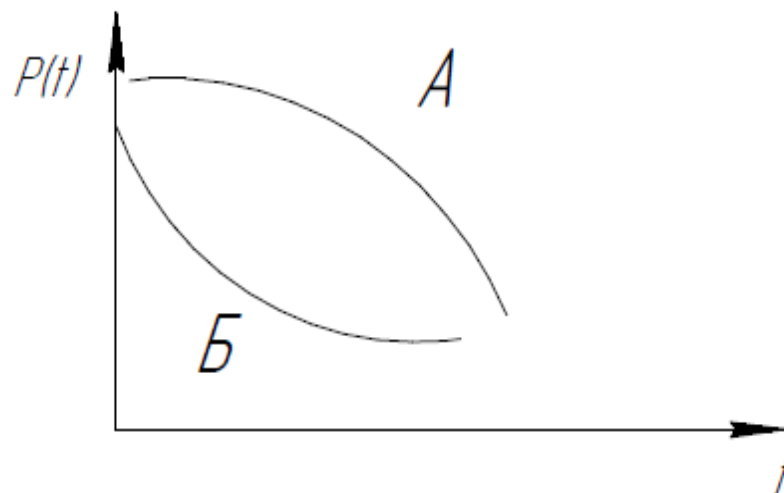


Рис. 2.3 Ймовірність роботи без відмов на момент часу: А – розподіл напрацювання до першої відмови; Б - розподіл напрацювання між відмовами

Поточний ресурс знаходиться в інтервалі:

$$t_{P.min} \leq t_{P.i} \leq t_{P.max} \quad (2.11)$$

Якщо ТО не проводити, то $t_{P.i}$ дорівнюватиме $t_{P.min}$

$$t_{P.i} = t_{P.min}, \quad (2.12)$$

А якщо збільшити кількість ТО понад регламент $t_{P.i}$, перевершуватиме $t_{P.max}$, що очевидно з інженерних міркувань:

$$t_{P.i} \leq t_{P.min}. \quad (2.13)$$

Для розрахунку ймовірності безвідмовної роботи СУН поставимо вихідні умови, припустимо, що відомі:

$P_{П}(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи складальної одиниці при працездатному стані системи, що відповідає нерівності (2.13);

$P_{Н}(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи складальної одиниці при непрацездатному стані СУН: функціональна відмова;

$P_{СУН}(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи при періодичному сервісі самої СУН.

За формулою повної ймовірності, ймовірність безвідмовної роботи складальної одиниці $P_{П}(t)$ при напрацюванні (t_i) та i -й періодичності сервісу СУН ($t_{ОБ.i}$) буде дорівнювати:

$$P(t) = P_{П(t)}\{t_{ОБ.i}\} \cdot P_{Н(t)} + P_{СУН}(t_{ОБ.i}) \cdot P_{Н}, \quad (2.14)$$

З теорії відомо, що ймовірність безвідмовної роботи складальної одиниці при працездатному стані:

$$P_{П}(t_{ОБ.i}) = P_{БЕЗ}(t), \quad (2.15)$$

Отримана періодична функція напрацювання з періодом профілактики ($t_{ОБ}$):

$$P_{СУН}(t + t_{ОБ.i}) = P_{СУН}(t), t > 0. \quad (2.16)$$

Правомірно поставити середнє значення (2.16) до рівняння (2.14)

$$P_{\text{СУН}i}(t) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\int_0^{Kt_{\text{ОБ}}} P_{\text{СУН}}(x) dx}{Kt_{\text{ОБ}i}} = \frac{\int_i^{t_{\text{ОБ}i}} P_{\text{СУН}}(x) dx}{t_{\text{ОБ}i}}. \quad (2.17)$$

Середнє значення ймовірності безвідмовної роботи елементів у формулі (2.16) отримано як його математичне очікування, воно залежить від періодичності технічного обслуговування $t_{\text{ОБ}i}$, але не залежить від напрацювання складальної одиниці (2.17).

Ресурс t_{Pi} для i -й періодичності ТО визначиться за наступною формулою:

$$t_{Pi} = \int_0^{\infty} P_i(x) dx + P_{\text{СУН}}(t_{\text{ОБ}i}) \cdot t_{Pmax} + P_{\text{СУН}}(t_{\text{ОБ}i}) \cdot t_{Pmin}. \quad (2.18)$$

$$P_{\text{СУН}i}(t) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\int_0^{Kt_{\text{ОБ}}} P_{\text{СУН}}(x) dx}{Kt_{\text{ОБ}i}} = \frac{\int_i^{t_{\text{ОБ}i}} P_{\text{СУН}}(x) dx}{t_{\text{ОБ}i}}. \quad (2.19)$$

У період до першого за рахунком ТО-1 напрацювання ($t_{\text{ОБ}}$) дорівнює в середньому, $P_{\text{СУН}}(t_{\text{ОБ}i})$, де $P_{\text{СУН}}$ - означає середнє значення, і процес зношування протікає відповідно до прямої 1 (рис. 2.3), далі - так само, утворюючи ламану криву з відрізками *oa*, *ab*, *bc*, *cd*, *de*.

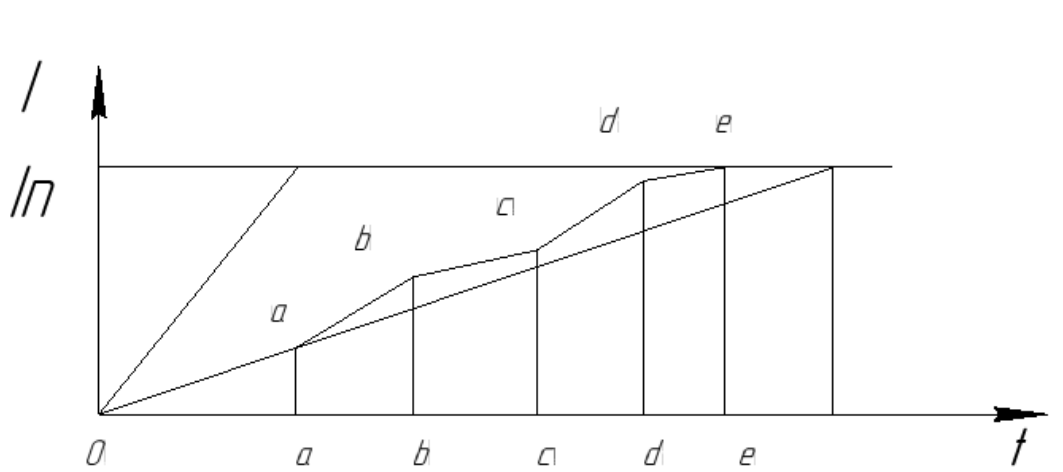


Рис. 2.3 Теоретичний взаємозв'язок ймовірності безвідмовної роботи СУН з ресурсом одиниці обладнання

Графічно співвідношення у чисельному вигляді інтерпретовано кривою *o-a-b-c-d-e*. Ресурс одиниці обладнання (t_{Pi}) при i -му числі ТО, ($t_{\text{ОБ}i}$)

визначається із співвідношення (2.18), а середнє значення зі співвідношення за допомогою інтегрування:

$$t_{Pi} = t_{Pmax} \frac{\int_0^{t_{OB}} P_{СУН}(x) dx}{t_{OB}} + t_{Pmin} \left(1 - \frac{\int_0^{t_{OB}} P_{СУН}(x) dx}{t_{OB}} \right). \quad (2.20)$$

Розв'язавши рівняння, отримаємо (винесемо $\frac{1}{t_{OB}}$ за дужки)

$$t_{Pi} = \frac{1}{t_{OB}} \left[t_{Pmax} \int_0^{t_{OB}} P_{СУН}(x) dx + t_{Pmin} \left(1 - \int_0^{t_{OB}} P_{СУН}(x) dx \right) \right]. \quad (2.21)$$

Так як графічно рівняння (2.20) у координатах \overline{Pv} ; \bar{t} представляє опуклу криву, то значення $P_{СУН}(t_{OB})$ завжди більше ординати середньої лінії зношування і більше одиниці:

$$1 > P_{СУН}(t_{OB}) > \dot{P} \quad (2.22)$$

Ця нерівність схематично зображена на рис. 2.4.

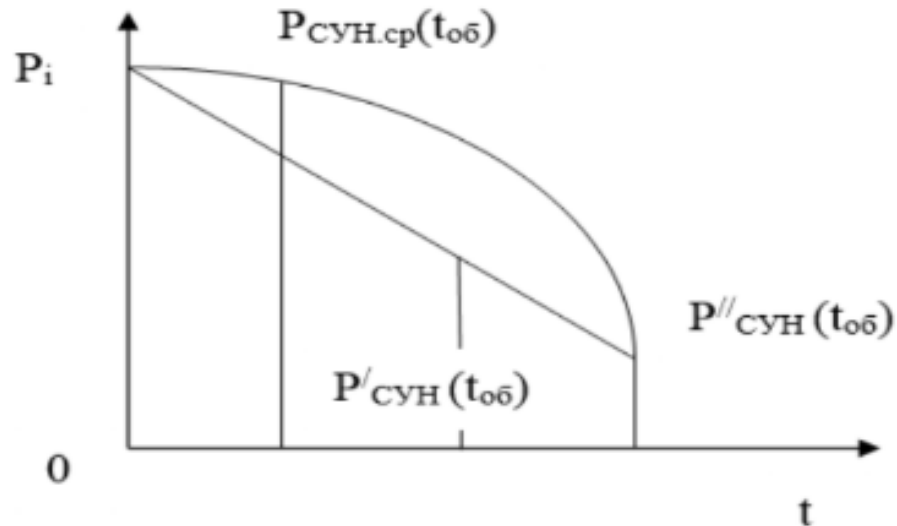


Рис. 2.4. Схема середнього значення $P_{СУН}(t_{OB}) > \dot{P}$ ймовірності безвідмовної роботи

Ймовірність відмови визначається виходячи із схеми (рис. 2.4)

$$P'_{СУН}(t_{OB}) = 0,5(P_{СУН}(t_{OB})). \quad (2.23)$$

Нижня межа оцінки середньої ймовірності $P_{СУН\text{ср}}(t_{\text{ПРО}})$ пов'язана з нижнім кордоном оцінки ресурсу:

$$t_{Pi} = 0,5 \left[(1 + P_{СУН}(t_{\text{ОБ}})) \cdot t_{P\text{max}} P_{СУН}(t_{\text{ОБ}}) t_{P\text{min}} \right]. \quad (2.24)$$

Отриманий вираз (2.24) відбиває залежність ресурсу від періодичності обслуговування за існуючого значення граничного зносу. Як зазначено вище, періодичність забезпечується СУН, причому, коли вона не має відмов, забезпечується *max* ресурс, при відмові СУН ресурс знижується.

2.3. Забезпечення працездатності ОПНОК резервуванням

Система управління надійністю ОПНОК по відношенню до основної системи є паралельною чи дублюючою, що дозволяє покращити показники надійності.

Також можлива резервна система, яка резервує найбільш відповідальне обладнання при втраті працездатності. В основній технологічній лінії ОПНОК розташоване послідовно. Подаємо технологію у вигляді схеми (рис. 2.5).

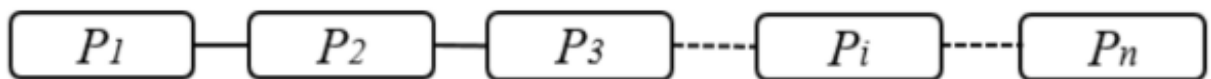


Рис. 2.5. Схема послідовної технологічної лінії ОПНОК включає: P_1 ; P_2 ; P_3 ; P_i ; P_n

Імовірність безвідмовної роботи розрахуємо за наступною формулою:

$$P_{(t)} = \prod_{i=1}^n [P_i(t)]. \quad (2.25)$$

де P_i - імовірність безвідмовної роботи.

При Пуассонівському вхідному потоці ймовірність відмови всієї системи, що складається з послідовно розташованого обладнання:

$$P_{(t)} = e^{\prod_{i=1}^n [P_i(t)]} = e^{\prod_{i=1}^n e^{-\lambda t}}. \quad (2.26)$$

Підставивши, отримаємо можливість відмови всієї системи, що складається з послідовно розташованого обладнання:

$$P_{(t)} = e^{\prod_{i=1}^n [P_i(t)]} = e^{\prod_{i=1}^n e^{-\lambda t}}. \quad (2.27)$$

При Пуассонівському вхідному потоці, з параметром λ_i , для кожного обладнання технологічної лінії дорівнюватиме:

$$\lambda = \sum \lambda_i. \quad (2.28)$$

Підставивши формулу (2.28) у (2.27), отримаємо:

$$P_{(t)} = e^{-\lambda t}. \quad (2.29)$$

Далі розглянемо організацію виробництва олії з резервуванням та паралельною системою ТО (рис. 2.10).

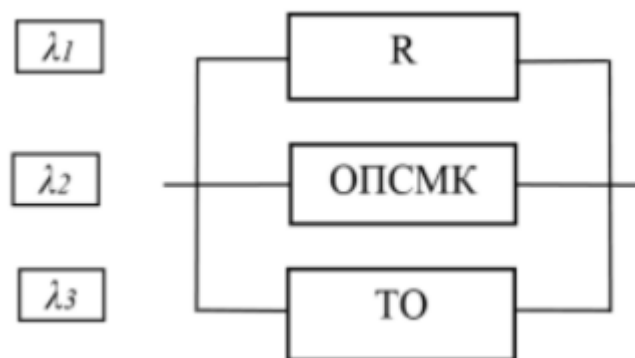


Рис. 2.6. Схема резервованої системи ОПНОК з резервуванням і паралельною системою ТО: R - резервна система; $ТО$ - організація технічного обслуговування;

Потоки відмов кожної підсистеми мають параметр λ . Позначимо через q можливість відмови системи (2.30). Імовірність системи дорівнюватиме твору ймовірності відмов усіх підсистем формула (2.31):

$$q_i(t) = 1 - P_i(t). \quad (2.31)$$

$$q(t) = q_1(t) \cdot q_2(t) \cdot \dots \cdot q_m(t).$$

Запишемо формулу (2.31) у вигляді:

$$Q(t) = \prod_{i=1}^m [1 - P_i(t)]. \quad (2.32)$$

З формул (2.30) та (2.32) отримаємо:

$$P_{(t)} = 1 - \prod_{i=1}^k [1 - P_i(t)]. \quad (2.33)$$

Припустивши Пуассонівським вхідний потік, при якому відмови носять експоненційний характер і відповідає рівнянню (2.29).

Підставивши праву частину рівняння (2.29) до рівняння (2.33), отримаємо ймовірність відмов усієї системи, що складається з основної, резервної та паралельної підсистеми ТО:

$$P_{(t)} = 1 - \prod_{i=1}^k [1 - e^{-\lambda t}]. \quad (2.34)$$

Запишемо рівняння для випадку із трьома підсистемами, отримаємо рівняння (2.35)

$$P_{(t)} = 1 - |(1 - e^{-\lambda_1 t}) \cdot |(1 - e^{-\lambda_2 t}) \cdot (1 - e^{-\lambda_3 t}). \quad (2.35)$$

Можна припустити, що можливість безвідмовної роботи цієї системи (рис. 2.11) при стратегії ТО і Р будуть вищими, ніж у системи з першої стратегії, яка не передбачає організацію ТО, проте широко поширена.

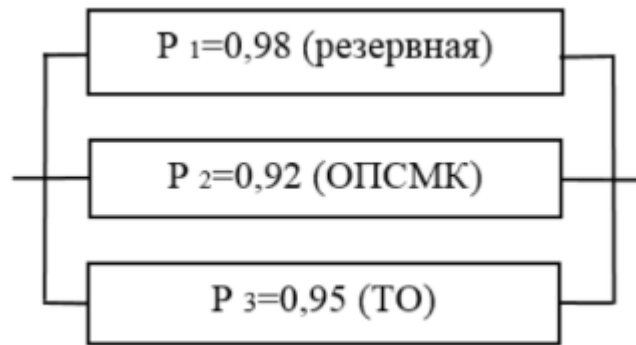


Рис. 2.11 - Схема підвищення надійності системи з резервуванням

Допустимо, на підприємстві є резервне обладнання – олійний прес, який має у середньому надійність 0,98.

Для підтвердження припущення, припустимо, що підсистема ОПСМК складається з 9 машин, а можливість безвідмовної роботи кожної 0,98, тоді надійність всієї підсистеми визначимо

$$P_{(t)} = 1 - [(1 - P_1) \cdot (1 - P_2) \cdot (1 - P_3)]$$

$$= 1 - [(1 - 0,98) \cdot (1 - 0,92) \cdot (1 - 0,95)] = 0,99$$

Для обладнання підприємств маслодобування така надійність вузлів і в цілому машин є досить високою і рідко досягається, тому що якщо машина складається з 10 деталей, то для досягнення цього значення ймовірність кожної має бути 0,9999.

Якщо є паралельна система ТО з надійністю 0,95, тоді ймовірність всієї системи підвищується до 0,92 до 0,95. У зв'язку з цим можна висунути робочу гіпотезу про те, що вдосконалення організації ТО можливе шляхом знаходження оптимального співвідношення між витратами на технічний сервіс та втратами від невиробничих простоїв ОПНОК, для чого необхідно вдосконалення організації ТО запровадженням паралельної дублюючої системи. Цим реалізується принцип резервування.

Система управління надійністю буде включати паралельну систему ТО і резервне встаткування.

РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ НАДІЙНОСТІ ОПНОК

3.1 Пошук оптимальних умов організації ТОР ОПНОК методом планування експериментів

Уявлення про причинно-наслідкові зв'язки ПН ОПНОК трансформувалося з часом у факторні залежності. Суть зазначеного науково-практичного підходу полягає у тому, що технічне явище або подію можна розподілити на ознаки-фактори, сукупність яких і формує явище, яке вивчається. Факторне мислення має свої постулати та переваги. Найбільша значимість полягає в тому, що вимірювана величина відгуку – випадково розподілена величина.

У нашому випадку ми маємо справу з факторами, які є стохастичними – це вхідний потік заявок на обслуговування, механізм відновлення працездатності елементів, вузлів, і агрегатів ОПНОК, що відмовили.

Головною передумовою планування експерименту були роботи з регресійного та дисперсійного аналізу. Консолідація процедур дисперсійного аналізу, представлена в багатьох дослідженнях призвела до розробки прийомів, призводить будь-яку задачу дисперсійного аналізу з матрицею системи рівнянь. Для вирішення комплексу завдань було використане узагальнена форма матриць Мура-Пенроуза.

Постановка задачі дослідів з оцінки ефективності організації ТО ОПНОК полягає в наступному. Є обладнання, яке є основною причиною заявок на ТО і дає можливість сформувавши ряд факторів. Перший фактор – заявка на ТО, другий – тривалість проведення ТО. Вона залежить від кількості постів ТО і бригад ТО, і не залежить від першого фактора. Також є економічний фактор – вартість нормо-години роботи бригади на посту ТО.

Необхідно знайти оптимальні умови функціонування системи ТО, що впливає на основні показники.

Наявність кількох факторів, причому стохастичних, призводить до необхідності системи організації ТО ОПНОК. Використання методу багатофакторного експерименту та планування дослідів, подальшою обробкою його результатів методами дисперсійного аналізу.

Схеми дослідів використовує поняття «чорної скриньки» (рис 3.1).

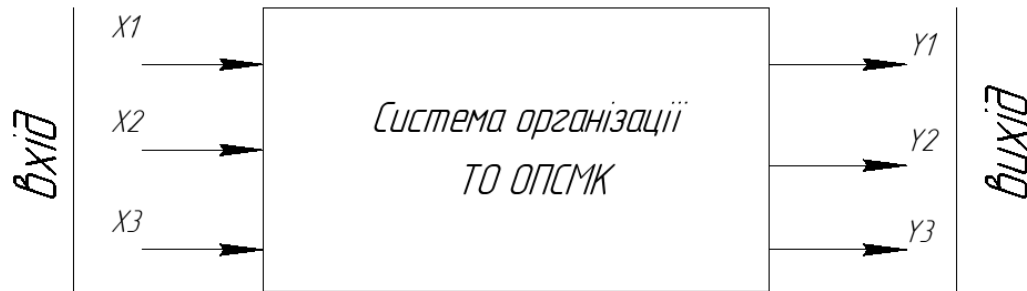


Рис. 3.1 Схема організації ТО ОПНОК як «чорна скринька»

Стрілки входу позначають вхідні фактори – інтенсивність потоку відмов λ , механізм обслуговування μ та вартісний показник H . Припустимо, що $\lambda \rightarrow x_1$, $\mu \rightarrow x_2$, $H \rightarrow x_3$.

Тоді критерій оптимізації

$$y = \alpha(x_1, x_2, x_3) \rightarrow \min \quad (3.15)$$

Чинники (x_1, x_2, x_3) , є способами на «чорний ящик», це вхід. При розв'язанні задачі використовуємо математичну модель об'єкта досліджень. Функція (3.15) має назву - "функція відгуку".

Кожен чинник у разі приймає три значення, чи рівня: нульової, -1, +1. Фіксований набір рівнів визначає один із можливих станів «чорної скриньки» (Рис 3.1). Перебравши всі можливі поєднання факторів, отримаємо безліч параметрів станів «чорної скриньки». Планування експерименту дозволяє визначати все можливі стани «чорної скриньки», а активне втручання у досвід та можливість вибору факторів у кожному досвіді за планом. Таких

планів розроблено безліч, вони дозволяють вибрати кількість та умови проведення дослідів.

Виділимо такі фактори та інтервали їх варіювання на підставі попередніх дослідів.

Таблиця 3.1

Варіювання факторів, рівнів, інтервалів

Факторы	Уровни			Интервалы, у	т.руб./нормо-час
	-1	0	+1		
x_1					
x_2					
x_3					

Для кодування факторів було використано рівняння

$$x_i = \frac{x_i - x_0}{\Delta x} \quad (3.16)$$

де x_i – значення фактора;

x_0 – центр області планування;

Δx – інтервал варіювання.

Матриця планування обрана за результатами попередніх експериментів – це план Бокса-Бенкіна, наведений у додатку.

Кожен горизонтальний рядок плану – це умови досвіду, експеримент – багатофакторний, тобто змінюються різні фактори, на відміну однофакторного.

В результаті дослідів набули різні значення функції відгуку (3.1), значимість відмінностей двох середніх визначалася за критерієм Стюдента

$$t = \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (3.17)$$

где \bar{y}_1 – среднее значение выходного параметра в одном опыте;

\bar{y}_2 – среднее значение выходного параметра во втором опыте;

n_1, n_2 – количество наблюдений;

S – ошибка опыта.

Результат расчета $n_1 + n_2 - 2$ называют - числом степеней свободы.

Например; $S = 5, n_1 = n_2 = 2, \bar{y}_1 = 6, \bar{y}_2 = 4$ (пример условный), тогда $t = 0,4$.

Число степеней свободы $n_1 + n_2 - 2 = 2$.

Табличне значення t – критерій для $t = 0,4$ і рівня значимості 5% дорівнює 1,2. Експериментальні значення t менше табличного та з ймовірністю $p = 1 - \alpha = 1 - 0,05 = 0,95$ різниці між результатами дослідів немає.

Досліди проводились як у виробничих умовах, так і з використанням імітаційного «машинного» експерименту. Адекватність результатів оцінювалася за ймовірності збігів результатів виробничих дослідів та «машинного» експерименту (рис.3.2.) за критерієм Стьюдента.



Рис. 3.2. Схема перевірки адекватності результатів дослідів.

Методика проведення дослідів передбачала використання для опрацювання його результатів програми Statistic.

В результаті обробки дослідних даних за планом Бокса-Бенкіна отримали рівняння другого порядку. Числом його ступенів свободи називається різниця між кількістю дослідів N та числом коефіцієнтів k у цьому рівнянні:

$$f = N - k \quad (3.18)$$

Коли розділили залишкову суму квадратів, на кількість ступенів свободи отримали залишкову дисперсію

$$S = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta y_i^2}{f} \quad (3.19)$$

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ШЛЯХОМ ВДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ОПНОК

4.1 Обґрунтування параметрів переробного підприємства з виробництва олії

У цьому розділі виконано обґрунтування параметрів типового олійно-добувного підприємства, виявлено причини відмов ОПНОК та встановлено імовірнісні характеристики потоків відмов та відновлення; виявлено закономірності зміни поодиноких показників експлуатаційної надійності ОПНОК, а за результатами багатофакторного експерименту знайдено область оптимальних організаційних рішень щодо технічного обслуговування ОПНОК.

Сьогодні витрати на вирощування насіння соняшнику складаються із вартості механізованих робіт (передпосівного обробітку ґрунту, власне посіву та обробітку, збирання), вартості посівного матеріалу (4 кг/га), мінеральних добрив (150 кг/га), засобів захисту рослин (5 кг/га). За нинішніми цінами витрати на отримання насіння включають: витрати на механізовані роботи; витрати на добрива та засоби захисту; витрати на насіннєвий матеріал. Сумарні витрати враховують накладні витрати 6868,8 грн./га. За середньої врожайності 16 ц/га собівартість олійного насіння складе 4,29 тис. грн./т. При цьому рентабельність за ціною реалізації 12 грн./кг-більше 200%.

У Чернігівській області потенціал виробництва з найбільш урожайних культур при виході 55% становить 2 т з кожного гектара посівів соняшника. Норма споживання рослинної олії на одну особу – 13 кг на рік, тобто гектар посівів забезпечує потреби 77 осіб, потенціал – 144 особи.

Перед споживаним населенням жирів припадає 62 %. При нормі споживання рослинних жирів на особу 13 кг, фактичне споживання на рік становить 8,9 кг.

Відомо, що цей показник становить: для Великобританії – понад 18 кг, США – 20 кг, Данії та Нідерландах по 25 кг. Фактично в середньому виробляється стільки ж соняшникової олії з одиниці площі соняшнику, як і в США, за меншої собівартості. Соняшник є однією з важливих олійних культур в нашій країні, лідерами у виробництві та експорті соняшника, є Черкаська та Вінницька області.

Обладнання для олійнопереробної галузі існує з різною продуктивністю по тоннажу основного олійнопресового обладнання та з різними технологічними процесами: дворазове пресування холодним та холодно-гарячим, гарячим, з екструзією способами.

Дрібнотоннажне обладнання від 1...7 т/год (24...168) т/добу) в основному використовуване фермерськими господарствами, середньотоннажне до 12,0 т/год (300 т/добу) та великотоннажне 125 т/год (3000 т/добу) та вище використовується олійно-екстракційними заводами (МЕЗ) різної потужності, масложирові комбінати (МЖК).

Переважає кількість олійного насіння переробляється у великих холдингах, з великотоннажним обладнанням – 300 - 400 тис. тонн на рік.

Близько 30% всіх олійних насіння переробляється на дрібнотоннажних підприємствах. Провідні виробники вітчизняного та зарубіжного промислового обладнання для переробки олійного насіння мають у своїй структурі ремонтні (сервісні) підрозділи, які забезпечують обслуговування олійнодобувного обладнання в час всього періоду його експлуатації. У вартість сервісного обслуговування входить ціна вузла або деталі, вартість нормо-години, а також витрати на проїзд, що робить обслуговування зарубіжних фірм-виробників дорогим.

Олійнопереробна галузь використовує обладнання фірм-виробників вітчизняного та закордонного виробника: GIMBRIA (Німеччина) – фузолушки; МАК-SAN (Туреччина) – олійні преси; ВАТ «Хорольський механічний завод» (Україна) – сепаратори очисні, ТОВ «ТАН» (Україна, м. Чернігів) – фільтри вертикальні напірні пластинчасті; та ін.

Під час обстеження технологічної лінії заводу виявлено, що ремонт та відновлення основного технологічного обладнання, зокрема олійних пресів виробляється в токарній майстерні, складський запас вузлів та агрегатів складного технологічного обладнання відсутнє через високу його вартість та віддаленість фірми-виробника.

Однак багато підприємств у олійно-переробній галузі мають на своєму балансі обладнання, яке не знаходиться на сервісному обслуговуванні, основному це обладнання імпортного виробництва (Німеччини, Туреччини, України, Індії, Китаю,). ТОР та відновлення вузлів та деталей такого обладнання здійснюється у ремонтних майстернях при заводах. Слід зазначити, що таке обладнання є на всіх заводах великотоннажної переробки, і роботи з МС часто відбуваються нерегулярно, в аварійному порядку, або за відсутності сировини, що призводить до позапланових зупинок обладнання.

На малотоннажних переробних виробництвах, для запобігання аварійним ситуаціям встановлено резервне обладнання зарубіжних фірм Туреччини, України, Німеччини, що також призводить до різкого подорожчання собівартості одиниці виробленої продукції.

Оскільки велика кількість факторів впливає на собівартість одиниці продукції, необхідно створювати централізовану систему організації ТОР для олійно-переробного обладнання з метою забезпечення експлуатаційної надійності за прикладом зернопереробної галузі.

З метою забезпечення ПН централізована система може розвиватися та вдосконалюватись разом зі зміною та оновленням технологічного обладнання, що дозволить у короткий термін проводити ремонт складного технологічного обладнання з найменшими фінансовими витратами. Для роботи такої служби необхідно на переробних підприємствах області, округи створювати систему управління надійністю. Реалізація заходів програми з технічного переозброєння олійно-жирової галузі включає впровадження інноваційних технологій шляхом будівництва нових, а також реконструкцію та модернізації діючих олійнодобувних підприємств, створює умови для

підвищення ефективності олійного виробництва на ОПНОК (соняшникових) в країні збільшився і склав близько 4,0 млн. т., а за прогнозами ІКАР в новому сезоні 2017/18 року очікується 4,2 – 4,3 млн. т.

Є підприємства різного типу за тоннажністю, дрібнотоннажні в здебільшого мають незакінчений цикл виробництва (отримують олію холодною та гарячою способом без розливу в дрібнооптову тару) розташовані ближче до виробника сировини, а підприємства з повним циклом переробки розташовуються ближче до великих міст.

Встановлено, що з 2009 до 2023 року вартість основного обладнання олійнодобувних підприємств зросла на 45-57%, і становить у середньому 454 тис. у перерахунку на 1 тонну на добу сировини, що переробляється. У зв'язку з цим необхідно створювати централізовану систему організації ремонту для олійнопереробного обладнання для забезпечення експлуатаційної надійності. Централізована система може безперервно розвиватися і вдосконалюватися разом із зміною та оновленням технологічного обладнання, що дозволить у короткий термін проводити ремонт складного технологічного обладнання із найменшими фінансовими витратами. Для роботи такої служби необхідно на переробних підприємствах області, округу створювати систему керування надійністю.

Оскільки основними країнами є виробниками обладнання для переробки насіння олійних культур є Німеччина, Україна, Туреччина, Росія, багато з яких є санкційними, що унеможлиблює доставку вузлів, що вийшли з ладу, деталей та частин технологічного обладнання, або доставка пов'язана зі значними витратами часу та коштів. У зв'язку з цим потрібне створення служб для відновлення обладнання безпосередньо на самих підприємствах, або у регіоні.

Для великотоннажних переробних підприємств, частка яких у складає близько у валовому випуску 65-75%, доцільно створення власних служб забезпечення ПН технологічного устаткування. За аналог імовірно можна прийняти структуру головного механіка підприємства та деякі елементи

інженерної служби с/г підприємства. Представляє інтерес служби управління надійністю в таких галузях як мережеві енергетичні компанії та підприємства по ремонту авіаційної техніки.

Найбільш поширені за чисельністю малотоннажні олійнодобувні підприємства, які й обрані з цієї причини об'єктом експериментальних досліджень.

4.2 Результати дослідження причин відмов і закономірностей потоків відмови відновлення ОПНОК

Проведемо аналіз результатів дослідження причин відмов і закономірностей потоків відмови відновлення ОПНОК. Відмови ОПНОК можна класифікувати за складністю. При дослідженні ОПНОК, умовою розподілу відмов за групами складності було – ремонтпридатність обладнання.

У разі відмови ОПНОК, надходить вимога обслуговування чи відновлення обладнання. З іншого боку, досліджуване підприємство має бути готові виконати функції обслуговування та відновлення у заданому інтервалі часу за наявності служби ТО (технічного обслуговування).

У ході дослідження: виявляли закони розподілу показників експлуатаційної надійності, проводили оцінку параметрів напрацювання на відмову, визначали характеристики потоку відмов.

Відповідно до нормативів на ТО обслуговування проводять залежно від напрацювання на відмову ОПНОК.

Обладнання технологічних ліній для виробництва олії об'єднані в логічно пов'язані між собою ділянки для виконання операцій. У процесі підготовки необхідно від олійного насіння відокремити лушпиння. При цьому виконується низка технологічних операцій: зберігання насіння; зважування; очищення від бур'янів та ін. включень; обвалення; провіювання; контроль лушпиння, подрібнення та контроль ядра.

У зв'язку з тим, що різні операції технологічного процесу розрізняються за складності, обладнання розташоване відповідно до технологічної схеми: рушально-вічкове; пресове; гідратації олій. До допоміжних споруд належать: склади лушпиння, макуха, олії, котельня, споруди для водопостачання та ін.

В результаті обробки результатів спостережень відмови ОПНОК, досліджені за видами, наслідків відмов, проміжків часу простою обладнання. До I групи складності віднесені відмови, які можна усунути регулюваннями, вони вимагають додаткових витрат на відновлення одиниць виробів, при їх виникненні простої обладнання короткочасні, часто такі відмови не вимагають зупинки основного обладнання.

Класифікація відмов за групами складності, назви вузлів, деталей наведено в таблиці програми. Встановлено, що розрахунковий час усунення відмов I групи – 8,3 год.. Середнє час усунення відмови I групи становив близько 0,75 год. Розрахунковий час усунення відмов II групи – 308,31 год.. Середній час усунення відмови II групи становило – 2,07 год. Розрахунковий час усунення відмов III групи складності становив 472,41 год., а середній час усунення відмови у групі – 18,2 год.

Кількість відмов за групами складності представлена на рис. 4.1.

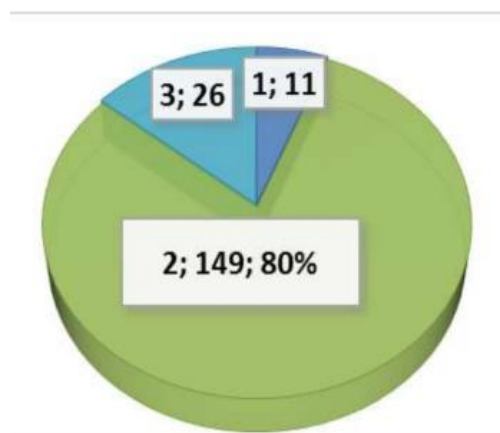


Рис. 4.3. Розподіл відмов ОПНОК за групами складності: I-перша група (11 відмов); II – друга група (149 відмов); III – третя група (26 відмов)

Аналізуючи розподіл відмов за групами складності, можна дійти невтішного висновку, що відмови 2 групи становить 80% від усіх відмов. Це свідчить про те, що знос робочих органів, деталей та вузлів машин ОПНОК більшою мірою залежить від режимів роботи та факторів, що впливають на процеси втрати працездатності.

4.3. Дослідження організації системи технічного обслуговування ОПНОК

Цільова функція може бути визначена як сума збитків від простою обладнання через відмови і постів від їхніх простоїв, або як сума витрат і збитків від простоїв з урахуванням періоду функціонування T . З постами, що простоюють, у системі обслуговування пов'язані збитки від простоїв, а із завантаженими - витрати на функціонування. Чим більше пост завантажений, тим більші витрати на його функціонування, і чим більше часу пост простоює, тим більші збитки від простоїв. Оптимізація полягає в пошуку точки, в якій сума збитків і витрат на функціонування є мінімальною.

На ефективність роботи підсистеми технічного сервісу впливають такі значущі чинники: $(M_o + M_{ож})$ - середня кількість заявок на обслуговуванні та в черзі; k - кількість постів; $N_{год}$ - вартість нормо-години під час роботи бригади на пості ТО.

Отримані результати зміни цільової функції дають змогу узагальнити результати досліджень таким чином. Для підприємств невеликого тонуажу з мінімальною кількістю працюючих (1-3 чол.), наприклад, у фермерському господарстві, може бути використана стратегія 1 - ТО і ремонт у міру виходу обладнання з ладу (рис. 4.4).

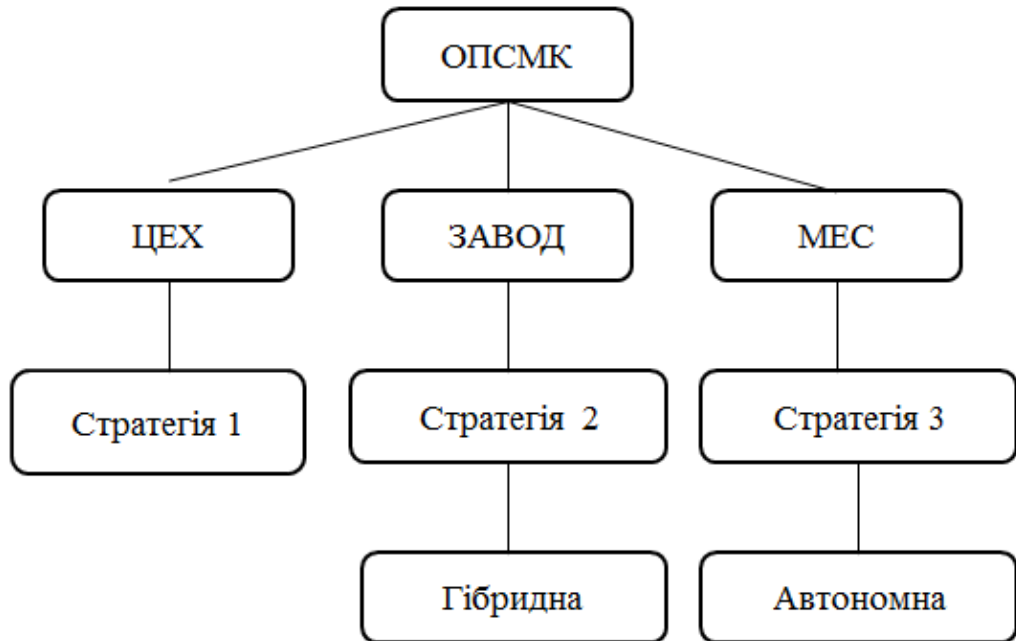


Рис. 4.4. Стратегії ТО і ремонту ОПНОК фермерського господарства



Рис. 4.5. Принципи побудови системи управління надійністю ОПНОК для підприємств середнього рівня

Для підприємств середнього тону прийнятною є друга стратегія і гібридна система ТО і ремонту із застосуванням системи управління надійності (рис. 4.5). Для великих підприємств система ТО і ремонту та СУН можуть бути автономними за стратегією 3 - за технічним станом, за результатами діагностування. Розроблено рекомендації з управління експлуатаційною надійністю, затверджені в установленому порядку.

4.4. Вплив організації системи технічного обслуговування та ремонту на надійність ОПНОК

Питання про вплив операцій та робіт, що виконуються для підтримки працездатності обладнання, профілактики його безвідмовності до теперішнього часу вже не є дискусійним завдяки безлічі наукових праць, написаних за матеріалам досліджень технічної експлуатації, опрацьованими в ряді НДІ, у тому числі ВНПТІМЕСГ, ДержНДТІ, ВІМ та ВІТІМ, є питання ТО та ремонту МТП сільськогосподарських підприємств.

Серед зазначених питань значущими є завдання ТО та ремонту, що вирішуються при їх організації. Свого часу НДІ були розроблені стаціонарні пункти ТО, на базі яких здебільшого сільськогосподарських організацій було засновано організацію технічної експлуатації як комбайнів, інших складних (самохідних, тобто обладнаних двигуном та рушієм) сільгоспмашин, так і колісних та гусеничних тракторів. Була створена концепція «машинних дворів», з урахуванням яких створювалася організація ТО машин при зберіганні та організації зберігання сільгоспмашин та тракторів у неробочий період. У розвиток цієї концепції у дисертаційній роботі В.М. Курочкина обґрунтовано організацію виконання ТО при зберіганні на машинних дворах, але загалом організація технічної експлуатації машинно-тракторного парку виробничих підрозділів аграрних підприємств, яка використала позитивний взаємозв'язок між технічною та виробничою експлуатацією, коли матеріальні та трудові витрати на ТО окупаються скороченням коефіцієнта простоїв

машинно-тракторного парку, підвищенням коефіцієнта технічної готовності та показників виробітку: змінною, денний та сезонний.

Виробничий досвід більшості аграрних підприємств у яких було впроваджено прогресивна організація технічної експлуатації підтверджує її позитивне вплив на виробничу експлуатацію, скорочення простоїв з технічних та організаційних причин у зв'язку з відмовами техніки. Узагальнення зазначеної теорії та практики виконано відомими дослідниками питань організації та технології ТОР в наукових роботах, які присвячені питанням забезпечення показників надійності машин та обладнання переробних підприємств [7, 9, 16].

Питанням забезпечення працездатності, розвитку та удосконаленню системи ТОР машин та обладнання переробних підприємств присвячено цілий ряд наукових робіт [5, 7, 12]. За результатами виконаних науково-дослідних робіт у цьому напрямі питання ефективного впливу ТОР на виробничі показники МТП перестали бути дискусійними, але в галузі переробного обладнання деякі питання технічного обслуговування і ремонту залишаються лише на рівні гіпотез [15, 16, 21].

У своїх дослідженнях ми використовували підхід до цього питання, розроблений в наукових працях [5, 7, 13], який полягає: у системному розгляді рівнів «складальна одиниця – вузол – обладнання». Ієрархія даної системи, наступна: на нижньому рівні – елементи, на середньому рівні – збірна одиниця, ще вище - вузол (таким чином підсистема включає або складальну одиницю, або вузол). Стосовно нашого дослідження елемент – це вал, вісь, кільце підшипника, робоча поверхня шнека, підсистема, система в цілому – ОПНОК.

Застосувавши системний підхід до взаємозв'язку ресурсу безвідмовної роботи ОПСМК та підсистеми ТОР, припустимо таке. Нижній рівень системи представлений елементами, до яких відносяться деталі, що мають третю поверхню, які характеризуються лише одним типом зносу та ТО. Зміна його ресурсу внаслідок зносу призводить зрештою до відмови складальної

одиниці або вузла: жаровні, преса, і т.д. по схемою. Отже, відмова елемента призводить до відмови на наступному рівні ієрархії всій системі загалом. Відповідно до ГОСТ, відмови елементів та підсистем викликають як функціональні, так і параметричні відмови технологічної системи видобутку олії, що призводить або до повної її зупинки, або до зниження продуктивності та якості. Наприклад, відмова однієї з жаровень знизить продуктивність системи, а відмова преса призведе до функціональної відмови всієї системи.

Технічне обслуговування ОПНОК дозволяє відновити працездатність елемента або знизити інтенсивність їх зносу, наприклад за рахунок робіт з ТОР.

Зношування елементів (деталей ОПНОК) визначає вартісні втрати, пов'язані з відмовою, позначимо ціну зносу деталі через $C_{\text{ІЗ}}$, а збитки теж в від фрикційного зносу – $У_{\text{ІЗ}}$. Нехай $T_{\text{ОТК}}$ – напрацювання на відмову (годину).

Тоді вартісний показник ефективності ТО - q визначається співвідношенням

$$q = K(t) \cdot \frac{(C_{\text{ІЗ}} + Z_{\text{ІЗ}})}{T_{\text{ОТК}}} + \frac{C_{\text{ТО}}}{t_{\text{ТО}}} \rightarrow \text{optim} \quad (4.1)$$

де $K(t)$ – коефіцієнт вартісних втрат як суми ціни зносу та шкоди від зносу, віднесена до напрацювання на відмову;

$T_{\text{ОТК}}$ – напрацювання на відмову, год.;

$C_{\text{ТО}}$ – вартість проведення ТО;

$t_{\text{ТО}}$ - період між ТО, годину.

Згідно з формулою (4.1), ефективність q підвищується при збільшенні напрацювання на відмова $T_{\text{ОТК}}$ і знижується зі збільшенням ціни зносу деталі $C_{\text{ІЗ}}$, шкоди від фрикційного зносу $У_{\text{ІЗ}}$ та вартості ТО. Ціна зносу деталі ОПНОК може бути знижена за рахунок застосування більш дешевого матеріалу, що має знижені характеристики міцності, або обробкою з меншою точністю, але здешевлення виробництва призведе до зменшення

напрацювання на відмову та скорочення періоду часу між ТО, та навпаки. Оптимальні значення можна отримати при мінімізації функції, яка має область визначення в межах від нуля до граничного зношування. Змінними є такі фактори, як $K(t)$, $T_{отк}$, $C_{то}$, і $t_{то}$.

Зношування деталі I змінюється в межах від 0 до граничного $I_{пр}$.

$$0 \leq I \leq I_{пр} \quad (4.2)$$

З'являються в процесі експлуатації ОПНОК явища зносу поверхонь тертя визначаються інтенсивністю зношування. У свою чергу, вона залежить від двох груп різноспрямованих факторів, перша – умови роботи фрикційної пари та властивості металу, з якого вони виготовлені. Друга група - параметри ТО: мастило, періодичність, спосіб проведення (за потребою чи з установкою періодичністю). Цікаво відзначити, що в даний час на обстежених нами МЕЗ та маслозаводах середнього та малого тонуажу ТО проводиться тільки при відмові обладнання, тобто навіть не за потребою, а у випадках виняткових, коли подальша робота обладнання неможлива, тоді виконуються операції ремонту, а чи не ТО.

Мінімізація характеристик системи ТО ОПНОК може бути виконана методом виключення, при якому змінні рівняння (4.6) поділяються на умовно постійні та змінні. Умовно постійні – це ті, що елімінуються на певному етапі дослідження. Наприклад, можна змінювати по черзі змінні $I_{пр}$, $T_{отк}$, $t_{то}$ інші залишивши як константи. З фізики зношування деталей ОПНОК слід, що при зменшенні часу $T_{отк}$ зменшується і шкода від зносу, але більше часте ТО збільшує витрати на технічну експлуатацію. У разі обладнання для переробки СМЯ знос Z ідентифікується статечним рівнянням із показником ступеня α тоді і вартість зносу C , так само виражатиметься аналогічною залежністю від $C_{од}$ у ступені α

$$C = C_{од} \cdot I^\alpha \quad (4.3)$$

Значення зносу та показник ступеня для деталей ОПСМК визначаємо емпірично (Табл. 4.1.).

Ціна валу олійного пресу МП-68 становить 33,7 тис. грн., а ТО - 1,2 тис. грн. Тоді сумарне значення зносу I у вартісних одиницях можна знайти з виразу: $\Pi = \Pi_{03}$

Таблиця 4.1.

Емпіричні значення параметрів зносу шнекового валу
олійного пресу МП-68

Деталь	Параметри фрикційних поверхонь				
	I , мкм/год.	C , грн./мкм	$V(t)$, число відмов	$I_{\text{ПР}}$, мкм	$K = \frac{t_p''}{t_p'}$
Вал (МП-68)	0,30	60	3	175	0,823
Питома ціна зносу, тис. грн./відмова	$q = 33,7 + \frac{12(3-1)}{3} = 19,23$				
Середнє міжремонтне напрацювання	$C = 1 + 0,8(3-1) = 2,6$				
Інтервал оптимального зношування для ТО	$0 \leq I_{\text{opt}} \leq I_{\text{ПР}}$				

Таблиця 4.2

Мінімізація витрат для оптимальних значень зносу, при якому
необхідно проведення ТО олійного пресу МП-68

Показник	Параметри технічного сервісу та зносу елемента системи ОПСМК				
	$t_{\text{ТО}}$	α	Напрацювання t_p' , год.	Напрацювання t_p'' , год.	Знос $\gamma_{\text{ср}}$ мкм/год.
Значення	120	3	175	0,8	0,0212
I_{opt}	$\frac{C_0}{C[\alpha-1]}$ в степені $\frac{1}{\alpha} = 0,954$ мкм				

Параметри I_{opt} , α можна визначити дослідним шляхом. Наприклад, елемент характеризується швидкістю зносу $I = 0,3$ мкм/год.; збитками від зносу $C = 60$ грн./мкм, $\alpha = 3$ числом відмов $V(t) = 3$, ставленням ресурсів ^

$$K = \frac{t_p}{t_p} = 0,8 \quad (4.4)$$

Граничне зношування шнекового валу олійного пресу МП-68, діаметром 85-100 мм. Складає $I_{ГР} = 175$ мкм (після його досягнення робота складальної одиниці неможлива).

Вартість шнекового вала $C_0 = 33700$, $C_p = 12000$, $C_{ТО} = 1200$. Визначимо загальну вартість зносу, що припадає на одну відмову

$$C = \frac{(C_0 + C_p + (V(t) - 1))}{V(t)} = \frac{33700 + 12000 \cdot (3 - 1)}{3} = 19233$$

Середнє значення міжремонтного напрацювання:

$$M = 1 + K (V(t) - 1) = 1 + 0,8 (3 - 1) = 2,6$$

Оптимальний знос перебуватиме в інтервалі

$$0 \leq I_{opt} = I_{ГР}$$

Наприклад, дослідним шляхом та розрахунками за відомою формулою (4.5) можуть бути отримані такі дані: $I_{ГР} = 0,954$ при $t_{ТО} = 120$ годину, $\alpha = 3$,

напрацювання $t'_p = 6000$, $t''_p = 3000$, $\gamma_{ср} = 0,0212$ мкм/час.

$$I_{opt} = \left(\frac{C_0}{C(\alpha - 1)} \right)^{\frac{1}{\alpha}}$$

Звернемо увагу на підсистеми, до яких відносяться складальні одиниці та вузли, відмова елемента призводить до відмови підсистеми. Відновлення працездатності ОПНОК, як показали обстеження, виконують вузловим

способом, тобто замінюють несправну деталь на нову або відремонтовану, ремонт за досвідченими даними, обходиться в більшу суму, ніж ТО:

$$C_{\text{відм}} > C_{\text{ТО}}$$

Таблиця 4.3

Результат розрахунку оптимальних параметрів підсистеми керування надійністю

Параметри	t_p	δ	$C_{\text{ТО}}$	$C_{\text{ОТК}}$	K_2	K_1
Одиниці виміру	год.	год.	грн.	грн.	-	-
Значення	240	40	2400	2600	6	1

Задавшись значеннями ймовірності відмови $F(t_{\text{отк}}) \leq 0,1$ за допомогою квантилів, знайшли значення $t_{\text{отк}i}$:

$$t_{\text{отк}i} = t_p - 3_{Pi} \cdot \delta = 240 - 403_{Pi}$$

До того ж,

$$\frac{C_{\text{ТО}}}{t_{\text{ТО}}} = \frac{2400}{2} = 1200 \text{ грн/год}$$

$$F_{(t_{\text{отк}})} \left(\left[K_1 + \frac{K_2}{1 - 0,5F(t_{\text{отк}})} - 1 \right] \right) + 1 = \frac{4F(t_{\text{отк}})}{1 - 0,5F(t_{\text{отк}})} + 1$$

Розрахуємо значення

$$\frac{4F(t_{\text{отк}})}{1 - 0,5F(t_{\text{отк}})}$$

За даними розрахунків на ПК, оптимальне значення цільової функції $F = 2580$ /год при $t_{\text{отк}} = 200$ годин.

Питома вартість усунення відмов

$$\frac{4F(t_{OTK})}{1 - 0,5 F(t_{OTK})} + 1$$

$$C_{\text{від}} = \frac{9600}{200} = 48 \text{ грн/год}$$

Ефективність сервісу становитиме $\Delta C = 48 - 12 = 36$ /год.

Далі розглянемо підсистеми технологічної лінії, до яких віднесли машини (прес, жаровня, фузоловушки, сепаратори пластинчасті, фільтри напірні пластинчасті) та основні агрегати (шнекові вузли тощо).

На ОЕЗ існує ряд машин, агрегатів та вузлів, з ймовірністю P_i вимагають ремонтних дій. Вважаємо, що відмови ведуть до шкоди від простоїв обладнання та зниження коефіцієнта технічної готовності до додаткових витрат на операції ремонту, на запчастини, на технологічні матеріали та інструменти, оснастку. Підсистеми можуть містити елементи, граничне зношування, яких призводить до граничного зносу підсистеми. Наприклад, це робочі органи преса, і такий ресурс є обмеженням.

Цільова функція (критерій ефективності) може бути у вигляді питомого показника – питомих витрат на ремонт та шкоду від простоїв та відмов, щодо параметра числа відмов $V(t)$:

$$q = \frac{V(t)}{m} \cdot \frac{B_{\text{пз}} + B_{\text{пр}}}{t_p} + \sum_{i=1}^n \frac{B_{\text{об}j}}{t_{\text{об}j}} \rightarrow \min$$

Питома вартість зносу $C_{\text{ОІ}}$ визначається як сума витрат, поділена на кількість відмов $V(t)$, а вартість поточного ремонту $C_{\text{ТР}}$ – як сума вартості запчастин $C_{\text{зч}}$, матеріалів $C_{\text{м}}$, оплати праці з нарахуваннями $C_{\text{т}}$, збитки від простоїв та витрати на операції ремонту та ТО $C_{\text{пр}}$. Параметри потоку відмов $V(t)$ та потоку відновлень $\mu(t)$ пропонується встановити в ході

експериментальних досліджень і даних випробувань, проведених машинно-випробувальними станціями (МВС).

Математичні методи теорії надійності дозволяють встановити параметр $V(t)$ розрахунковим шляхом, та методом разових («моментних») спостережень, заснованому на встановленому факті: потік відмов є ергодичним. Як відомо ергодичність потоку відмов обладнання полягає в тому, що оцінка середнього значення функції на інтервалі в межах допустимої для інженерних розрахунків помилки одно оцінки математичного очікування по всій безлічі спостережень.

Наприклад, кількісно знос характеризується $a = 0,16$ мкм/год. та збитки $C = 128$ /мкм та $\beta = 2$. Вартість поточних ремонтів $B = 48$ /година та $x = 1,42$.

Вартість ремонту силового агрегату обладнання $C_{об} = 40000$, а вартість капітального ремонту, його обслуговування $C_{об} = 8000$ число циклів експлуатації до списання $V(t) = 10$. Гранично допустиме зношування робочого органу (елемента, що визначає працездатність системи) складає $I_{гр} = 200$ мкм.

Результати розрахунків наведено у таблиці 4.4. Збитки перевищують вартість ремонту, отже, необхідне вдосконалення інженерної служби з урахуванням сучасних умов, які мають виконувати функції системи управління надійністю обладнання для переробки насіння олійних культур на маслозаводах та ОЕЗ.

Таблиця 4.4

Результати розрахунків для управління надійністю обладнання для однієї точки зносу

$t'_{отк}$, год.	$t''_{отк}$, год.	$I_{пр.опт}$, мкм	$\gamma_{ср}$	$C_{тр}$, грн.	$C_{школа}$, грн.
5700	4200	160	0,044	40000	60000

Вона може бути заснована на розглянутих стосовно обсягу досліджень закономірності, сформульовані у вигляді аналітичних виразів. Створення

комп'ютерних програм для розрахунків за цими формулами дозволить виконувати обґрунтування рішень щодо управління показниками надійністю.

У результаті розгляду поставленого завдання встановлено таке. Поруч авторів виявлено закономірності впливу періодичності ТО, поточних ремонтів на знос машин, їх працездатність та ефективність використання стосовно машинно-тракторний парк сільськогосподарських підприємств. У умовах, що змінилися організації технічного сервісу превалюють ринкові орієнтири, серед яких неявно виглядають питання актуальності ТО обладнання для переробки олійних культур.

Обстеження масло цехів сільськогосподарських підприємств, маслозаводів малого та середнього тоннажу, великотоннажних олійно-екстракційних заводів (ОЕЗ) показали недостатню увагу менеджерів до технічного сервісу, нерозуміння інженерних знань про існування впливу ТО та ремонтів на ресурс та знос технологічного обладнання, і тому знань про закономірності інженерної сфери недостатньо для побудови встановленим державним стандартом системи керування надійністю.

Розроблено методику вартісної оцінки втрат від зносу деталей, вузлів, систем. обладнання представлена математичними залежностями та наочно показує ефективність сервісу.

ВИСНОВКИ

1. На підставі виконаного аналізу стану встановлено, що виробництво рослинних олій за останні роки значно зросло. Значна частина отриманих рослинних олій входить експорту України.
2. Залишаються актуальними і важливими питання управління надійністю та ефективністю ОПНОК під час його експлуатації. Проблема має мінімум три аспекти: предмет праці або ж рослинна сировина – олійні культури; знаряддя праці ОПНОК; організація технічного обслуговування та ремонту.
3. Встановлена необхідність підвищення надійності обладнання з переробки насіння олійних культур вдосконаленням організації його ТО, оскільки коефіцієнт його технічного використання на більшості підприємств перебуває нижче встановленого рівня і в середньому становить 0,92-0,94, що призводить до непродуктивних простоїв і втрат потужності.
4. Моделі відмов і відновлень, організація ТОР ОПНОК досліджені недостатньо. Встановлено, що система управління надійністю обладнання з переробки насіння олійних культур має властивості послідовних, паралельних та змішаних системи. Взаємозв'язки ОПНОК визначають закономірності впливу системи ТОР і системи управління його надійністю на ефективність роботи олійно-переробного підприємства.
5. Розроблено математичну модель організації ТО за методом вкладеного марковського ланцюга. Цільову функцію визначено через математичні очікування: знаходження заявок у черзі та заявок на обслуговування, пропозицій щодо резервування.
6. Попередніми дослідженнями встановлено, що збитки від простоїв ОПНОК залежно від зносу зростає за експонентою. Отримані емпіричні значення параметрів зносу деталей олійного пресу МП-68.
7. За результатами впровадження модернізованої організації ТО на переробному підприємстві знижуються непродуктивні простоя обладнання та виробничого персоналу, збільшується коефіцієнт ТО з існуючого 0,86 до 0,93.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення. Видання офіційне. Держстандарт України. Київ. 75 с.
2. ДСТУ 2861-94. Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення. Видання офіційне. Держстандарт України. Київ. 16 с.
3. ДСТУ 2863-94. Надійність техніки. Програма забезпечення надійності. Загальні вимоги. 25 с.
4. Новицький А. В., Ружи́ло З. В., Бистрий О. М., Банний О. О., Сиволапов В.А. Надійність машин та обладнання. Оцінка та забезпечення надійності машин та обладнання.. Том 1. Навчальний посібник: НУБіП України. Київ. 2023. 213 с.
5. Мельник В. І. Ружи́ло З. В., Мельник В. І., Новицький А. В., Ревенко Ю. І., Бистрий О. М., Попик П. С. Надійність машин та обладнання. Ремонтування машин та відновлення деталей. Том 2. Навчальний посібник: НУБіП України. Київ. 2023. 313 с.