



ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТРАНСПОРТУ ТА ЕНЕРГЕТИКИ

КАФЕДРА «ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ МАШИН»

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

«Удосконалення системи технічного обслуговування і
ремонту парку транспортних машин у ТОВ «АВТО ТРЕЙД
2021» м. Кропивницький»

Виконав:

магістрант групи АТ-23М-2 Ян ТИРСА
(шифр групи) (підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник:

Д.Т.Н., проф. Віктор АУЛІН
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ім'я та прізвище)

«ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри:

К.Т.Н., доц. Сергій
МАГОПЕЦЬ
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 2024 р.

Рецензент:

_____, _____
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ім'я та прізвище)
«__» _____ 2024 р.

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТРАНСПОРТУ ТА ЕНЕРГЕТИКИ
КАФЕДРА «ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ МАШИН»

Рівень вищої освіти: другий (магістерський) рівень вищої освіти

Галузь знань: 27 «Транспорт»

Спеціальність: 274 «Автомобільний транспорт»

Освітньо-професійна програма: «Автомобільний транспорт»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри «Експлуатація та
ремонт машин»

_____ Сергій МАГОПЕЦЬ
«__» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ

Тирси Яна Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи «Удосконалення системи технічного обслуговування і ремонту парку транспортних машин у ТОВ «АВТО ТРЕЙД 2021» м. Кропивницький»

керівник роботи Аулін Віктор Васильович, Д.Т.Н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові) (науковий ступінь) (вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «07» 08 2024 року
№43-13

2. Строк подання здобувачем роботи «30» листопада 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи 1. Матеріали науково-дослідної практики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

4.1 Розділ 1 Проаналізувати організацію та управління систем технічного обслуговування і ремонту транспортних машин. Здійснити аналіз сучасних парків транспортних машин. Розглянути існуючі системи технічного обслуговування транспортних та технологічних машин. Запропонувати систему управління технічним станом парків транспортних машин.

4.2 Розділ 2 Запропонувати математичну модель об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування та ремонту парку машин. Проаналізувати показники якості функціонування парку транспортних машин. Розробити математичні моделі об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування і ремонту парку машин; визначення раціональної періодичності ремонтно-обслуговуючих впливів; визначення періодичності

об'єктно-орієнтованої системи ТО та Р транспортних машин. Здійснити оцінку адекватності розроблених математичних моделей об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування і ремонту парків машин. Виконати оперативне управління технічним станом парку транспортних машин в умовах дефіциту інформації.

4.4 Розділ 4 Дати техніко-економічну оцінку результатів дослідження вдосконалення системи технічного обслуговування і ремонту транспортних машин. Обґрунтувати стратегії заміни та відновлення машин і їх основних елементів. Запропонувати лізинг як засіб підвищення ефективності використання транспортних машин. Виконати розрахунок економічної ефективності впровадження об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування та ремонту машин

5. Перелік ілюстративного матеріалу на 13
слайдах

ГРАФІК ВИКОНАННЯ ЕТАПІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	РОЗДІЛ 1	18.10.2024	
2	РОЗДІЛ 2	08.11.2024	
3	РОЗДІЛ 3	22.11.2024	
4	РОЗДІЛ 4	28.11.2024	
5	Ілюстративний матеріал	29.11.2024	

Магістрант _____
(підпис)

Ян ТИРСА _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Віктор АУЛІН _____
(ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота складається з пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу.

Пояснювальна записка має 89 сторінок тексту формату А4, 29 рисунків, 10 таблиць, 22 використане джерело по переліку посилань.

В першому розділі проаналізовано організацію та управління систем технічного обслуговування і ремонту транспортних машин. Здійснено аналіз сучасних парків транспортних машин. Розглянуто існуючі системи технічного обслуговування транспортних та технологічних машин. Запропоновано систему управління технічним станом парків транспортних машин.

В другому розділі запропоновано математичну модель об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування та ремонту парку машин. Проаналізовано показники якості функціонування парку транспортних машин. Розроблено математичні моделі об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування і ремонту парку машин; визначення раціональної періодичності ремонтно-обслуговуючих впливів; визначення періодичності контрольно-діагностичних перевірок.

В третьому розділі отримано результати дослідження організації виробництва з технічного обслуговування та ремонту парків машин. Визначено кількісних параметрів об'єктно-орієнтованої системи ТО та Р транспортних машин. Здійснено оцінку адекватності розроблених математичних моделей об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування і ремонту парків машин. Виконано оперативне управління технічним станом парку транспортних машин в умовах дефіциту інформації.

В четвертому розділі дано техніко-економічну оцінку результатів дослідження вдосконалення системи технічного обслуговування і ремонту транспортних машин. Обґрунтовано стратегії заміни та відновлення машин і їх основних елементів. Запропоновано лізинг як засіб підвищення ефективності використання транспортних машин. Виконано розрахунок економічної

ефективності впровадження об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування та ремонту машин.

Метою дослідження є підвищення конкурентоспроможності парків транспортних машин шляхом удосконалення організації виробництва з їх технічного обслуговування та ремонту.

Для досягнення зазначеної мети в магістерській роботі розв'язувалися такі завдання:

- провести аналіз стану парків транспортних машин та розробити основні напрямки та заходи підвищення ефективності їх технічного обслуговування та ремонту;
- розробити математичні моделі визначення оптимальної періодичності проведення контрольно-діагностичних та ремонтно-обслуговуючих впливів з урахуванням критеріїв якості функціонування парків машин;
- встановити структуру та кількісні параметри об'єктно орієнтованої системи технічного обслуговування та ремонту транспортних машин, підтверджені чисельним експериментом та практикою технічної експлуатації парків машин;
- сформувати раціональну структурну модель та інформаційне забезпечення системи моніторингу та управління технічним станом парків транспортних машин.

Об'єкт дослідження – процеси технічного обслуговування та ремонту парку транспортних машин.

Предмет дослідження – удосконалення системи технічного обслуговування та ремонту парків транспортних машин.

Наукова новизна:

- обґрунтовано системоутворюючі принципи формування парків транспортних машин;
- сформульовано основні положення побудови системи управління виробництвом з технічного обслуговування та ремонту парку машин;
- розроблено комплекс математичних моделей об'єктно-орієнтованої системи контрольно-діагностичних та ремонтно-обслуговуючих впливів з урахуванням

критеріїв якості функціонування парків транспортних машин;

- встановлено кількісні зв'язки параметрів об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування та ремонту транспортних машин, підтверджені чисельним експериментом та практикою технічної експлуатації машин.

Практична цінність магістерської роботи полягає в тому, що результати досліджень дозволяють:

- скоротити кількість ремонтно-обслуговуючих впливів, знизити час простою машин у технічному обслуговуванні та пошуку дефектів транспортних машин за рахунок застосування об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування та ремонту;

- застосовувати систему моніторингу для прогнозу технічного стану парку машин та вироблення обґрунтованих управлінських рішень з метою покращення непродуктивних матеріальних та трудових витрат.

ЗМІСТ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

1.1 Аналіз сучасних парків транспортних машин

1.2 Існуючі системи технічного обслуговування транспортних та технологічних машин

1.3 Система управління технічним станом парків транспортних машин

1.4 Технічне діагностування як основа раціональної системи технічного обслуговування та ремонту транспортних машин

Висновки по розділу 1. Мета та основні завдання досліджень.

Висновки по першому розділу

РОЗДІЛ 2. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ПАРКУ МАШИН

2.1 Показники якості функціонування парку транспортних машин

2.2 Математичні моделі об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування і ремонту парку машин

2.3 Математична модель визначення раціональної періодичності ремонтно-обслуговуючих впливів

2.4 Математична модель визначення періодичності контрольно-діагностичних перевірок

Висновки по другому розділу

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА З ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ПАРКІВ МАШИН

3.1 Визначення кількісних параметрів об'єктно-орієнтованої системи ТО та Р транспортних машин

3.2 Оцінка адекватності розроблених математичних моделей об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування і ремонту парків машин

3.3 Оперативне управління технічним станом парку транспортних машин в умовах дефіциту інформації

Висновки по третьому розділу

РОЗДІЛ 4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

4.1 Обґрунтування стратегії заміни та відновлення машин і їх основних елементів

4.2 Лізинг як засіб підвищення ефективності використання транспортних машин

4.3 Розрахунок економічної ефективності впровадження об'єктно орієнтованої системи технічного обслуговування та ремонту машин

Висновки по четвертому розділу

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ВСТУП

Розвиток транспортної стратегії України передбачає масштабне будівництво опорно-транспортних мереж у регіонах країни та великих міських агломераціях, що вимагає використання різноманітної техніки, зокрема парків транспортних машин.

Основна проблема реалізації цієї стратегії полягає в тому, що значна частина існуючого парку транспортних машин перебуває у критичному стані через фізичний і моральний знос. Ситуацію ускладнює наявність багатьох дрібних організацій і фірм, які володіють застарілою технікою, але через обмежені фінансові ресурси не можуть дозволити собі оновлення парків сучасною високопродуктивною технікою. Крім того, за роки реформ обсяги виробництва транспортних машин скоротилися у 50 разів, що також вплинуло на доступність сучасних рішень.

Ці фактори значно ускладнюють організацію робіт із технічного обслуговування та ремонту парків транспортних машин, а також вимагають удосконалення методів управління їх технічним станом. Ефективність роботи парків багато в чому залежить від розвитку засобів технічної діагностики та впровадження новітніх технологій обробки інформації, спрямованих на оптимізацію управлінських рішень для забезпечення працездатності машин.

Під організацією розуміється комплекс заходів, які забезпечують стійку взаємодію всіх елементів системи підтримання працездатності машин. Управління, своєю чергою, є функцією цієї системи, що передбачає вдосконалення її структури задля досягнення поставлених цілей. Організація та управління є основою виробничих і управлінських механізмів, що забезпечують стабільне функціонування системи підтримання працездатності машин.

Для підвищення ефективності використання парків транспортних машин необхідно розвивати засоби технічної діагностики та застосовувати нові технології обробки й використання інформації, спрямовані на оптимізацію управлінських

рішень і підвищення якості роботи. У цьому контексті актуальним є вдосконалення організації технічного обслуговування та ремонту парків машин, а також управління їх технічним станом.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПИТАНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

1.1 Аналіз сучасних парків транспортних машин

Підвищення продуктивності та ефективності роботи транспортних машин є одним із ключових факторів розвитку економіки країни. Для значного зростання продуктивності праці у транспортних системах держави та її регіонів важливим є технічне переоснащення та оновлення парків машин шляхом впровадження сучасної високопродуктивної техніки. Водночас підвищення ефективності функціонування цих систем значною мірою залежить від оптимізації використання потенціалу наявних механізмів. Ринкові умови спонукають до пошуку нових підходів в організації технічної експлуатації та управлінні парками машин, зокрема через вдосконалення системи технічного обслуговування та ремонту.

При цьому забезпечення працездатності та ефективного використання парків машин має свої особливості порівняно із забезпеченням працездатності окремих одиниць техніки. Головна складність полягає у відсутності цілісної теорії щодо управління працездатністю парків машин, хоча для її створення існують певні передумови. До них належать: детальне вивчення питань працездатності окремих машин, розвиток теоретичних основ технічної діагностики, а також застосування сучасних інформаційно-аналітичних методів управління технічними системами.

Крім того, сучасні парки транспортних машин характеризуються значною неоднорідністю складу. Вони включають як застарілі зразки техніки, так і високопродуктивні машини іноземного виробництва. Різноманіття марок і типів транспортних машин значно ускладнює організацію їх технічного обслуговування та ремонтних процесів.

З розвитком методів і засобів технічної діагностики стратегія технічного обслуговування та ремонту потребує переходу від планово-запобіжних ремонтів, орієнтованих на напрацювання, до системи, що базується на стані елементів машин.

Економічні реформи, які спричинили зміну власників техніки, призвели до

пришвидшеного старіння парків через низький рівень їх оновлення.

Протягом років реформ обсяги виробництва транспортної техніки значно скоротилися, і більшість потреб у нових машинах нині задовольняється завдяки імпорту. За останні роки частка закордонної техніки у загальному парку транспортних засобів зросла з 16% до 20%.

Суттєва зношеність транспортних парків створює небезпеку: знижуються ефективність експлуатації машин, зростають витрати на механізацію робіт, що негативно впливає на виробничий потенціал країни та її економічну продуктивність.

Сьогодні необхідно розпочати оновлення транспортних парків, включаючи розрахунок обсягів постачання нової техніки та списання застарілих машин. Це дозволить удосконалити структуру парків, покращити типорозмірний склад і привести їх у відповідність із виробничими програмами. Водночас важливо збільшити виробництво транспортної техніки за ключовими напрямками до рівня, який забезпечуватиме економічну безпеку країни та її регіонів.

Останніми роками спостерігається перехід від екстенсивного до інтенсивного розвитку парків техніки. З'явилися нові ринкові структури, а також конкурентне середовище у сфері використання транспортних і технологічних машин. Розпочався випуск сучасної потужної техніки з універсальними змінними робочими органами, розвивається кооперація із зарубіжними компаніями у створенні та впровадженні нових машин. Однак, на думку фахівців, фінансові ресурси країни для оновлення парків залишаються обмеженими, що гальмує заміну старих основних фондів.

Оскільки більшість машин у парках закуповувалися за умов централізованих поставок, стабільного завантаження й масових обсягів робіт, то після зникнення централізованої системи зв'язку між споживачами та виробниками оновлення парків часто відбувається хаотично. У таких умовах дедалі частіше купується імпортна техніка.

У сучасних ринкових умовах проблема організації та ефективного використання транспортних машин набуває особливої актуальності. Сучасний етап розвитку машинної бази супроводжується масштабним будівництвом опорно-

транспортних мереж у регіонах країни та великих муніципальних утвореннях, що вимагає застосування широкого спектра техніки.

Створення системи машин та технічне переозброєння транспортної галузі обумовлює необхідність розробки методологічних та практичних основ такої системи. Структурна схема формування системи машин регіону, яка потрібна на виконання програми робіт із застосуванням транспортних машин, показано на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Структурна схема системи транспортних машин

З рис. 1.1 видно, що одним із ключових факторів, які впливають на структурне формування системи машин, є термін виконання всіх робіт, передбачених робочою програмою в регіоні. Як критерій ефективності запропонованої системи машин можна розглядати мінімізацію сукупних витрат, пов'язаних із простоями як парку машин (або окремих одиниць техніки), так і об'єктів, де виконуються роботи.

Цільовою функцією в цьому випадку виступає функція, спрямована на зменшення витрат, які виникають через простой машин та об'єктів, і її можна записати у наступному вигляді:

$$C = \sum_{i=1}^n T_{np_{ni}} \cdot C_{zod_{ni}} + \sum_{j=1}^m T_{np_{oj}} \cdot C_{oj} \rightarrow \min, \quad (1.1)$$

де $T_{np_{ni}}$ - кількість годин простою і-го парку машин, год./рік;

$C_{zod_{ni}}$ - умовна вартість однієї години простою парку машин, у.о./год;

$T_{np_{oj}}$ - кількість годин простою j-го об'єкта будівництва, год/год;

C_{oj} - умовна вартість простою фронту робіт на об'єкті будівництва, у.о./год.

$$T_{np_{ni}} = \sum_{k=1}^K T_{np_{mk}}, \quad (1.2)$$

де $T_{np_{mk}}$ - зниження часу простою до -го модуля парку машин або окремої машини, год./рік.

Аналіз складових функції (1.1) показує, що відповідно до теми дослідження більшою мірою можна впливати на складову зниження витрат за рахунок часу простою парку машин.

Отже, система машин може бути організована через створення парків транспортних машин, враховуючи обмежену номенклатуру техніки для виконання різних видів робіт, із застосуванням заходів технічного переоснащення наявних парків. Це означає, що для вирішення цієї задачі необхідно узгодити технологічні комплекси транспортних машин із запланованими для них обсягами робіт. Іншими словами, потрібно забезпечити відповідність між запланованими обсягами робіт і доступними засобами механізації, а також, за потреби, визначити обсяги виробництва або придбання нової техніки.

Система машин має складатися з окремих парків транспортних засобів із модульною структурою, що визначається рядом характеристик. Серед таких характеристик можна виділити: призначення техніки; рівень її продуктивності; вік і напрацювання за час експлуатації; країну-виробника тощо.

Схема модульної структури парків транспортних і технологічних машин, що

входять до системи машин регіону, представлена на рис. 1.2.

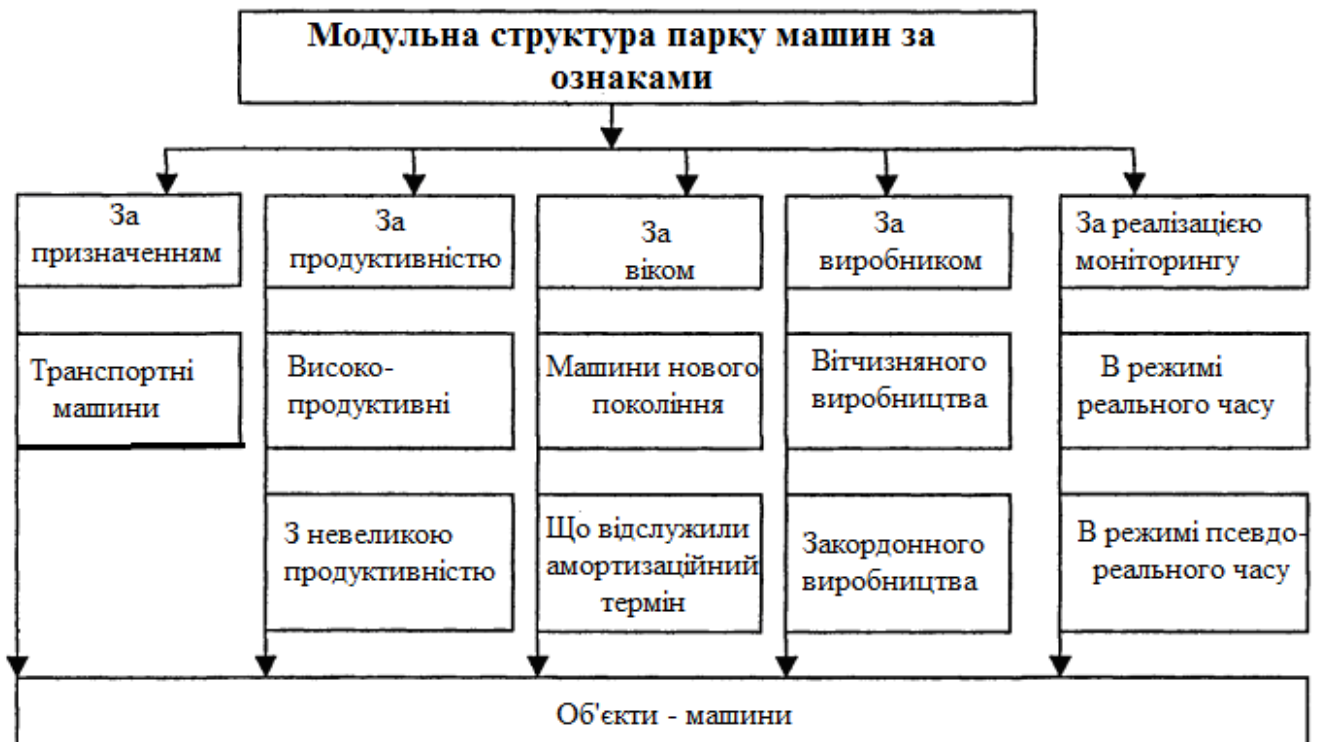


Рисунок 1.2 - Модульна структура парків машин

Така структура машинних парків необхідна для максимально ефективного використання машин, з огляду на їх продуктивність і збільшення тривалості робочого часу. Це повинно розглядатися з точки зору загального ефекту від виробничої та технічної експлуатації цих парків машин. Це можна досягти лише за умов тісної взаємодії між виробничою та технічною експлуатацією машин. Підвищення ефективності використання машин у процесі виробничої експлуатації може бути досягнуто через збільшення часу роботи між технічними обслуговуваннями, що ґрунтуються на діагностичних даних.

З цього можна зробити висновок, що основними принципами формування системи машин для конкретного регіону або підприємства, що має на меті ефективне використання парків транспортних машин, є:

- мінімізація загальних витрат на компенсацію простоїв машин;
- удосконалення системи ремонту та обслуговування, а також контрольних і діагностичних технічних впливів для забезпечення безперервної готовності машин

до експлуатації;

- управління технічним станом машинних парків на основі постійного моніторингу з використанням кількісної оцінки та перетворення інформаційних потоків, що відображають динаміку структурних параметрів парків;
- підвищення конкурентоспроможності машинних парків через розширення лізингу техніки для технічного переозброєння та сервісного обслуговування.

З огляду на це, основна увага була приділена організації виробництва технічного обслуговування та ремонту, а також управлінню технічним станом парків транспортних машин, зокрема машинам, термін служби яких перевищує 10 років, а також лізингу як одному зі способів модернізації системи машин.

1.2 Існуючі системи технічного обслуговування транспортних та технологічних машин

У підвищенні ефективності використання парків транспортних машин велика роль належить удосконаленню системи технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) машин.

Під технічною системою будемо розуміти окрему машину, що володіє параметрами, технічний стан якої змінюється в часі. Технологічна система - сукупність виробничих процесів підтримки працездатності машин як окремих технічних систем чи парку машин загалом. Такою системою буде, наприклад, система ТО і Р. Технічне обслуговування є елементом системи запобіжного обслуговування і ремонту машин і є комплексом профілактичних робіт, що проводиться з метою підтримки працездатності та справності машин. Завдання технічного обслуговування - попередження підвищеного зношування деталей та сполучень, відмов та пошкоджень машин. Під системою ТО і Р розуміють сукупність принципів, правил та методів виконання технічних впливів щодо забезпечення працездатного стану машин.

Один з основних стратегічних напрямків підвищення ефективності роботи парків транспортних засобів полягає в удосконаленні систем забезпечення їх

працездатності з урахуванням мінімізації витрат на технічне обслуговування (ТО) та ремонт (Р). Сучасні системи ТО і Р базуються на проведенні профілактичних заходів або на усуненні пошкоджень після відмови елементів машин.

До недавнього часу єдиною офіційно прийнятою системою є планово-запобіжний ремонт (ПЗР) та технічне обслуговування (ТО) машин. Аналіз літератури та дослідження досвіду експлуатації транспортних парків свідчать, що застосування планово-запобіжної системи впродовж тривалого часу дозволяло раціонально витрачати ресурси машин, виконуючи регламентовані технічні впливи. Водночас, у період експлуатації машини неодноразово перевищували амортизаційний термін служби.

Зараз прагнення збільшити продуктивний час, скорочуючи час на ТО і Р та зменшуючи витрати на забезпечення працездатності машин, зрештою призводить до скорочення терміну їх служби (рис. 1.3).

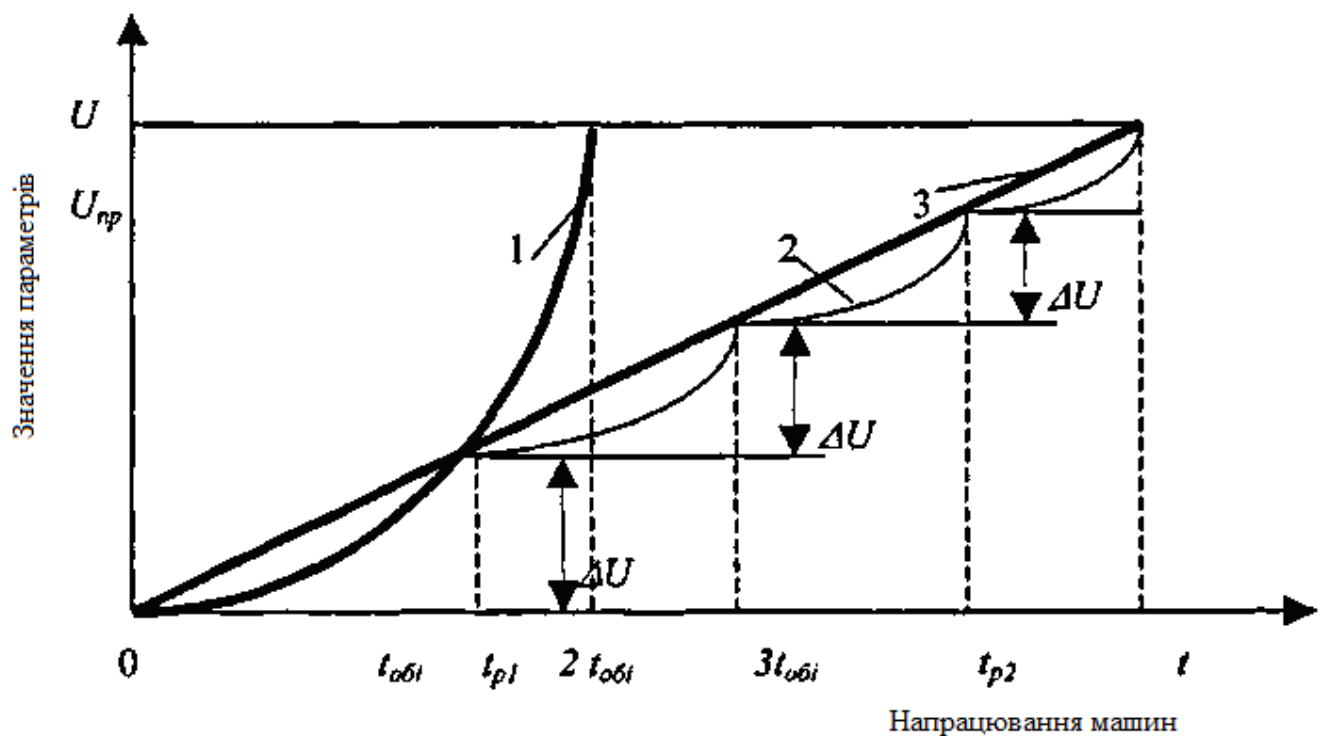


Рисунок 1.3 - Зміна залежності ресурсу машин від періодичності обслуговування: 1 - загальний ресурс машин за відсутності ТО; 2 - зміна ресурсу за різної періодичності ТО; 3 - загальний ресурс машин під час виконання ТО

Отже, відмовлятися від регламентованих технічних впливів не є доцільним,

проте регламент проведення ТО і Р повинен бути більш індивідуальним для кожного об'єкта, що можна реалізувати лише шляхом підвищення інформативності процесу ТО і Р машин. Наразі для забезпечення справності та працездатності техніки використовуються такі системи ТО і Р (рис. 1.4):

1. Планово-запобіжна система, яка характеризується простотою застосування, чіткістю розроблених нормативів та можливістю планування числа ремонтних дій, т.к. технічні впливи виконуються в плановому порядку з певною періодичністю після досягнення машиною регламентованого напрацювання. При проведенні профілактичних впливів у плановому порядку не враховується фактичний стан машини загалом та окремих складальних одиниць. Однак ця система не враховує специфіки конкретних умов експлуатації, ролі технічної діагностики машин і не базується на економічних умовах.

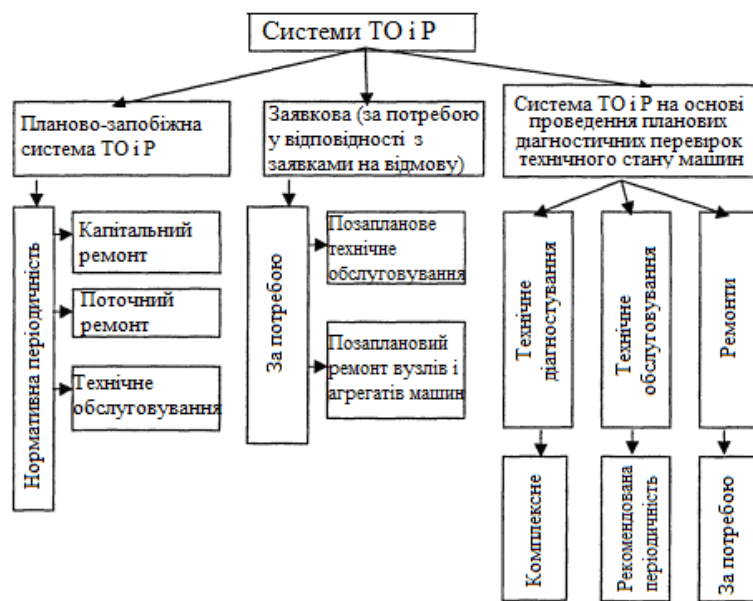


Рисунок 1.4 – Існуючі системи технічного обслуговування і ремонту транспортних машин

2. Заявна система - ТО і Р машин здійснюється «за потребою», відповідно до заявок виробників, тобто. за фактичним станом машини. Недоліком цієї системи є неможливість планування ремонтно-обслуговуючих технічних впливів, що пов'язано з порушеннями графіків ремонтних робіт та постачання запасних частин. При цьому загалом скорочується термін служби машин.

3. Система ТО і Р на основі проведення технічного діагностування як самостійного виду ремонтно-профілактичного впливу. Недоліком даної системи і те, що вона не має кількісних оцінок рекомендованої періодичності проведення діагностичних перевірок технічного стану машин. Діагностування здійснюється по машині в цілому як частина процесу встановлення стану машин безпосередньо перед проведенням ТО і Р.

При модульній структурі парків транспортних машин застосування єдиної системи ТО і Р машин стає недоцільною. Потрібна гнучкіша, диференційована система ТО і Р, заснована на визначенні технічного стану кожного об'єкта діагностування. Така система ТО і Р машин має бути об'єктно-орієнтованою системою, тобто. спрямованої на моніторинг технічного стану як кожного модуля парку машин, так і кожної машини як об'єкта спостереження.

1.3 Система управління технічним станом парків транспортних машин

Для вирішення поставлених вище завдань парк транспортних машин у даній роботі розглядається як складна технічна система. Одним із шляхів підвищення ефективності функціонування такої складної технічної системи є вдосконалення управління її технічним станом.

Управління - це процес перетворення інформації про стан системи на певні цілеспрямовані дії, що переводять керовану систему з вихідного на заданий стан. Передбачається, що управління технічним станом парків машин базується на сукупності базових елементів управління, наведених на рис. 1.5 та включають принципи управління, методи та функції управління системою.

Управління технічним станом парків транспортних машин має бути засноване на наступних принципах:

- системність - розгляд парку машин як складної технічної системи - структурно взаємопов'язаних та взаємозалежних елементів;
- ієрархічність – послідовне угруповання сукупностей елементів системи на певних рівнях, обумовлених конструктивними або технологічними характеристиками та забезпечують цілісність системи;

- гнучкість системи - реактивність (чутливість) системи на керуючі та зовнішні впливи на основі зворотного зв'язку;

- інформативність - можливість отримання, обробки та аналізу мінімальних, але необхідних для прийняття управлінських рішень інформаційних потоків;

- ітеративність - послідовне, багатокрокове прийняття, реалізація та коригування управлінських рішень для досягнення поставлених цілей.

Методи прийняття управлінських рішень щодо управління технічним станом парків машин можуть бути різними залежно від виробничої ситуації, ступеня невизначеності інформації про стан парків машин на поточний момент часу та методику формування тих чи інших рішень.

Функції управління технічним станом парків машин є загальноприйнятими функціями для управління будь-якою складною системою: планування, організація, контроль та прогнозування.

Дослідження побудовано на основі перерахованих вище принципів управління, прийнято основні перелічені методи стосовно таких функцій управління технічним станом парків машин як планування, організація та прогнозування.

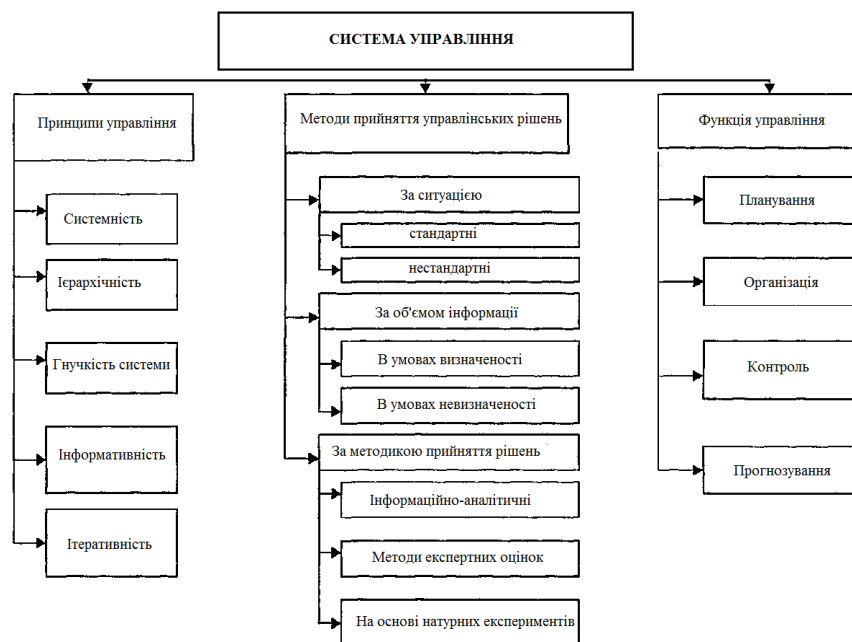


Рисунок 1.5 - Базові елементи системи управління технічним станом парків машин

На практиці все більшого застосування знаходять інформаційно-аналітичні методи управління складними технічними системами та їх технічним станом. Такий підхід дозволяє при дослідженні процесів управління виділити певні інтервали часу, в яких технічний стан систем, що розглядаються, може бути представлений чисельними параметрами, що не зазнають істотних змін у межах кожного інтервалу і надають можливість розгляду їх у рамках математичних моделей.

Якщо систему виробничої та технічної експлуатації транспортних машин розглядати як складну технічну систему, то під об'єктом управління можна розуміти парк машин в цілому, окремий структурний модуль або кожен машину окремо, для нормальної роботи якого необхідні ті чи інші керуючі впливи.

Для парку машин загалом управляючі впливи - це база даних, що містить плани робіт, розпорядження вищих організацій, ресурси тощо. Для окремих модулів парку - це база даних, що містить відомості про кількість машин у модулі, портфель замовлень для цих машин, кількість ремонтних бригад і т.д.

Для кожного об'єкта спостережень (окремої машини) - це база даних, що містить відомості про напруження машини, інтенсивності відмов λ , інтенсивності виконання отриманих заявок μ , ремонтні нормативи - періодичність виконання технічного обслуговування та діагностування окремих елементів машини, ремонтні ресурси, терміни виконання технічних впливів тощо.

Основним показником керуючих впливів об'єкта управління A відповідно до теорії автоматичного управління є коефіцієнт посилення - відношення значення вихідної величини Y до значення вхідної величини X з урахуванням перешкод f (рис. 1.6):

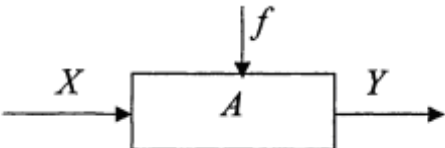
$$A = \frac{Y}{X}. \quad (1.3)$$


Рисунок 1.6 - Схема взаємодії управлінських впливів і результат впливів при наявності перешкод

Для основного об'єкта управління - окремої машини - коефіцієнт підсилення може бути визначений як відношення:

$$A = \frac{\mu}{\lambda}. \quad (1.4)$$

Дія перешкод призводить до того, що реальні значення Y (зокрема μ), як правило, дещо нижчі за бажані $Y^* (\mu^*)$.

Основним методом оцінки ефективності керуючих впливів за рахунок зниження впливу перешкод, а отже, і методом досягнення мети правління, є спосіб зворотний зв'язок, тобто. метод порівняння Y та Y^* . Схема впливу на об'єкт управління за допомогою зворотного зв'язку наведена на рис. 1.7.

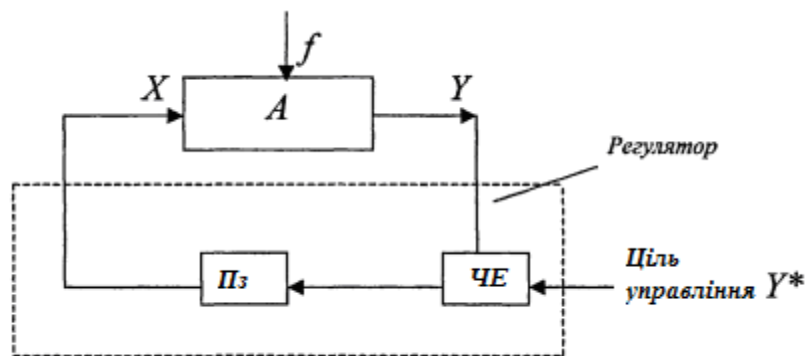


Рисунок 1.7 - Схема управління функціонуванням об'єкта на основі зворотнього зв'язку

На рис. 1.7 елемент ЧЕ - чутливий елемент, який виконує порівняння Y^*-Y . За умови незадовільного результату порівняння Y^*-Y у системі управління задіюється так званий підсилювач ПЗ — комплекс заходів щодо усунення чи зниження впливу перешкод f . Комбінація ЧЕ та ПЗ є регулятором системи управління функціонуванням об'єктів управління. Зв'язок керуючих впливів X з результатом управління Y називається зворотним зв'язком.

Мета управління в даній ситуації це - забезпечити рівність $Y^*=Y$. Для об'єктів управління (машин) мета управління - підвищення їхньої працездатності, скорочення часу очікування та знаходження в ремонті, а, отже, підвищення μ . Однак зворотний зв'язок залежатиме від перешкод як зовнішніх, так і внутрішніх.

Управління при цьому має бути спрямоване найчастіше на усунення внутрішніх перешкод шляхом правильного використання зворотний зв'язок. Тут велике значення набуває елемент схеми Пз - підсилювач зворотного зв'язку. Його завдання - привести у відповідність внутрішні ресурси парку машин і системи ТО і Р для того, щоб скоротити час простою об'єкта управління - машини, підвищити значення μ .

1.4 Технічне діагностування як основа раціональної системи технічного обслуговування та ремонту транспортних машин

Вдосконалення організації виробництва з ТО і Р парків транспортних машин - церозробка раціональної системи ТО і Р машин повинна ґрунтуватися на базі знань про технічний стан усіх об'єктів спостереження (парку транспортних машин, кожного модуля цього парку або окремих машин).

Система ТО і Р повинна бути орієнтована на кожен об'єкт, тобто, об'єктно-орієнтованою системою ТО і Р. У цій системі ремонтно-обслуговуючих та контрольодіагностичних впливів технічне діагностування машин та обладнання має бути передбачене як самостійний вид впливів з певним регламентом (періодичності). На основі проведення контрольно-діагностичних перевірок має збиратися необхідна інформація, вироблятися рекомендації щодо режиму подальшої експлуатації техніки та визначатися номенклатура та обсяг ремонтних впливів із встановленням їх термінів.

Система передбачає проведення наступних впливів:

- контроль чи технічне діагностування;
- профілактичне обслуговування;
- ремонт.

Розробка об'єктно-орієнтованої системи для технічного обслуговування (ТО) та ремонту (Р) машин базується на принципі, що процеси контролю та діагностування є технологією перетворення інформаційних потоків від поточної інформації до потенційних даних про технічний стан об'єктів моніторингу, які

виступають факторами для регулювання керуючих впливів з управління надійністю експлуатації машинних парків.

Перехід до планування ТО та Р об'єктів на основі результатів діагностування їх технічного стану вимагає виконання діагностичних перевірок не лише перед технічним обслуговуванням, але й у перервах між плановими обслуговуваннями. Таким чином, діагностика має стати інструментом моніторингу технічного стану кожного об'єкта — окремої машини, модуля чи всього парку машин. Для цього необхідно розробити методи та засоби, які дозволяють прогнозувати зміни в технічному стані машин, запобігати їх поломкам, коригувати періодичність ТО та Р, а також продовжувати термін служби машин шляхом ремонту в оптимальний момент з урахуванням залишкового ресурсу їх елементів.

Отже, технічне діагностування як самостійний технічний вплив дозволяє виконувати такі завдання:

- перевірка працездатності елементів машини;
- виявлення дефектів та несправностей;
- визначення обсягу робіт під час технічного обслуговування чи поточного ремонту машини;
- отримання даних для прогнозування технічного стану об'єкта спостереження (машини).

Прогнозування технічного стану машин, як одна з функцій управління, є досить складним через нестабільність і змінність умов експлуатації, що може призводити до помилок у прогнозах і унеможливлювати їх використання в управлінні. Однак воно залишається необхідною частиною управління технічним станом машинного парку, що вимагає подальшого розвитку методів прогнозування.

Методи прогнозування технічного стану машин, які базуються на діагностичних перевірках, можна розділити на евристичні та математичні.

Сучасні транспортні машини є складними динамічними системами, що складаються з багатьох елементів з різними принципами роботи, режимами експлуатації, процедурами обслуговування та умовами використання. Водночас на деяких машинах встановлення датчиків для вимірювання певних параметрів і

організація передачі діагностичної інформації є проблематичним завданням. Це обмежує вихідну базу системи діагностування і знижує точність прийнятих рішень щодо поточного та прогнозного технічного стану машин.

Машина, як об'єкт моніторингу, має певну структуру, що складається з комплексу взаємопов'язаних деталей, які працюють разом і характеризуються певними параметрами. Для оцінки технічного стану машини використовуються параметри її елементів, які можна виміряти без розбирання. Такі параметри називаються діагностичними симптомами.

Діагностичні симптоми можуть виступати як параметри наступних категорій:

- вихідні або функціональні (потужність двигуна, подача насоса, витрата палива чи електроенергії тощо);
 - герметичність з'єднань (максимальний тиск, що створюється гідронасосом, кількість газів, що прориваються в картер, витік оливи тощо);
 - робочі процеси (температура води та оливи, ступінь стиснення робочої суміші в двигуні тощо);
 - супутні процеси (шум, вібрації, зміна концентрації продуктів зносу в оливі, склад вихлопних газів, нагрівання підшипників тощо).
- До діагностичних параметрів, як носіїв інформації про технічний стан об'єкта спостереження, висуваються такі вимоги: однозначність, чутливість, стабільність, інформативність, а також швидкість, вартість і точність діагностування. Управління технічним станом парку машин повинно базуватися на отриманні інформації та зменшенні невизначеності (ентропії) технічного стану за рахунок діагностики окремих взаємопов'язаних елементів системи.

З погляду на управління технічним станом велике значення до вимог діагностичних параметрів має бути їх інформативність як із принципів управління складною технічною системою. Інформативність системи визначається зниженням невизначеності (ентропії) технічного стану об'єкта після виміру даного діагностичного параметра:

$$I_i = H_n - H_i, \quad (1.5)$$

де I_i – інформативність i -го діагностичного параметра;

H_n - повна невизначеність (ентропія) стану об'єкта;

H_i - залишилася невизначеність після вимірювання i -го діагностичного параметра.

Ентропія об'єкта управління (парку машин) H_n може бути оцінена сумою невизначеностей:

$$H_N = - \sum_{m=1}^m \sum_{N=1}^N P_i \log_2 P_{mN}, \quad (1.6)$$

де m - кількість модулів парку машин, що розглядаються;

N - кількість машин у модулі парку;

P_i - апіорна ймовірність знаходження (незнаходження) окремої машини в одному з можливих станів (працездатність, непрацездатність).

У свою чергу, ентропія кожної машини або модуля машин може оцінюватися за інформацією про стан окремих елементів (рівнів), наприклад, двигун, трансмісія, робочі органи машин. Оцінка технічного стану кожного елемента машин має виконуватися за діагностичними параметрами на кожному рівні. У цьому випадку структура парку машин для оцінки його ентропії може бути представлена у вигляді певного графа з рівнями ($j, j+1, \dots, j+n$), що відповідають тому чи іншому елементу, а кількість інформації про технічний стан всього парку машин, може бути представлено у вигляді суми інформації за рівнями з урахуванням імовірності події на кожному j -му рівні.

Практика показує, що досить повну інформацію про технічний стан складальних одиниць машин містять мастильні матеріали та робочі рідини. Тому як основні діагностичні симптоми доцільно використовувати такі діагностичні симптоми як в'язкість, щільність і забрудненість мастильних матеріалів.

Таким чином, метою технічного діагностування є інформаційне забезпечення процесу оперативного управління експлуатаційною надійністю об'єктів діагностування (парку машин, їх модулів, окремих машин).

1.5 Висновки по розділу 1. Мета і основні завдання досліджень

Удосконалення організації виробництва з технічного обслуговування та ремонту парків транспортних засобів для підвищення їх продуктивності значною мірою залежить від ефективного використання потенціалу наявних механізмів, зокрема через зменшення часу простоїв, особливо через періоди технічного обслуговування та ремонту. Рішення цієї проблеми можливе лише за умов застосування системного підходу, що передбачає аналіз взаємопов'язаних об'єктів як єдиної системи. Основою цього підходу є системний аналіз, головною процедурою якого є побудова узагальненої моделі, що відображає взаємозв'язки та взаємодії складових частин системи. У роботі використовуються економіко-математичні методи системного аналізу, які базуються на математичній статистиці та теорії ймовірностей.

Підвищення ефективності використання транспортних парків неможливе без розгляду питання вдосконалення управління їх технічним станом та експлуатацією, оскільки ефективність роботи керованої системи залежить від кількості та точності інформації, її обробки, а також від системи рішень і дій. Система машин, організована через створення парків транспортних і технологічних засобів, є складною технічною системою, що складається з численних взаємодіючих елементів, які характеризуються певними ознаками.

Метою дослідження є підвищення конкурентоспроможності парків транспортних машин шляхом удосконалення організації виробництва з їх технічного обслуговування та ремонту.

Об'єкт дослідження – процеси технічного обслуговування та ремонту парку транспортних машин.

Предмет дослідження — удосконалення системи технічного обслуговування та ремонту парків транспортних машин.

Для досягнення зазначеної мети в магістерській роботі розв'язувалися такі завдання:

- провести аналіз стану парків транспортних машин та розробити основні

напрямки та заходи підвищення ефективності їх технічного обслуговування та ремонту;

- розробити математичні моделі визначення оптимальної періодичності проведення контрольно-діагностичних та ремонтно-обслуговуючих впливів з урахуванням критеріїв якості функціонування парків машин;

- встановити структуру та кількісні параметри об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування та ремонту транспортних машин, підтверджені чисельним експериментом та практикою технічної експлуатації парків машин;

- сформувати раціональну структурну модель та інформаційне забезпечення системи моніторингу та управління технічним станом парків транспортних машин.

Наукова новизна:

- обґрунтовано системоутворюючі принципи формування парків транспортних машин;

- сформульовано основні положення побудови системи управління виробництвом з технічного обслуговування та ремонту парку машин;

- розроблено комплекс математичних моделей об'єктно-орієнтованої системи контрольно-діагностичних та ремонтно-обслуговуючих впливів з урахуванням критеріїв якості функціонування парків транспортних машин;

- встановлено кількісні зв'язки параметрів об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування та ремонту транспортних машин, підтверджені чисельним експериментом та практикою технічної експлуатації машин.

Практична цінність магістерської роботи полягає в тому, що результати досліджень дозволяють:

- скоротити кількість ремонтно-обслуговуючих впливів, знизити час простою машин у технічному обслуговуванні та пошуку дефектів транспортних машин за рахунок застосування об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування та ремонту;

- застосовувати систему моніторингу для прогнозу технічного стану парку машин та вироблення обґрунтованих управлінських рішень з метою покращення непродуктивних матеріальних та трудових витрат.

РОЗДІЛ 2. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ПАРКУ МАШИН

2.1 Показники якості функціонування парку транспортних машин

Складні за внутрішніми зв'язками та великі за кількістю елементів технічні системи, до яких слід віднести парки транспортних машин та системи їх ТО і Р, слід розглядати на основі системного підходу, основна процедура якого - побудова узагальненої моделі системи, що відображає взаємозв'язок окремих складових системи. Процес функціонування та зміни технічного стану складних систем можна ефективно дослідити за допомогою моделювання, що реалізується на сучасних ПК. Під моделюванням зазвичай розуміють заміщення реального об'єкта на об'єкт-модель або формалізації основних процесів функціонування системи з метою прогнозування зміни її стану та отримання інформації про її найважливіші властивості.

При розробці системи технічного обслуговування необхідно пам'ятати, що найважливішим показником працездатності машин є коефіцієнт технічного використання, що відображає простій машин у технічному обслуговуванні та ремонті. Витрати на ці простой доводиться компенсувати вартістю перевищення списку машин. Така ситуація диктує збільшення періодичності простоїв машин у ТО та Р. Існуючі параметри планово-попереджувальної системи ТО та Р були встановлені зі значним запасом ресурсу всіх елементів транспортних машин.

З іншого боку простой в ремонтах залежать від частоти виникнення раптових відмов, що настають при досягненні граничного стану для складальних одиниць, що зношуються - граничного зносу. Крім того, у практиці технічної експлуатації достатньо надійних машин за кордоном регламентується періодичність технічного обслуговування, а поточний ремонт здійснюється «за потребою».

Математичні моделі технічних систем є логічним промисом при переході від змістовного опису об'єкта моделювання до формалізованого. Для максимального

наближення реального об'єкта до математичної моделі остання має бути адекватною та відповідати таким вимогам:

- множинність стаціонарних станів системи;
- параметричну чутливість факторів, що характеризують вхідну інформацію системи;
- відображати стан системи в заданій області зміни параметрів.

При цьому порушується питання про адекватність математичної схеми, яка може бути представлена як сукупність сформульованих математичних понять та методу математичного викладу основних закономірностей функціонування реального об'єкта. Побудова аналітичних моделей, що дозволяють провести аналіз характеристик процесів за допомогою аналітичних залежностей, нашою метою є значні труднощі, пов'язані зі складністю аналітичного опису функціонування об'єкта та суттєвим спрощенням моделей, що може призвести до отримання некоректних результатів.

Таким чином, процес переходу до формалізованого опису складної технічної системи може бути показаний у вигляді ланцюга (рис. 2.1).

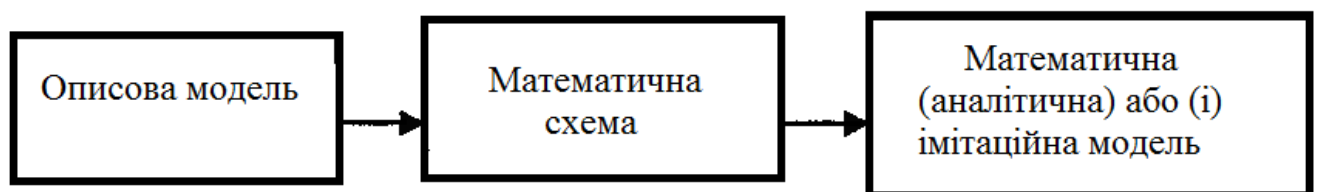


Рисунок 2.1 – Схема опису процесу функціонування технічної системи

Складна технічна система функціонування або підтримки працездатності парку транспортних машин (окремої машини), може бути охарактеризована рядом параметрів, що відображають поведінку реального об'єкта управління та його взаємодію із зовнішнім середовищем.

Враховуючи схему управління функціонуванням об'єкта на основі зворотного зв'язку, математична модель зміни технічного стану машин і системи їх технічного обслуговування та ремонту може бути представлена у вигляді множини величин, що утворюють у загальному випадку наступні підмножини:

- сукупність вхідних впливів на систему (ремонтні нормативи, ресурси машин, періодичність виконання технічних впливів та т.д.): $x_i \in X, i = \overline{1, n_x}$;

- сукупність впливів довкілля (умови експлуатації машин, плани робіт, розпорядження вищих організацій тощо):

$$f_l \in F, l = \overline{1, n_f};$$

- сукупність внутрішніх (власних) параметрів системи (база даних, що містить відомості про напрацювання машин, інтенсивність відмов A , інтенсивність виконання отриманих заявок μ і т.д.):

$$a_k \in A, k = \overline{1, n_A};$$

- сукупність вихідних характеристик системи (регламентований комплекс робіт зі збереження працездатності та відновлення придатності вузлів та агрегатів машин відповідно до об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування та управління технічним станом транспортних та технологічних машин):

$$y_j \in Y, j = \overline{1, n_Y}.$$

Таким чином, моделювання складної системи (об'єкта) в умовах експлуатації - це формалізований опис її можливих станів залежно від вхідних параметрів, сукупності факторів довкілля та внутрішнього стану для прогнозування її зміни у процесі функціонування та прийняття обґрунтованих рішень з управління об'єктом.

Математична модель такої системи як парк машин, модуль парку або окрема машина повинна відображати зміну вихідних параметрів (основних показників якості функціонування) залежно від вхідних параметрів (тип і марка машин, напрацювання на відмову машин в цілому та окремих вузлів та агрегатів, параметр потоку відмов, ймовірність безвідмовної роботи тощо з урахуванням зовнішніх перешкод, що характеризують умови експлуатації).

Ефективність використання складної технічної системи, такої як парк машин зумовлена якістю її функціонування, тобто. сукупністю показників, що характеризують ступінь її придатності та використання. Для розробки раціональної

системи ТО та Р парку транспортних машин розглядалися такі показники якості їх функціонування:

- середнє напрацювання на відмову;
- ймовірність безвідмовної роботи системи (парку машин, одиночної машини);
- коефіцієнт технічної готовності машин;
- коефіцієнт простою машин;
- середній час відновлення машин;
- мінімум витрат за технічне обслуговування та ремонт машин.

Середнє напрацювання на відмову може бути визначене залежно від:

$$\bar{T}_o = \frac{\sum \bar{T}_{oi}}{w}, \quad (2.1)$$

де $\bar{T}_o$ напрацювання на відмову і-го елемента за період t ;

w - сумарна кількість відмов елементів системи.

Ймовірність безвідмовної роботи - ймовірність того, що в межах заданого напрацювання не виникне відмова системи (об'єкта).

Ймовірність безвідмовної роботи парку машин (окремої машини) можна визначити за формулою:

$$P(t) = \frac{N - N_o}{N}, \quad (2.2)$$

де N – число елементів системи;

N_0 - кількість елементів, що відмовили, за період часу t .

Коефіцієнт технічної готовності характеризує ймовірність стану працездатності об'єкта (системи) у певний момент часу.

Коефіцієнт технічної готовності технічної системи можна визначити за формулою:

$$K_u = \frac{T_o}{T_o + T_{b\Sigma}} \quad (2.3)$$

де - $T_{b\Sigma}$ - сумарний оперативний час відновлення всіх N елементів системи за період t.

Коефіцієнт простою машин характеризує ймовірність того, що в даний момент машина буде перебувати в стані очікування ремонту або в ремонті.

Коефіцієнт простою технічної системи може бути визначений за залежністю

$$K_{\Pi} = 1 - K_r. \quad (2.4)$$

Середній час відновлення системи — математичне очікування часу відновлення працездатності системи (об'єкта) у разі її відмови.

Середній час відновлення елементів системи визначається за залежністю:

$$\bar{T}_b = (1 + \varepsilon) \frac{T_{b\Sigma}}{r}. \quad (2.5)$$

Сумарна оперативна трудомісткість усунення раптових відмов - це сумарні трудовитрати з усунення раптових відмов системи протягом напрацювання за певний період часу.

Одним з найважливіших критеріїв функціонування парку машин є мінімум витрат на ТО і Р (регламентне обслуговування) машин C_{po} . Однак часто до моменту планового проведення окремі вузли та деталі не вимагають виконання профілактичних робіт. У цьому випадку підприємство несе витрати C_{np} , пов'язані з недовикористаним ресурсом машини. Сюди також зазвичай відносять витрати, зумовлені занадто частою розбиранням і складанням вузлів машини, витрати, обумовлені зайвою перевантаженістю ремонтних бригад і т.д.. Якщо технічний вплив виконується занадто пізно, то можливе виникнення витрат C_{no} , пов'язаних з пізнім виявленням певних дефектів.

Величина C_{po} визначається як сума витрат на технічну експлуатацію машин у разі пізнього виявлення дефектів C_{no} і витрат у разі недовикористаного ресурсу C_{np} , що характеризують недовикористання ресурсу машини. Таким чином, якщо T_{np} - періодичність виконання профілактичних технічних впливів, то цільова функція витрат у загальному випадку має вигляд.

$$C_{po} = C_{no} + C_{np} \rightarrow \min_{T_{np}}. \quad (2.6)$$

Якщо величина T_{np} зростатиме, тобто, ТО буде виконуватися якомога рідше, то в цьому випадку значення C_{no} зростатимуть, оскільки підвищується ймовірність раптової відмови будь-якого з елементів машини. Значення ж C_{np} , навпаки, зменшуватимуться. Графічно характер зміни витрат C_{po} як цільової функції T_{np} , представлено на рис. 2.2.

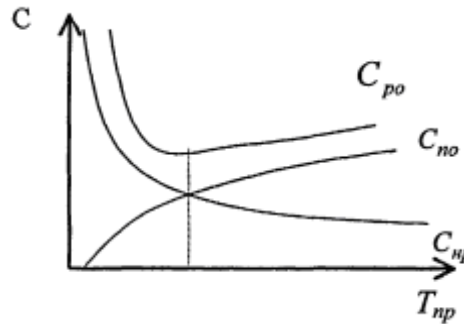


Рисунок 2.2 - Гіпотетичний графік сумарних витрат в залежності від T_{np}

Сукупність наведених вище критеріїв якості функціонування парків машин була використана в даному дисертаційному дослідженні з метою вдосконалення організації виробництва з технічного обслуговування та ремонту парків транспортних та технологічних машин.

Об'єктно-орієнтована система підтримки працездатного стану парку машин як комплексу певних технічних впливів повинна базуватися на знанні закономірностей зміни технічного стану машин у процесі експлуатації. Процес старіння елементів машин з впливу ними під час експлуатації безлічі випадкових чинників носить стохастичний характер. У цьому час настання відмов, тобто. виходу діагностичного параметра за допустимі межі є випадковою величиною.

Сукупність технічних станів машин доцільно подати у вигляді марківського ланцюга з безперервним часом, протягом якого відбуваються переходи з одного стану в інший (рис. 2.3).

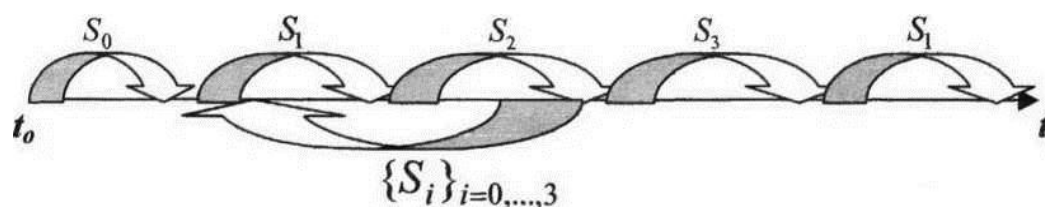


Рисунок 2.3 - Марківський ланцюг переходу станів системи

При цьому S_0 - початковий стан об'єкта, S_1 - робочий стан машини, S_2 - стан відмови; S_3 - стан технічного обслуговування або поточний ремонт.

Позначимо через λ_{ij} , інтенсивність переходу зі стану S_i в стан S_j . Під інтенсивністю у разі слід розуміти середнє чи очікуване, число відповідних переходів у одиницю часу. Якщо, наприклад, перехід здійснюється з інтенсивністю $\lambda_{13} = 0,001[\text{год}^{-1}]$, то це означає, що на 1000 годин експлуатації машини припадає приблизно один поточний ремонт. Очевидно, що переходи можливі не на всі стани. Наприклад, неможливий перехід зі стану S_0 в S_2 або в S_3 , тобто . абсолютно нова машина, не пропрацювавши якийсь час, не може переходити в стан аварійного ремонту або стан поточного ремонту. У той же час зі стану поточного ремонту або аварійного стану машини не може перейти в стан абсолютно нової машини, але може перейти в стан S_0 . Загальний вид матриці інтенсивностей переходів станів системи представлено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Матриця інтенсивностей переходів станів системи

$S_i \rightarrow S_j$	S_0	S_1	S_2	S_3
S_0		$\lambda_{01} = \varepsilon_0$		
S_1			$\lambda_{12} = \varepsilon_1$	$\lambda_{13} = \delta_1$
S_2		$\lambda_{21} = \delta_2$		
S_3		$\lambda_{31} = \delta_3$		

Використовуючи цю матрицю, можна проаналізувати зміну основних показників функціонування машин при зміні вхідних параметрів - напрацювання на відмову, часу відновлення працездатності машин та ін. та діагностичних перевірок.

Об'єктно-орієнтована система ТО та Р — сукупність принципів побудови, технічних впливів, організації робіт та інструментальних засобів для забезпечення працездатності парків транспортних машин. В основу об'єктно-орієнтованої системи ТО та Р покладено об'єктно-орієнтовану методологію подання складної технічної системи (парків машин) у вигляді окремих об'єктів відповідних рівнів ієрархії даної системи (рис. 2. 4).



Рисунок 2.4 - Структура об'єктно-орієнтованої системи ТО і Р

Принцип ієрархічності визначає межі подання відповідного елемента парку машин на певному рівні. У свою чергу певний рівень парку машин як системи є сукупністю реальних об'єктів, що мають загальний набір властивостей і підлягають єдиному закону зміни технічного стану. Елементи парку, які не мають ідентичних властивостей, можуть бути віднесені до такого рівня системи.

З метою прогнозування технічного стану парку машин та прийняття доцільних управлінських рішень важливо, щоб імітація парку машин здійснювалася на основі адекватної економіко-математичної моделі.

Об'єктно-орієнтована система ТО та Р передбачає виконання регламентованих ремонтно-обслуговуючих та контрольно-діагностичних впливів, т.к. відмова від планового обслуговування та ремонту зрештою знижує ресурс техніки. Як впливає з рис. 1.3 при заданому значенні допустимого зносу

складальних одиниць величина ресурсу без проведення ТО t_{p1} значно нижче, ніж при регулярному проведенні ремонтно-обслуговуючих впливів - t_{p2} . У зв'язку з цим об'єктно-орієнтована система ТО та Р передбачає проведення не тільки ТО-1, ТО-2, ТО-3 (для деяких типів машин, що найчастіше виконується у складі поточного ремонту), СО, що виконується двічі на рік та поточного ремонту, але також і технічне діагностування машин з регламентованою періодичністю як самостійний технічний вплив.

Структурою об'єктно-орієнтованої системи ТО і Р передбачається також розвиток матеріальної бази ремонтного виробництва, вирішального завдання не тільки виконання технічних впливів, а й моніторинг технічного стану парку машин для своєчасного та ефективного використання машин на виробничих об'єктах.

2.2 Математичні моделі об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування і ремонту парку машин

Типові математичні моделі складних технічних систем, такі як система технічного обслуговування і ремонту парків транспортних засобів, можна розглядати як системи масового обслуговування (СМО). СМО є класом математичних моделей, розроблених в рамках теорії масового обслуговування, які застосовуються для формалізації процесів, що мають характер обслуговування.

Використання понять і алгоритмів теорії масового обслуговування (ТМО) у вирішенні задач, поставлених у цій магістерській роботі, є виправданим, оскільки в будь-якому технологічному процесі обслуговування можна виділити дві основні складові: очікування обслуговування та безпосереднє обслуговування заявки.

Процес обслуговування технічних засобів характеризується випадковим надходженням заявок і їх обслуговуванням у випадкові моменти часу, що надає цьому процесу стохастичний характер.

Існують два типи СМО: розімкнуті та замкнуті. У розімкнених СМО потік обслугованих заявок не може знову потрапити в систему, тобто відсутній зворотний зв'язок, тоді як у замкнутих СМО зворотний зв'язок присутній. Залежно від

динаміки пріоритетів у СМО виділяють статичні та динамічні пріоритети. Статичні пріоритети встановлюються заздалегідь і не змінюються під час моделювання конкретної задачі. Динамічні пріоритети виникають у процесі моделювання, змінюючись відповідно до виникаючих ситуацій. Абсолютний пріоритет означає, що заявка з вищим пріоритетом перериває обслуговування заявки з нижчим пріоритетом і займає канал обслуговування.

При ряді припущень, що спрощують, для оцінки імовірно тимчасових характеристик можна використовувати аналітичний апарат, розроблений в теорії масового обслуговування. Враховуючи модульну структуру парків машин, у роботі розглянуто класичну одноканальну систему з марківським вхідним потоком заявок, що надходять з інтенсивностями $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$, де n - число модулів в парку, марківським потоком обслуговування. При цьому кількість місць у черзі для всіх заявок не обмежена. Тривалість обслуговування заявок на обслуговування машин різних модулів дорівнює $\overline{T}_{b1}, \overline{T}_{b2}, \dots, \overline{T}_{bn}$.

Процес обслуговування починається за відсутності заявок у накопичувачі. Тоді стани СМО можуть бути представлені наступною системою рівнянь:

$$\begin{aligned} P_n(t+\Delta t) &= P_n(t) [1-(\lambda+\mu)\Delta t] + P_{n-1}(t) \lambda \Delta t + P_{n+1}(t) \mu \Delta t, \quad n > 0 \\ P_0(t+\Delta t) &= P_0(t) [1-\lambda \Delta t] + P_1(t) \mu \Delta t, \end{aligned} \quad (2.7)$$

де $P_n(t)$ - ймовірність знаходження системи у стані, коли в ній є n заявок;

λ - інтенсивність потоку вхідних заявок;

μ - інтенсивність потоку обслужених заявок.

Для необмеженого потоку заявок необхідно визначити характеристики функціонування такої системи обслуговування: середня кількість обслуговуваних машин кожного модуля $\overline{N}^{M_i}$; середній час перебування машин різних модулів у черзі $\overline{T}_{чер}^{M_i}$ та простою в обслуговуванні $\overline{T}_{прост}^{M_i}$.

Вихідною інформацією у разі відповідно до схемою управління:

-вхідна інформація:

$$X_{\text{вихід}}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n; \bar{T}_{b_1}, \bar{T}_{b_2}, \dots, \bar{T}_{b_n}); \quad (2.8)$$

- вихідна інформація:

$$Y_{\text{вихід}}(\bar{N}_{\text{чер}}^{M_1}, \bar{T}_{\text{чер}}^{M_1}, \bar{T}_{\text{прост}}^{M_1}). \quad (2.9)$$

Перш ніж розглядати математичну модель системи ТО парку транспортних машин як СМО, приймемо низку припущень щодо кількості модулів у структурі парку та організації технічного сервісу:

- ТО машин зарубіжного виробництва здійснюється на базі дилерів силами спеціалізованих бригад;
- ТО машин, взятих у лізинг, здійснюватиме лізингодавець;
- враховуючи реальні характеристики існуючих парків транспортних машин, можна сказати, що основною ознакою для поділу машин на окремі модулі є вік виробництва. У реальних умовах виробничої експлуатації основне навантаження виконання програми транспортних завдань лягає на модуль машин, вік яких менше 10 років. Тому цей модуль вважатимемо пріоритетним з погляду ТО.

При формуванні математичної моделі системи ТО і Р машин як СМО вважатимемо, що:

- при кількості машин у двох модулях N_1 і N_2 потік заявок на обслуговування обмежуватиметься сумою заявок від машин першого модуля (k) і другого модуля (j) з подальшим повторенням, тобто. система є замкнутою ;

- Середні значення напрацювання на відмову цих модулів $\bar{T}_{01}, \bar{T}_{02}$ і відповідно середня тривалість відновлення їх працездатності $\bar{T}_{b1}, \bar{T}_{b2}$ є випадковими величинами, що утворюють потік подій, розподіл ймовірностей яких описується формулою Пуасона

$$P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} \cdot e^{-\lambda t}, \quad (2.10)$$

де $P_n(t)$ - ймовірність появи числа заявок за певний проміжок часу.

Імовірнісна математична модель функціонування парку машин як системи масового обслуговування будується виходячи з припущення, що розподіл напрацювання на відмову і відповідно тривалість усунення дефектів, що викликали відмову, підпорядковуються експоненційному закону розподілу. Звідси основними параметрами системи технічного обслуговування для двох модулів парку при пріоритетному обслуговуванні машин не старше 10 років будуть:

- інтенсивність потоку заявок на годину від кожного об'єкта (машини) окремого модуля

$$\lambda_1 = \frac{1}{T_{o_1}}; \quad \lambda_2 = \frac{1}{T_{o_2}}; \quad (2.11)$$

- інтенсивності потоку обслуговування за годину одним каналом машин двох модулів парку

$$\mu_1 = \frac{1}{T_{b_1}}; \quad \mu_2 = \frac{1}{T_{b_2}}. \quad (2.12)$$

Отже, стани системи технічного обслуговування машин двох модулів парку, розглянуті як керована система масового обслуговування (СМО), будуть відрізнятися й визначатися кількістю заявок у системі обслуговування кожного з модулів. У кожному випадку частина заявок буде обслуговуватися, а інші очікуватимуть своєї черги на обслуговування.

Питання організації ТО парків машин на основі теорії масового обслуговування передбачає визначення оптимальної кількості каналів обслуговування l за заданими основними параметрами $N_1, N_2, \lambda_1, \lambda_2, \mu_1, \mu_2$.

Число каналів обслуговування для двох модулів парків машин, а, отже, і в цілому для всього парку визначається за формулами:

$$l = l_1 + l_2; \quad (2.13)$$

$$l_1 = \frac{N_1 \cdot \rho_1}{1 + \rho_1}; \quad l_2 = \frac{N_2 \rho_2}{1 + \rho_2}; \quad (2.14)$$

$$\rho_1 = \frac{\bar{T}_{b_1}}{\bar{T}_{o_1}}; \quad \rho_2 = \frac{\bar{T}_{b_2}}{\bar{T}_{o_2}}. \quad (2.15)$$

Для одноканальної математичної моделі системи ТО двох модулів парку машин потрібно визначити основні параметри роботи даної системи:

- середню тривалість перебування машин кожного модуля у черзі:

$$t_{ч_1} = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\rho_1}{1 - \rho_1}, \quad (2.16)$$

$$t_{ч_2} = t_{обс_1} - \frac{1}{\mu_2}, \quad (2.17)$$

- середній час перебування машин кожного модуля в обслуговуванні:

$$t_{обс_1} = \frac{1}{\mu_1} \cdot \frac{1}{1 - \rho_1}, \quad (2.18)$$

$$t_{обс_2} = \frac{N_{np}}{\lambda_2}, \quad (2.19)$$

де N_{np} - середня кількість машин з пріоритетом у черзі на обслуговування ($N_{np} = N_1$).

Визначимо число каналів обслуговування середніх умов парку транспортних машин, прийнятого до аналізу. Модуль машин терміном експлуатації менше 10 років становить 15 шт., а модуль машин, що відслужили амортизаційний термін, але також використовуються при виконанні програми робіт, становить 20 шт. Після підстановки даних, наданих управліннями механізації, формули (2.13)-(2.15), отримано, що для двох модулів нечисленного парку машин достатньо одного каналу обслуговування у вигляді однієї бригади ремонтників (рис. 2.5, табл. 2.2).

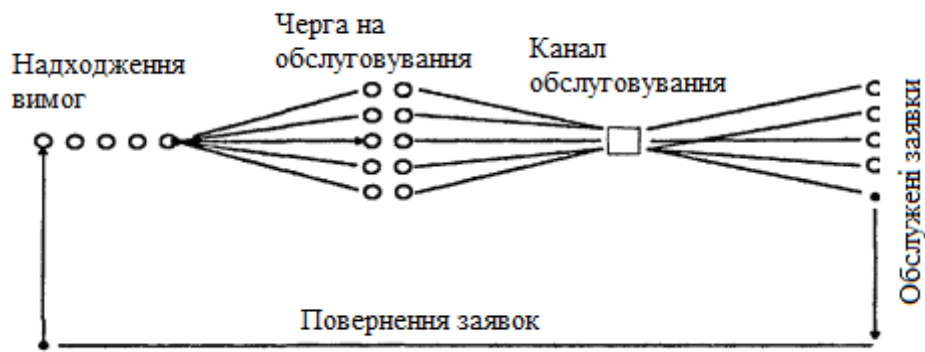


Рисунок 2.5 – Замкнена система з одним каналом обслуговування

Таким чином, можна прийняти одноканальну математичну модель системи технічного обслуговування, де розглядатимуться два незалежні потоки заявок. У разі це два потоку з інтенсивностями λ_1 і λ_2 відповідно від нових машин і машин, які відслужили амортизаційний термін, тобто. два потоки заявок для машин віку до 10 років і більше 10 років експлуатації.

Таблиця 2.2 - Числові характеристики параметрів СМО

Параметри СМО	Модулі парку машин	
	Машини з терміном служби менше 10 років	Машини з терміном служби менше 10 років
Кількість машин в модулі, N_i	15	20
Напрацювання на відмову, T_{vi} , год.	3460	3350
Середня тривалість обслуговування заявок, T_{bii} , год.	24	30
Інтенсивність потоку заявок, λ_i , 1/год.	0,000833	0,000741
Інтенсивність потоку обслуговування заявок, μ_i	0,04167	0,0333
Потрібна кількість каналів обслуговування, η_i	0,262	0,488
Потрібна кількість каналів обслуговування для двох модулів машин, l	1 (один)	
Середня тривалість перебування машин в черзі, t_{ch} , год.	0,434	0,681
Середній час перебування машин в обслуговуванні, $t_{обсл}$, год.	24,43	31,8

Аналогічно можна розглянути систему машини з терміном служби менше 10 років для більшої кількості модулів парку транспортних машин.

Математична модель періодичності ремонтно-обслуговуючих впливів транспортних машин на підставі описової схеми, наведеної вище, є алгоритмом, побудованим на основі аналізу та інтерпретації проведених раніше досліджень з даного питання.

Для встановлення оптимальної періодичності профілактичного ТО по об'єктно-орієнтованій системі, що розробляється, необхідно знати інтенсивності переходу системи (об'єкта) на основі методики Р. Барлоу і Ф. Прошан [10] зі стану S_i у стан S_j , тобто. середнє, або очікуване, число відповідних переходів в одиницю часу, і визначити коефіцієнти простою

та технічної готовності машин для даних умов. Число переходів з одного стану машини в інший можна визначити за допомогою експертної оцінки або розрахунковим шляхом на основі даних напрацювання машини на відмову або постановки в поточний ремонт.

Визначення періодичності ремонтно-обслуговуючих впливів технічних систем на основі методики Р. Барлоу та Ф. Прошан може бути виконано за формулою:

$$T_{np} = \frac{1}{\varepsilon_0} + \frac{1}{\delta_1} = \frac{\varepsilon_0 + \delta_1}{\varepsilon_0 \delta_1}, \quad (2.21)$$

де $\varepsilon_0, \delta_1, \delta_2$ - інтенсивності переходу станів системи (табл. 2.1).

При цьому загальна вартість обслуговування $C_{об}$ повинна бути мінімальною :

$$C_{об} = C_{то} + C_{рем} \rightarrow \min_{T_{np}}$$

або

$$C_{об} = c_1 \delta_1 + c_2 \delta_2 + c_3 \delta_3, \quad (2.22)$$

де c_1, c_2, c_3 - економічні показники, пов'язані зі знаходженням машини у працездатному стані, аварійного ремонту або ТО відповідно. Ці показники визначаються за даними функціональних відділів підприємств, що мають на своєму балансі парки транспортних машин для кожного типу об'єктів, що розглядаються.

Коефіцієнт простою машин може бути визначений за формулою:

$$K_{\Pi} = \frac{\varepsilon_0(\delta_1\delta_2 + \varepsilon_1\delta_3)}{\varepsilon_0(\delta_1\delta_2 + \varepsilon_1\delta_3) + \delta_2\delta_3(\varepsilon_1 + \delta_1)}; \quad (2.23)$$

а коефіцієнт готовності:

$$K_{\Gamma} = 1 - K_{\Pi}. \quad (2.24)$$

Імовірнісні характеристики зміни технічного стану машин через старіння робочих елементів машин, що підкоряються експоненційному закону, оцінюються за величиною верхньої $P_B(t)$ і нижньої $P_H(t)$ меж їх ймовірності безвідмовної роботи:

$$P_B(t) = e^{-t/\bar{T}_0}; \quad (2.25)$$

$$P_H(t) = e^{-\omega_t t}; \quad (2.26)$$

$$\omega_t = \frac{n_{om}}{t}, \quad (2.27)$$

де ω_t - параметр потоку відмов, що характеризує середню кількість відмов машини в одиницю часу для періоду роботи t . n - кількість відмов за час роботи машини t ; $\bar{T}_0$ - середнє напрацювання машини на відмову, мото-год.

Періодичність ремонтно-обслуговуючих заходів, визначена цією методикою, може бути відкоригована з урахуванням віку машин, загального напрацювання з початку експлуатації тощо. Тобто, потрібно враховувати кількість виконаних машиною міжремонтних циклів, загальний напрацьований час та умови експлуатації парків машин, які мають свої природно-кліматичні особливості, застосовуючи поправочні коефіцієнти за допомогою такої формули:

$$T_{TO} = T_{np} \cdot \prod_{i=1}^n K_i. \quad (2.28)$$

$$T_{TO} = T_{np} \cdot K_{\eta} \cdot K_{cl}, \quad (2.29)$$

де K_{η} і K_{cl} - поправочні коефіцієнти, що враховують вплив на періодичність

ремонтно-обслуговуючих впливів кількості міжремонтних циклів та терміну служби машин відповідно.

2.4 Математична модель визначення періодичності контрольно-діагностичних перевірок

Перехід до планування ремонту та обслуговування об'єктів на основі результатів діагностики їх технічного стану вимагає проведення діагностичних перевірок не тільки перед технічним обслуговуванням, а й у проміжках між запланованими обслуговуваннями. Отже, діагностика повинна стати інструментом моніторингу технічного стану кожного об'єкта – окремої машини, модуля або всього парку машин. Для цього необхідні методи та засоби, які дозволяють прогнозувати зміни в технічному стані машин, запобігати їх поломкам, коригувати періодичність технічного обслуговування та ремонту за потреби, а також збільшувати час експлуатації машин завдяки ремонтам в оптимальні моменти, враховуючи залишковий ресурс їх елементів. У магістерській роботі представлена систематизація схеми основних елементів технічного діагностування парків машин (рис. 2.7).

Структура пропонованої об'єктно-орієнтованої системи ТО і Р включає виконання регламентованих контрольно-діагностичних процесів для оцінки поточного технічного стану машин у парку. Математична модель системи технічного діагностування будується виходячи зі становища, що стан об'єкта діагностування в даний момент часу.

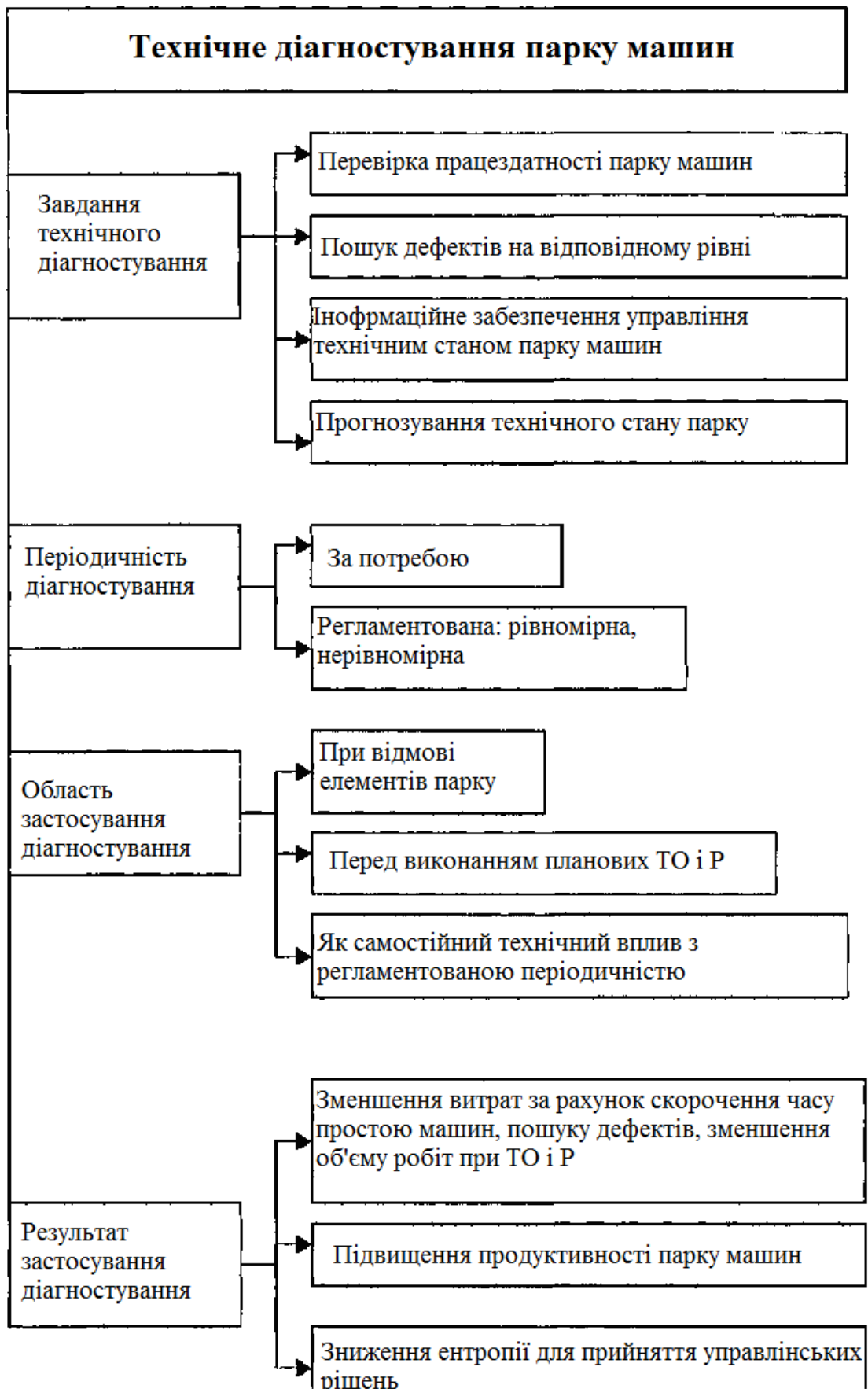


Рисунок 2.7 – Схема діагностування основних елементів машин

$t \in [0, T]$ оцінюється діагностичним симптомом $d \in D \subset R^n$, що представляє, в загальному випадку n -мірний вектор.

Сам об'єкт діагностування на даний момент часу може перебувати в одному із станів $S_j \in S$, де $S = (S_j)_{j=1}^m$ простір станів, що представляє собою об'єднання класів працездатності S_p , непрацездатності S_H і часткової втрати працездатності $S_{\text{ч}}$:

$$S = S_p \cup S_H \cup S_{\text{ч}}.$$

Основним завданням у цьому випадку є визначення, чи не виходить діагностичний симптом, наприклад, ступінь забруднення робочої рідини φ , що змінюється в залежності від стану D до граничного стану S : $\varphi: D \rightarrow S$.

Це завдання може вирішуватися методами теорії розпізнавання образів, суть яких полягає у завданні кордонів відповідних областей в n -мірному просторі ознак D і побудові алгоритмів віднесення точки $d(t)$ до однієї з областей, що відповідає класу S_p , S_H , $S_{\text{ч}}$ або в просторі станів S .

В якості сигналу до проведення необхідного ТО має бути деяке значення U_d - максимально допустиме значення деякого параметра технічного стану елемента машини, яке має бути менше граничного значення цього параметра ($U_d < U_{\text{пр}}$).

Проведення діагностичних перевірок як самостійної технічної дії може здійснюватися з різною періодичністю: рівномірною чи нерівномірною. При цьому критерієм оптимальності можуть бути також максимальний коефіцієнт готовності машини та мінімальні витрати на її технічне обслуговування.

Для визначення рівномірної періодичності проведення діагностичних перевірок період $T_{\text{пр}}$ розбивається на $(n + 1)$ інтервалів рівної довжини, тобто. передбачається, що на проміжку часу $(0, T_{\text{пр}})$ проводиться n перевірка:

$$\delta = \frac{T_{\text{пр}}}{n + 1}. \quad (2.30)$$

Якщо при періодичності ТО-1, що дорівнює 60 або 100 год, проводяться по дві перевірки, то періодичність цих перевірок складе відповідно 20 і 33 год. Третє діагностування проводиться безпосередньо перед виконанням ТО.

Оскільки можливість відмови машин відразу після проведення ТО і перед проведенням наступного впливу різні, цілі щодо проведення нерівномірних періодичних перевірок. При цьому з більшою періодичністю виконується перша перевірка і з меншою періодичністю наступні діагностичні перевірки. Така система контрольно-діагностичних впливів повинна враховувати як надійність основних елементів машин, а й економічну складову процесу підтримки працездатності машин.

Для визначення необхідної кількості нерівномірних діагностичних перевірок та їх періодичності позначимо:

c_1 - витрати, пов'язані з однією запобіжною перевіркою основних елементів машин;

c_2 - витрати, пов'язані з перебуванням машини одну одиницю часу може невиявленого відмови;

$N(\tau)$ - кількість перевірок протягом часу $[0, \tau]$;

$X(\tau) = t - \tau$ - інтервал часу між моментом t виявлення відмови і моментом його τ появи ;

$\{t_k\}_{k=1}^n$ - зростаюча послідовність моментів проведення перевірки .

За наведеною вище формулою (2.6) величина витрат на технічну експлуатацію машин або регламентне обслуговування C_{po} визначається як сума витрат у разі пізнього виявлення дефектів C_{no} і витрат у разі недовикористаного ресурсу C_{np} , що характеризують недовикористання ресурсу машини, тобто. :

$$C_{po} = C_{no} + C_{np} \rightarrow \min_{T_{np}} .$$

З урахуванням часу виникнення τ та часу виявлення t дефекту формула (2.6) може бути записана у вигляді

$$C_{po} = c_{np} [N(\tau) + 1] + c_{no} (t - \tau) . \quad (2.31)$$

Для кінцевого числа перевірок n можна записати:

$$C(n) = C_{np}(n) + C_{no}(n) \rightarrow \min , \quad (2.32)$$

де

$$C_{np}(n) = c_1 \sum_{k=0}^n (k+1)[F(t_{k+1}) - F(t_k)], \quad (2.33)$$

$$C_{no}(n) = c_2 \left\{ \sum_{k=0}^n \{t_{k+1}[F(t_{k+1}) - F(t_k)] - \int_k^{t_{k+1}} t dF(t)\} \right\}. \quad (2.34)$$

Величина витрат C_{po} має випадковий характер, тобто $C_{po} = \xi(t)$. Тому в як детерміновані витрати можна розглянути витрати

$$C = M\xi(t) = \int_0^t \{c_1[MN(t)+1] + c_2 M(t-\tau)\} dF(t). \quad (2.35)$$

Необхідною умовою того, що кількість перевірок $\{t_k\}_{k=1}^n$ оптимально, є умова $\partial C / \partial t_k = 0$ для всіх k , що призводить до співвідношення:

$$t_{k+1} - t_k = \frac{F(t_k) - F(t_{k-1})}{f(t_k)} - \frac{c_1}{c_2}. \quad (2.36)$$

Для визначення необхідної кількості діагностичних перевірок машин при фіксованій періодичності ТО-1 за формулою (2.36) розраховується періодичність однієї ($n = 1$) або кількох ($n > 1$) попереджувальних діагностичних перевірок як різниця $t_{k+1} - t_k$.

Висновки по другому розділу

1. Обґрунтовано, що ефективність використання такої складної технічної системи як парк машин обумовлена якістю її функціонування, яка може бути охарактеризована сукупністю наступних основних показників: середнє напрацювання на відмову; можливість безвідмовної роботи системи (машини); коефіцієнт технічної готовності машин; коефіцієнт простою машин; середній час відновлення машин; мінімум витрат за технічне обслуговування та ремонт машин.

2. Розроблено структуру об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування і ремонту транспортних машин як сукупність технічних впливів, організації робіт та інструментальних засобів, побудовану на основі об'єктно-орієнтованої методології подання складної технічної системи у вигляді взаємопов'язаних окремих об'єктів відповідних рівнів ієрархії даної системи.

3. Розроблено сукупність математичних моделей встановлення періодичності контрольно-діагностичних та ремонтно-обслуговуючих впливів з урахуванням таких критеріїв якості функціонування парків машин як ймовірність безвідмовної роботи, коефіцієнт технічної готовності та мінімум сумарних витрат на технічну експлуатацію парків машин.

Математична модель об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування та ремонту з урахуванням схеми управління об'єктом на основі зворотного зв'язку, може бути представлена у вигляді сукупності величин, що утворюють у загальному випадку наступні підмножини:

- вхідних впливів на систему $x_i \in X, i = \overline{1, n_x};$
- впливів довкілля $v_l \in V, l = \overline{1, n_v};$
- внутрішніх (власних) параметрів системи $h_k \in H, k = \overline{1, n_H};$
- вихідних характеристик системи $y_j \in Y, j = \overline{1, n_Y}.$

4. Розроблено наступну послідовність визначення періодичності технічного обслуговування та діагностичних перевірок:

- за обліковими даними або базою даних, або на підставі експертної оцінки встановлюється напрацювання на відмову окремих елементів кожної машини T_0 ;

- відповідно до математичної моделі визначаються інтенсивності переходу станів цих вузлів у вигляді матриці переходу станів;

- за даними матриці переходу станів визначається рекомендована періодичність проведення технічного обслуговування кожної машини або модуля парку машин як окремого об'єкта управління технічним станом з коригуванням залежно від віку машини;

- на підставі матриці переходу станів визначаються значення коефіцієнтів технічної готовності, що відповідають ймовірності безвідмовної роботи машини при певному напрацюванні на відмову;

- на основі запропонованої математичної моделі з урахуванням ймовірності безвідмовної роботи визначаються періодичності нерівномірних діагностичних

перевірок або періодичність рівномірних діагностичних перевірок залежно від періодичності виконання технічного обслуговування.

4. Обґрунтовано на основі чисельного експерименту структуру та кількісні параметри об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування та ремонту машин, диференційовані залежно від терміну служби та загального напрацювання машин.

Розглянуто одноканальну математичну модель системи технічного обслуговування як системи масового обслуговування. Враховуючи пріоритетність обслуговування модуля машин з терміном служби менше 10 років, середня тривалість перебування у черзі $t_{оч}$ та середній час перебування у обслуговуванні цих машин $t_{обсл}$ відповідно на 35-40% і 20-23 % менше, ніж машин другого модуля з терміном служби понад 10 років.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА З ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ПАРКІВ МАШИН

3.1 Визначення кількісних параметрів об'єктно-орієнтованої системи ТО та Р транспортних машин

За наведеними вище математичними моделями було виконано чисельний експеримент. Чисельний експеримент як програмні випробування у вигляді розрахунків за розробленими математичними моделями відображає зміну вихідних параметрів системи в процесі зміни вхідних параметрів системи і дозволяє отримати, в даному випадку, кількісні параметри об'єктно-орієнтованої системи. Вхідною інформацією для наведеної вище моделі є напрацювання на відмову, загальне напрацювання машини і т.д., то на основі даних управлінь механізації були визначені середні значення напрацювання на відмову основних елементів групи транспортних машин, загальне напрацювання яких дорівнює 6-10 тис. мото-год (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Середні значення напрацювання на відмову транспортних машин

Середні значення напрацювання на відмову транспортних машин Елемент машини	Напрацювання на відмову, мото-год				
	ТМ-1	ТМ-2	ТМ3	ТМ-4	Середнє значення
Двигун	3710	2290	2700	2100	2700
Трансмісія	5570	2820	4500	5060	4490
Робочі органи	3370	2700	1750	1610	2360
У середньому по машині	4217	2603	2983	2923	3181

При обґрунтуванні пропонованих кількісних параметрів необхідно враховувати такий критерій функціонування машин як середній час відновлення

відмов. З цією метою щодо інтенсивності переходів з аварійного стану та поточного ремонту в робочий стан машини було враховано час очікування ремонту та знаходження в ремонті машини, яке становить приблизно 17% (0,17986) від часу роботи машини.

Значення інтенсивностей переходу станів системи визначалися: для переходу в робочий стан після 1 мото-год роботи машини; для переходу в стан технічного обслуговування - за 1 год до закінчення періоду ТО-1. Розрахунки виконувались для періодичності ТО-1, що дорівнює 60, 100 та 150 мото-год.

Для розрахункових значень періодичності ТО-1 аналізованої групи машин було визначено ймовірність безвідмовної роботи машин та загальна вартість обслуговування машин (рис. 3.1).

Таблиця 3.2 – Матриця інтенсивностей переходів станів транспортних машин

Напрацювання на відмову, мото-год	Періодичності ТО-1, мото-год	Інтенсивності переходів станів системи					Розрахункові значення періодичності ТО-1, мото-год
		$S_i \rightarrow S_j$	S_0	S_1	S_2	S_3	
2983	60	S_0		0,01667			61,00
		S_1			0,01978		
		S_2		0,80036			
		S_3		0,80347			
	100	S_0		0,01			101,01
		S_1			0,03318	0,9900	
		S_2		0,78696			
		S_3		0,81014			
	150	S_0		0,00667			150,93
		S_1			0,04995	0,99333	
		S_2		0,77019			
		S_3		0,81347			

Якщо прийняти мінімально допустиме значення ймовірності безвідмовної роботи, рівним 0.9, то для групи транспортних машин із загальним напрацюванням 6-10 тис. мото-год. періодичність ТО-1 може бути призначена в діапазоні від 60 до 130 мото-год. Отримані значення періодичності можуть бути скориговані за допомогою поправочних коефіцієнтів, що враховують вплив кількості відпрацьованих міжремонтних циклів $K_{\text{ц}}$ (рис. 3.2), а також коефіцієнта $K_{\text{сл}}$, що

враховує загальне напрацювання машин.

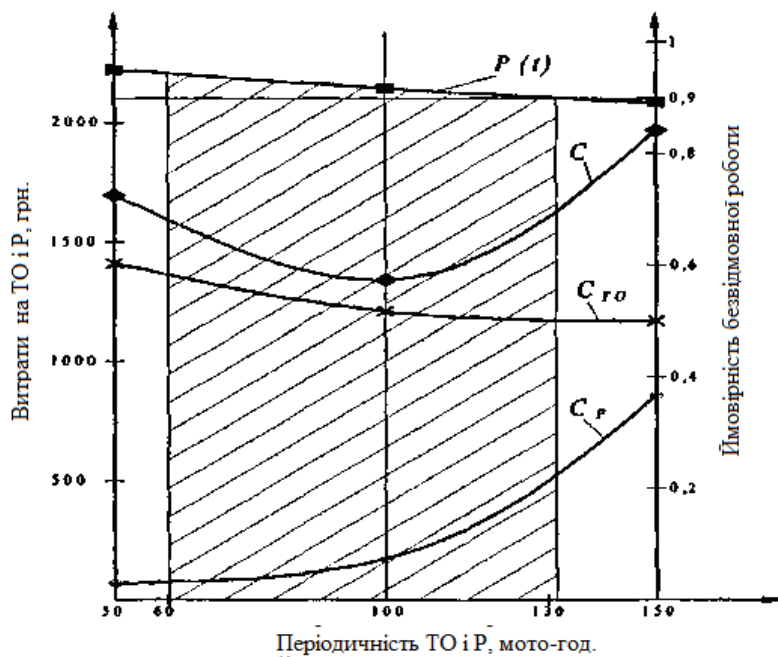


Рисунок 3.1 - Співвідношення витрат на ТО і Р та ймовірності безвідмовної роботи

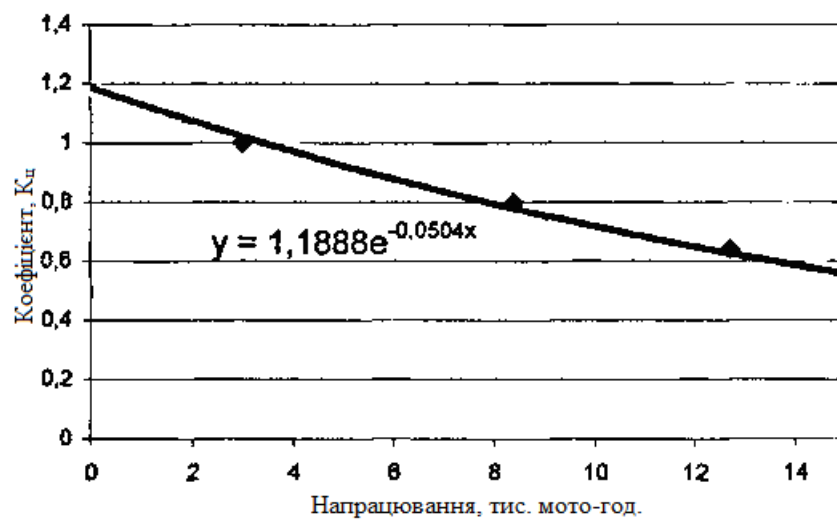


Рисунок 3.2 - Зміна K_c зі зростанням кількості відпрацьованих міжремонтних циклів

Важливе значення має визначення взаємозв'язку періодичності проведення ТО техніки в залежності від її загального напрацювання або року її експлуатації.

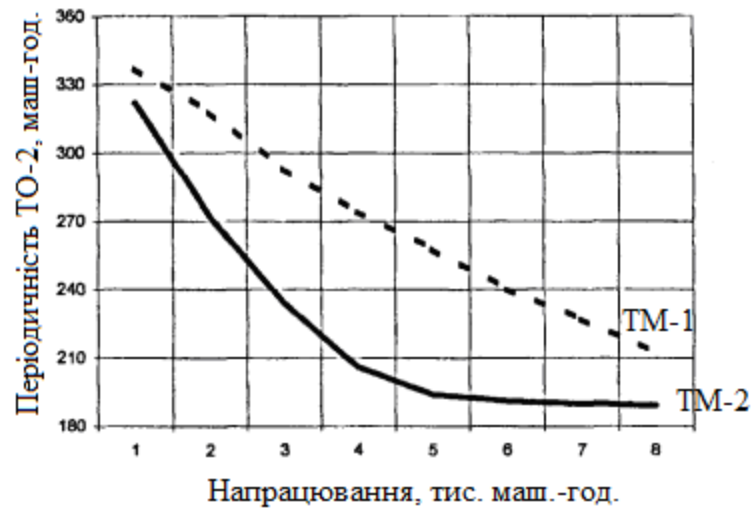


Рисунок 3.3 - Зміна періодичності ТО-2 від загального напрацювання машин

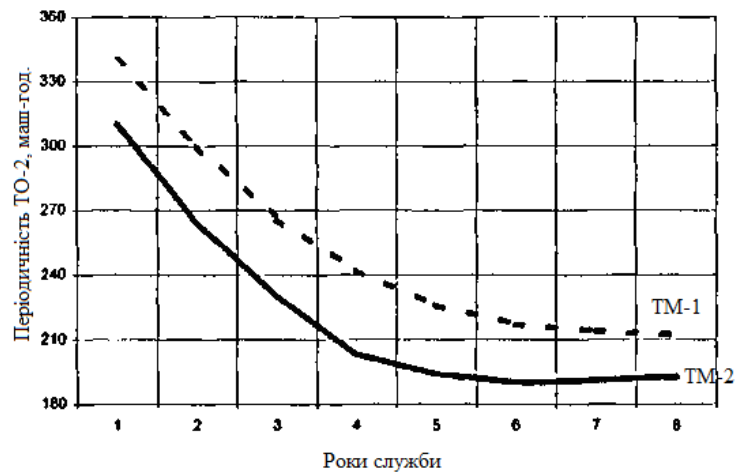


Рисунок 3.4- Зміна періодичності ТО-2 від року служби машин

З цих даних було отримано графік зміни поправочного коефіцієнта від терміну служби машин (рис. 3.5).

Враховуючи, що середнє напрацювання для аналізованої групи транспортних машин становить приблизно 1220 мото-год/рік, у магістерській роботі було отримано графік зміни поправочного коефіцієнта залежно загального напрацювання машин $K_{сд}$ (рис. 3.6).

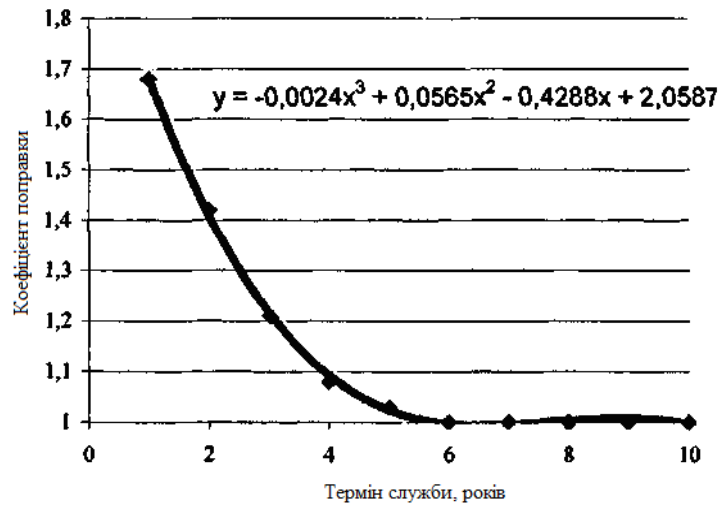


Рисунок 3.5 - Зміна коефіцієнта поправки залежно від терміну служби транспортних машин



Рисунок 3.6 - Зміна $K_{сл}$ із збільшенням загального напрацювання транспортних машин

Для групи транспортних машин скориговані значення періодичності ТО (Рис. 3.6, Табл. 3.3). Для оцінки критеріїв якості функціонування машин з пропонованою періодичністю ТО і Р було визначено також коефіцієнт готовності машин, який суттєво залежить від напрацювання машин на відмову (рис. 3.7).

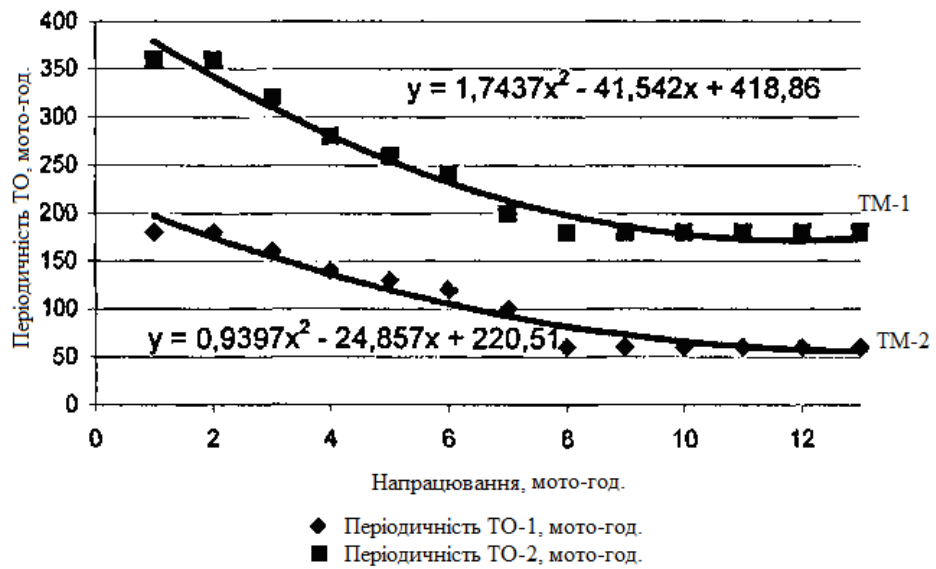


Рисунок 3.6- Зміна періодичності технічного обслуговування від загального напруцювання машин

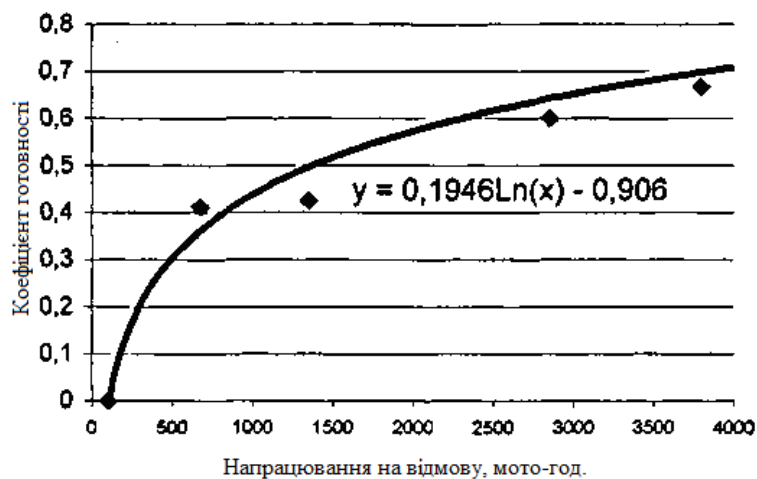


Рисунок 3.7- Залежність зміни $K_{г}$ від напруцювання на відмову

Як очевидно з табл. 3.3 між черговими ТО-1 додатково виконується по дві діагностичні перевірки D_1 : за даною методикою було визначено кількість і періодичність нерівномірних діагностичних технічних перевірок $T_{тд}$ для аналізованої групи машин. При коригуванні періодичності виконання ремонтно-обслуговуючих впливів залежно від терміну служби машин відповідно слід коригувати і періодичність проведення рівномірних чи нерівномірних діагностичних перевірок.

Таблиця 3.3 – Кількісні параметри об'єктно-орієнтованої системи ТО і Р (для групи транспортних машин)

Система ТО і Р	Напра- цювання, тис. мот-год.	Кількість і періодичність технічних впливів, мото-год.						
		ТО-1		ТО-2		ПР		Д1
		кількість в 1 циклі	періодич- ність	кількість в 1 циклі	періодич- ність	кількість в 1 циклі	періодич- ність	кількість, мото-год.
Планово-запобіжна ТО і Р	1-10	72	60	18	240	6	960	—
Об'єктно-орієнтована система ТО і Р	1	3	180	2	360	1	1080	10-12
	2	3	180	2	360	1	1060	10-12
	3	3	160	2	320	1	1030	10-12
	4	3	140	3	280	1		10-12
	5	4	130	3	260	1	1020	7-14
	6	4	120	3	240	1	940	7-14
	7	5	100	3	200	1	900	7-14
	8	12	60	4	180	1		12-16
	9	12	60	4	180	1		12-16
	10	12	60	4	180	1		12-16

Запропонована структура та кількісні параметри об'єктно орієнтованої системи ТО і Р дозволяють суттєво скоротити кількість технічних впливів, що призводить до зниження часу простою машин у ТО у першому циклі на 35-40 % (260-270 год замість 432 год за системою ПЗР) та до збільшення коефіцієнта готовності парку машин загалом. У другому міжремонтному циклі при зменшенні періодичності це зниження є менш помітним і становить 15-20% (340-370 год замість 432 год). У третьому міжремонтному циклі при загальному напрацюванні машин понад 10-12 тис. мото-год простою машин практично однаково, як і за системою ПЗР.

Методика визначення нерівномірної періодичності виконання технічного діагностування окремих елементів машин досить складна у застосуванні, але дозволяє скласти більш раціональний графік виконання технічних впливів.

Відповідно до цієї методики нерівномірна періодичність проведення діагностичних перевірок здійснюється в наступній послідовності:

- визначається періодичність T проведення ТО-1 на підставі даних облікових форм чи експертної оцінки;
- розраховується співвідношення витрат, пов'язаних з однією запобіжною перевіркою основних елементів машин, і витрат, пов'язаних із перебуванням машини в стані невиявленої відмови, тобто. часу від моменту появи відмови до виявлення під час перевірки;
- визначається оптимальна кількість та періодичність нерівномірних діагностичних перевірок для діапазону T та параметра потоку відмов A

Даний алгоритм визначення періодичності проведення ТО та діагностичних перевірок застосуємо до будь-якої машини існуючих парків, проте для обґрунтованого встановлення періодичності необхідна інформація про напрацювання на відмову окремих елементів кожної машини.

Визначення періодичності ТО та діагностичних перевірок здійснюється в наступній послідовності:

- за обліковими даними або базою даних, або на підставі експертної оцінки встановлюється напрацювання на відмову окремих елементів кожної машини T_0 ;
- визначаються інтенсивності переходу станів цих вузлів у вигляді матриці переходу станів;
- за даними матриці переходу станів визначається рекомендована періодичність проведення технічного обслуговування кожної машини або модуля парку машин як окремого об'єкта управління технічним станом;
- на підставі матриці переходу станів визначаються значення коефіцієнтів технічної готовності, що відповідають ймовірності безвідмовної роботи машини при певному напрацюванні на відмову;
- з урахуванням ймовірності безвідмовної роботи визначаються періодичність нерівномірних діагностичних перевірок або періодичність рівномірних діагностичних перевірок залежно від періодичності виконання ТО.

Таким чином, для встановлення періодичності ТО та діагностичних перевірок необхідна інформація про технічний стан кожної машини окремо як об'єкта спостережень (моніторингу). Тобто. даний алгоритм може бути використаний за наявності необхідної інформації та використання ТЗ її обліку та обробки для зниження ступеня невизначеності про стан об'єкта спостережень та прийняття правильних управлінських рішень з метою підтримки працездатного стану парку машин.

3.2 Оцінка адекватності розроблених математичних моделей об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування і ремонту парків машин

Оцінка адекватності розроблених математичних моделей об'єктно-орієнтованої системи ТО і Р парку машин здійснювалася за збіжністю розрахункових значень періодичності ТО, отриманих за розробленими методиками.

Як порівнювана методика була прийнята методика, що дозволяє визначати періодичність ТО машин з урахуванням швидкості зношування основних елементів машин. Адекватність запропонованої методики визначення періодичності ремонтно-обслуговуючих та контрольно-діагностичних впливів оцінювалася за збіжністю результатів чисельного експерименту з даними розрахунку з урахуванням швидкості зношування основних елементів машини за методикою:

$$t_{об} = \left(\frac{U_n}{aN_1} \right)^{1/\alpha}, \quad (3.1)$$

де U_n - граничний рівень діагностичного параметра, зокрема граничне знос складальної одиниці ТМ, визначений за критерієм неможливості подальшої експлуатації;

a - числова характеристика складальної одиниці, що характеризує економічну складову;

N_1 - число ТО з запропонованої періодичністю ;

α - коефіцієнт, що враховує зміну періодичності профілактичного технічного

впливу.

Оскільки з розрахунку порівнюється періодичність виконання ТО для аналізованої групи машин, для яких періодичність ТО-1 становить 100 мото-год., то, порівняно з планово-запобіжною системою, величина α становить $60/100 = 0,6$.

$$N_1 = \frac{w \cdot C_1 \cdot \alpha}{M \cdot C_2}, \quad (3.2)$$

де w - число відмов за період t ($t = 6000$ мото-год); $w = 4$;

C_1 - загальна вартість ремонту елемента машини або складальної одиниці.

$$C_1 = (C_o + C_p(w-1))/w, \quad (3.3)$$

C_o - вартість нової складальної одиниці; приймаємо $C_o = 3780$ грн.;

C_p - вартість капітального ремонту складальної одиниці; приймаємо рівною $C_p = 1890$ грн.

C_2 - вартість одного технічного обслуговування ТО-1 ; приймаємо рівним приблизно 69 грн. за даними бухгалтерії управління механізації;

M - коефіцієнт, що враховує зниження напрацювання складальної одиниці між черговими відмовими:

$$M = 1 + K(w-1), \quad (3.4)$$

де K - поправочний коефіцієнт, що враховує зниження напрацювання на відмову під час впровадження об'єктно-орієнтованої системи.

Приймаємо, що збільшення середнього напрацювання на відмову при регламентованому технічному діагностуванні складе 25-30 % (за результатами експертної оцінки).

За даними залучених експертів періодичність аналізованої групи машин, котрим було надано відомості про середні значення напрацювання на відмову, тобто, для машин із загальним напрацюванням 6-10 тис. мото-год. періодичність проведення планових впливів ТО-1 складає в середньому 95-105 мото-год.

Враховуючи, що частина розрахункових параметрів приймалася також за даними експертної оцінки на підставі практичного досвіду експлуатації парків

транспортних машин, приймаємо, що збіжність розрахункових значень періодичності профілактичного технічного обслуговування за розробленою методикою, становить 5-7 %. Важливим показником в умовах конкуренції з виконання робіт, пов'язаних з використанням транспортних машин, є трудомісткість щодо забезпечення їх працездатності. Тому в магістерській роботі виконано оцінку зниження трудомісткості виконання технічних впливів по запропонованій об'єктно-орієнтованій системі порівняно з офіційною планово-попереджувальною системою.

Існує підхід до оцінки трудомісткості виконання ремонтних операцій на основі використання статистичних регресійних залежностей. Однак він досить складний у застосуванні. Тому зниження трудомісткості визначалося на основі експрес-оцінки трудомісткості виконання технічних впливів за формулою:

$$K_{\text{сн}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{p_i}^{\text{ооо}}}{\sum_{i=1}^n T_{p_i}^{\text{пзс}}}, \quad (3.5)$$

де $\sum_{i=1}^n T_{p_i}^{\text{ооо}}$ і $\sum_{i=1}^n T_{p_i}^{\text{пзс}}$ - сумарна трудомісткість ТО і Р відповідно до запропонованої об'єктно-орієнтованої та планово-запобіжної систем відповідно.

Враховуючи, що сезонне обслуговування виконується як по першій, так і по другій системах двічі на рік, а ТО-3 поєднується з найближчим поточним ремонтом, трудомісткість цих технічних впливів у розрахунках не враховується.

Для прикладу, що розглядається, при значеннях періодичності технічних впливів: за планово-запобіжною системою і за пропонованою системою з урахуванням виконання двох діагностичних перевірок тривалістю по 0,5 год

трудоємність $\sum_{i=1}^n T_{p_i}^{\text{ооо}}$ складає 2440 люд./год., а $\sum_{i=1}^n T_{p_i}^{\text{пзс}}$ - 3072 люд./год.

Тоді $K_{\text{тр}} = 2440/3072 = 0,80$.

Звідси зниження трудомісткості ТО і Р для аналізованої групи машин складе близько 20%. Однак, як впливає з аналізу парків машин двох управлінь механізації, де основна частина машин мають загальне напрацювання 10-20 тис.

мото-год. Крім того, загалом парк машин має знос понад 60 %. На підставі цього при впровадженні об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування та ремонту буде нижче і може становити в середньому 12-15%.

Таким чином, приймаємо, що впровадження об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування та ремонту машин сприятиме зниженню трудомісткості технічного обслуговування за рахунок управління технічним станом машин 12-15 %.

3.3 Оперативне управління технічним станом парку транспортних машин в умовах дефіциту інформації

Прийняття управлінських рішень щодо використання парків транспортних машин в умовах відсутності повної інформації про технічний стан парків машин та можливості використання їх для виконання намічених програм транспортних та виробничих робіт дуже важко. Підхід до парків машин як до складної технічної системи унеможлиблює використання кількісної оцінки інформації процесу оперативного управління їх експлуатаційною надійністю.

Складність оцінки технічного стану парку машин чи окремої машини як системи обумовлюється її структурою та кількістю зв'язків від слухних параметрів та наявністю чи відсутністю інформації про них, тобто інформативністю системи. Для ефективного управління технічним станом парків транспортних та технологічних машин з використанням кількісної інформації можливо на основі універсального показника, що визначає інформативність системи – ентропії.

Ентропія - міра невизначеності певної ситуації або кількісна оцінка повноти інформації про систему. Ентропія H є мірою свободи вибору або невизначеності стану об'єкта управління. У теорії інформації при двох рівноймовірних результатах ентропія та інформація вимірюється в бітах (біт - кількість інформації, що дорівнює логарифму $1/P$ при основі логарифму 2, тобто 1 біт містить інформацію правильного вибору одного з двох рівноймовірних станів).

Ентропія (невизначеність) окремих структурних параметрів парку машин може бути визначена за низкою діагностичних ознак, які є інтегральними на певних

рівнях функціонально- структурної схеми парку машин як складної технічної системи. Відповідно до схеми (рис. 3.8) парк машин можна представити як складну систему, що діагностується, з взаємопов'язаними елементами. Діагностична інформація кожному рівні такої схеми дає величину зниження ентропії (невизначеності стану) всього парку машин.

Найпростішим варіантом при оцінці ентропії є варіант, коли кожен структурний елемент системи (парку машин) оцінюється у двох станах: справний або несправний, а кількість інформації буде тим більшою, чим вища інтегрованість (узагальненість) діагностичного параметра певного рівня відповідно до розміченого графа станів парку машин.

	Парк машин, як об'єкт управління				
Перший рівень	I. Модулі машин за ознаками				
	призначенню	віку	виробнику	продуктивності	
Другий рівень (j=1,2,3)	II. Окрема машина				
	двигун	трансмсія		робочі органи	
Третій рівень j=1, 2	III. Двигун машини-енергетичний рівень				
	система змащення		система охолодження		
Четвертий рівень j=1...7	IV. Елементи двигуна				
	очисник повітря	паливний насос	фільтри		
П'ятий рівень j= 1,2,3	V. Рівень компонент енергоперетворення				
	подача палива	герметичність камери згоряння		подача повітря	
Шостий рівень j= 1.... 8	VI. Інтегральні структурні параметри				
	охолод. способи в цілому	коеф-т очищення оливи	фази газорозподілу	клапани	
Сьомий рівень (j= 1...26)	VII. Елементарні сруктурні параметри				
	Частота обертання ротору	Зазори в спряженнях насосу	Кут опередження подачі		

Рисунок 3.8 – Функціонально-структурна схема парку машин

Якщо з апіорною ймовірністю P_i - парк машин знаходиться в i -му стані, то

кількість інформації про це визначається величиною $1 / P_i$. Тоді кількість інформації в бітах в одиночному повідомленні (результаті діагностування) буде

$$J_i = -\log_2 P_i. \quad (3.6)$$

Після множення цієї приватної інформації на ймовірність i -го стану виходить середня кількість інформації, що припадає на одне повідомлення про стан парку машин:

$$\bar{J}_n = -P_i \log_2 P_i. \quad (3.7)$$

Формула (3.7) характеризує в усередненому вигляді невизначеність стану парку машин.

Повна ентропія парку машин оцінюється сумою середніх невизначеностей його стану:

$$H_n = -\sum_{m=1}^m \sum_{N=1}^N \sum_{j=1}^{j=J} P_i \log_2 P_{mNj}, \quad (3.8)$$

де m - кількість модулів парку машин, що розглядаються;

N - кількість машин у модулі парку;

P_i - апіорна ймовірність знаходження (незнаходження) окремої машини в одному з можливих станів (працездатність, непрацездатність);

j - ієрархічний рівень системи.

Відповідно до рис. 3.8 розглянуто 7 рівнів парку машин та визначено ентропію кожного рівня за формулою:

$$H_j = \sum_i^n H_{ij} = -P_1 \log_2 P_1 - P_2 \log_2 P_2 - \dots - P_n \log_2 P_n. \quad (3.9)$$

Кількість машин у першому модулі $N_1 = 15$ шт.; у другому модулі $N_2 = 20$ шт. Для визначення кількості можливих станів системи було прийнято припущення, що причиною відмови може бути рівноймовірна поява дефекту в трьох елементах машини - двигун, трансмісія та робочі органи. Далі рівні структурної схеми відповідали складальним одиницям цих елементів, потім інтегральним структурно-конструктивним параметрам та елементарним структурно-конструктивним параметрам. Також було прийнято припущення про рівність кількості елементів

даних трьох основних вузлах машин, і число діагностичних елементів прийнято аналогічним схемою діагностування двигуна (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Схема діагностичної функціонально-структурної моделі дизельного двигуна

Рівні діагностування				
I	II	III	IV	V
Ефективна потужність двигуна, N (кВт) І питома витрата палива, g, (г/кВт/год)	Окремий циліндр N (кВт), або частки N, g	3.подача палива	21.ТНВД (фази подачі палива)	Зазор «гільза — плунжер» 47
				Рівномірність подачі палива 46
				Кут опередження подачі 45
			20 форсунка	Зазор «гла-корпус розпилювача» 44
				Тиску впрыску палива 43
		12. Герметичність камери згоряння	19 клапана	Зазор «впускний клапан-сідло» 42
				Зазор «випускний клапан-сідло» 41
			18 ЛПГ	Зазор «поршень-кільця» 40
				Зазор «поршень-гільза» в верхньому поясі 39
				Зазор в стику поршневих коліс 38
			17. Фази газорозподілу	Теплові зазори в клапанному механізмі (а -впускний клапан; б - выпускний клапан) 37 а, б
	9 очисник повітря	11 подача повітря		Забрудненість очисника повітря 36
	Герметичність впускного такта 35			
	8 паливний насос			Зазор «гільза-поршень» 34
				Продуктивність насосу 33
7 паливні фільтра			Гідравлічний опір 32	
			Забрудненість паливного фільтра 31	
	6. КПМ			Зазор «поршневий палець-втулка» 30
Система змащення, Мпа, t, °C	5.мастильний насос		16. Продуктивність	Зазори в підшипниках колінчастого валу 29
				Зазори в спраженнях насосу 28
				Герметичність клапанів 27
				Тисквідкриття клапанів 26
	4.Центробіжний очищувач оливи		15. коефіцієнт очищення оливи	Зазор між віссю і ротором 25
				Частота обертання ротора 24
І Система охолодження			14. Охолоджуюча здатність в цілому	Герметичність системи 23

При розрахунку ентропії було прийнято, що в кожному з рівнів і елементів машини, що розглядаються, можливий рівноймовірний працездатний або непрацездатний стан. Для оцінки було виконано розрахунок загальної кількості елементів системи, що розглядаються, починаючи від парку машин в цілому і до елементарних структурно-конструктивних параметрів. Результати розрахунку ентропії парку наведено у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Результати розрахунку ентропії парку машин

	Розрахункові параметри		
	Можлива кількість елементів системи	Ентропія стану рівня парку, бит	Повнота інформації, %
Ієрархічні рівні парку машин			
Парк машин	1	0	0
Модулі парку машин	2	1	1,50
Окремі машини	$15+20=35$	5,129	7,32
Основні елементи машини	$(15-3)+(20-3)=105$	6,740	10,14
Збірні одиниці основних елементів	$(15-3-7)+(20-3-7)=735$	9,521	14,33
Рівень компонент збірних одиниць	$(15-3*7-3)+(20-3-7-3)=2205$	11,106	16,72
Інтегральні структурно-конструктивні параметри	$(15-3-7-3-8)+(20-3-7-3-8)=17640$	14,106	21,24
Елементарні структурно-конструктивні параметри	$(15-3-7-3-8-26)+(20-3*7-3*8-26)=458640$	18,807	28,32
Всього	479362	66,409	100

Прийняття рішення про використання парку машин у виконанні програм робіт має базуватися на інформації про його технічний стан на всіх рівнях. Аналіз ентропії парку машин (табл. 3.5) показав, що найбільшу кількість інформації (близько 60 %) необхідно мати на рівнях основних елементів машин - двигун, трансмісія, робочі органи машин та їх структурних елементів, для чого слід здійснювати контрольно -діагностичні перевірки їх стани.

Основою управління технічним станом парків машин є процес прийняття рішень - впливів, що управляють. Для реалізації управлінських рішень і, насамперед, оперативного управління, можна виділити три необхідні категорії:

ресурси, у тому числі інформаційні; процеси; служби, які здійснюють ці процеси (рис. 3.9).

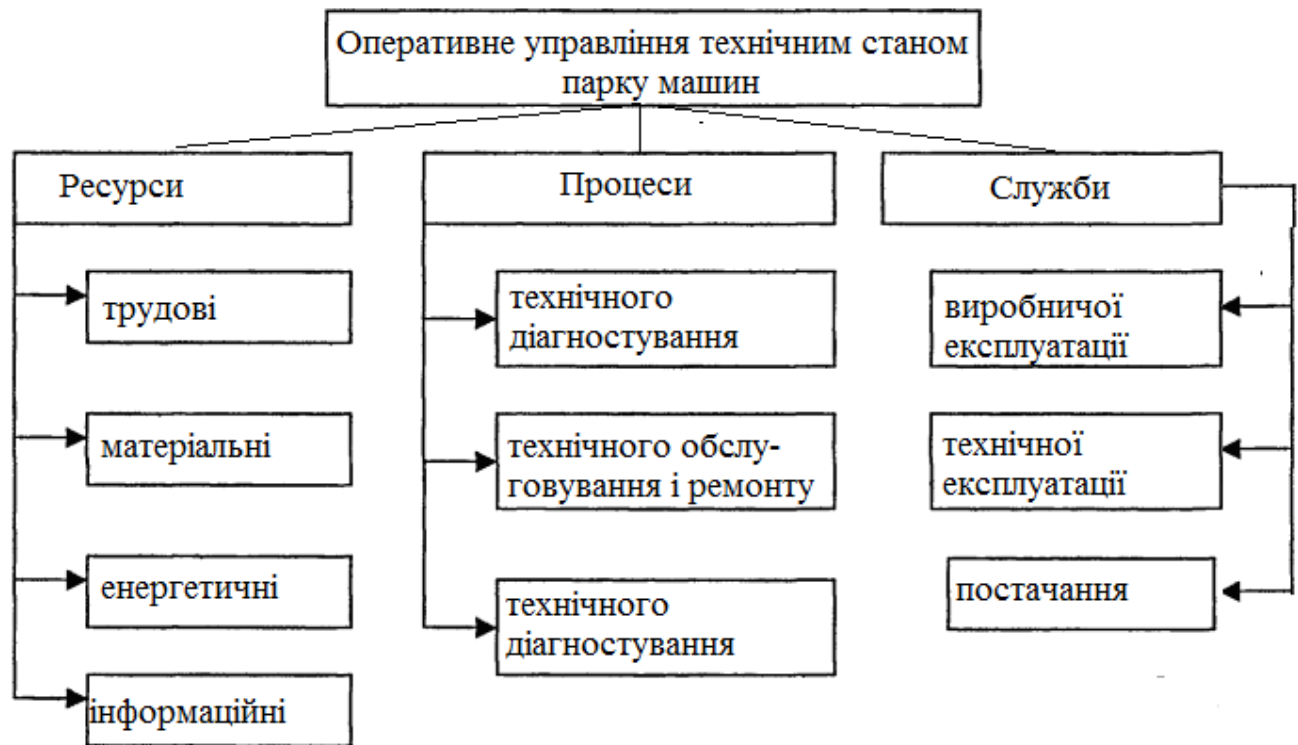


Рисунок 3.9 - Основні категорії оперативного управління технічним станом парку машин

На основі розглянутих вище питань індивідуального підходу до призначення періодичності виконання ремонтно-обслуговуючих та контрольно-діагностичних впливів запропоновано форму складання графіків технічного обслуговування та ремонту, виконаних за допомогою електронних таблиць *Microsoft Excel*.

З урахуванням графіка технічних впливів, розроблених за допомогою електронних таблиць *Microsoft Excel*, що є в базі даних, виконано розстановку машин по об'єктах. Даний графік розміщення машин по об'єктах робіт повністю відповідає функції мінімізації витрат, пов'язаних із простоями машин та об'єктів.



Рисунок 3.10 - Схема оцінки адекватності запропонованої системи машин

Модель оперативного управління розглядає дві взаємопов'язані підсистеми: технічної та виробничої експлуатації парку транспортних машин.

Основні завдання виробничої експлуатації - змінно-добове планування техніки за функціональним призначенням; транспортування машин; диспетчерське керівництво її роботою на об'єктах; облік виконання оперативних планів будівництва та ін. враховуються у запропонованій формі оперативного планування.

Висновки по третьому розділу

1. Адекватність розроблених математичних моделей об'єктно орієнтованої системи технічного обслуговування і ремонту парку машин оцінювалася за збіжністю розрахункових значень періодичності виконання ремонтно-обслуговувальних та контрольньо-діагностичних впливів з даними експертної оцінки фахівців Управління механізації, що склала 5-7 %. Зниження трудомісткості технічного обслуговування та ремонту при впровадженні об'єктно-орієнтованої системи ТО і Р становить 12-13 %.

2. Запропоновано структуру системи моніторингу технічного стану парку машин, яка включає два рівні: нижній - систему збору даних про технічний стан

машин у процесі регламентованого діагностування, їх первинну обробку, реєстрацію та концентрацію, та верхній рівень - систему аналітичної обробки та прогнозування основних показників стану парку машин.

Система моніторингу дозволяє формувати відомості прогнозних параметрів технічного стану машин на основі математичних моделей імовірнісної зміни станів, проводити аналіз можливостей парків щодо виконання необхідних виробничих програм та складати графік виконання ремонтно-обслуговуючих та контрольних діагностичних впливів.

3. Для наукового обґрунтування при розробці питань технічної експлуатації парку транспортних машин можуть бути використані наступні результати досліджень:

- комплекс математичних моделей об'єктно-орієнтованої системи ТО і Р з урахуванням критеріїв якості функціонування парків транспортних машин; структура та кількісні параметри об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування та ремонту парку транспортних машин.

4. У практиці експлуатації парку транспортних машин доцільно використовувати рекомендації щодо індивідуального підходу до призначення періодичності технічних впливів та систему моніторингу фактичного технічного стану машин, що дозволить:

- скоротити кількість ремонтно-обслуговуючих впливів, знизити час простою машин у технічному обслуговуванні, пошуку дефектів та прогнозування ресурсу машин;

виробляти обґрунтовані управлінські рішення щодо зниження непродуктивних матеріальних та трудових витрат.

РОЗДІЛ 4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

4.1 Обґрунтування стратегії заміни та відновлення машин і їх основних елементів

Перш ніж вирішувати питання про те, за якою системою здійснювати ТО і Р машини, доцільно оцінити можливість подальшої експлуатації та ремонту машини з урахуванням її вартості, віку та напрацювання або необхідності її заміни. Вибір тієї чи іншої стратегії може бути заснований на оцінці порівняння витрат альтернативних варіантів за запропонованою в магістерській роботі методикою.

Якщо припустити що нова машина (окремий вузол, агрегат і т.д.) коштує C , грн., то тоді середньорічна вартість заміни техніки або її вузлів кожні n років складе величину

$$f_1(n) = \frac{C}{n}. \quad (4.1)$$

З формули (4.1) видно, що ця функція є монотонно спадною функцією часу, тобто. Вочевидь, що вигідно рідше здійснювати заміну, знижуючи відповідні середньорічні витрати. Однак при цьому збільшується ймовірність відмови машини та витрати, пов'язані з пізнім виявленням дефекту.

Щорічна вартість ремонту та підтримки машини в робочому стані також є функцією часу $g(t)$, проте отримати реальні значення збільшення щорічної вартості ремонту дуже складно. Гіпотетично зміну щорічної вартості ремонту можна подати у вигляді табл. 4.1.

Таблиця 4. 1 - Зміна щорічної вартості ремонту, $g(t)$, тис. грн.

Рік, t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$g(t)$, тис. грн.	0.50	0.78	0.94	1.10	1.20	1.43	1.92	2.30	3.30	4.40

Середньорічна вартість ремонту за період n років може бути подана у вигляді функції:

$$f_2(n) = n^{-1} \sum_{t=1}^n g(t); \quad (4.2)$$

Тоді середньорічна та сумарна вартість заміни та ремонту техніки за роками служби складе:

$$C(n) = f_1(n) + f_2(n) = \frac{C + \sum_{t=1}^n g(t)}{n}. \quad (4.3)$$

Функції $f_1(n)$ і $f_2(n)$, тобто середньорічна вартість ремонту та сумарні середньорічні витрати для прикладу, коли техніка умовно коштує 1000 тис. уху, представлені у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 - Середньорічні та сумарні вартості замін та ремонту техніки за роками служби

Рік, n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$f_1(n) = C/n$	1000	500	333	250	200	167	145	125	111	100
$f_2(n) = n^{-1} \sum_{t=1}^n g(t)$	50	64	74	83	90	99	112	127	149	178
C	1050	564	407	333	290	266	255	252	260	278

З табл. 4.2 видно, що середньорічні витрати, пов'язані із заміною обладнання або його ремонтом, поведуться протилежним чином: перші монотонно зменшуються, другі, відповідно, монотонно зростають. Графік сумарних витрат, пов'язаних із ремонтом та заміною техніки представлений на рис. 4.1.

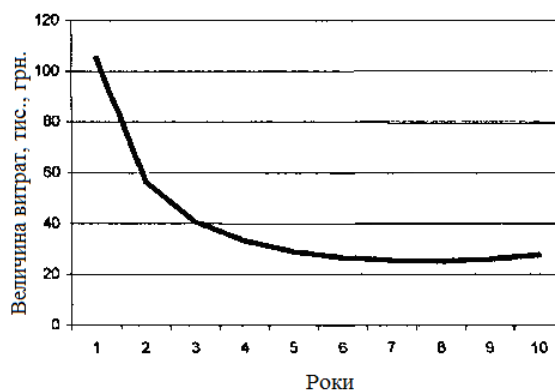


Рисунок 4.1 - Зміна сумарних витрат, пов'язаних ремонтом та заміною техніки при $C = 1000$ тис. грн.

З табл. 4.2. та рис. 4.1 можна припустити, що оптимальна стратегія в даному випадку полягає у заміні техніки за такої її вартості кожні 8 років. Якщо продовжити розрахунок табл. 4.2 для $P=11, 12$ і більше років, то сумарні середньорічні витрати $C(pp)$ продовжуватимуть зростати.

Можна дійти до висновку, що функція витрат за щорічний ремонт $g(t)$ є зростаючою функцією t , то вартість ремонту та підтримки техніки у робочому стані продовжуватиме з кожним роком зростати, тобто. зростатимуть сумарні середньорічні витрати. Саме така картина спостерігається при перевищенні амортизаційного терміну машиною, коли починають різко збільшуватися середньорічні витрати, пов'язані з ТО і Р техніки.

Очевидний також якісний висновок щодо оптимальної стратегії заміни вузлів, деталей: чим менша їх вартість Π , тим частіше потрібно робити заміни. Змінюючи в заданому діапазоні величину Π , можна протабулювати значення термінів оптимальних заміни як функцію $n=h(\Pi)$. Ця функція для деяких значень Π представлена на рис. 4.2.

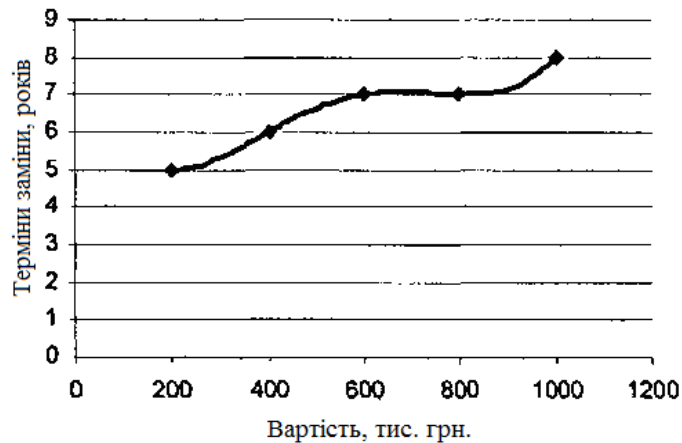


Рисунок 4.2 - Терміни заміни техніки в залежності від її вартості

Таким чином, для прийняття управлінських рішень з метою підвищення ефективності використання транспортних машин доцільно спочатку вирішити питання про граничні терміни служби техніки, а потім про організацію її ТО і Р.

4.2 Лізинг як засіб підвищення ефективності використання транспортних машин

У нових умовах ринкової економіки важливо адаптувати систему машинних парків з модульною структурою, яка здатна підвищити конкурентоспроможність транспортної техніки. Така система повинна базуватися не лише на більш ефективному підході до технічного обслуговування та ремонту, а й на розвитку мережі регіональних лізингових компаній, які забезпечують технічне переозброєння та сервісне обслуговування техніки за запитами підрозділів.

Лізингові компанії виконують роль зв'язуючого елементу між підприємствами, що володіють парками транспортної техніки, банками, а також підприємствами машинобудування та ремонту. Як і інші бізнес-структури, лізингові компанії працюють в умовах конкурентного середовища на ринку транспортної техніки, при цьому їхні інтереси можуть співпасти при вирішенні ключових питань, таких як джерела фінансування, розташування баз та планування виробничих програм на майбутнє. В оновленні машинних парків ефективна кооперація між підрозділами та лізинговими компаніями дозволяє знаходити оптимальні рішення, отримувати «агломераційний» ефект та забезпечити підтримку з боку держави.

Основні завдання розробки питань нових лізингових відносин.

1. Розробка наукових засад формування сервісного супроводу транспортної техніки.
2. Оптимізація видів послуг та технологій їх виконання.
3. Оптимізація розміщення мережі технічних центрів та ремонтних підприємств.
4. Розробка нормативних та технологічних документів, що забезпечують високу якість ТО і РР.
5. Розробка комплексу технологічного обладнання та оснащення для ТО і Р.
6. Розробка системи збору та аналізу інформації з надійності та умов експлуатації. Формування парку транспортних машин для вирішення транспортних

завдань і виконання постійно збільшуються обсягів робіт в нових економічних умовах все частіше в даний час здійснюється на основі різних форм лізингу. Лізинг нової сучасної техніки, зокрема зарубіжного виробництва, потребує індивідуального підходу до управління її технічним станом.

Оперативний лізинг передбачає оренду майна, яке використовується багаторазово, на термін, що є коротшим за його амортизаційний період. Цей вид лізингу відрізняється коротким терміном угоди (до 3-5 років) та неповною амортизацією обладнання протягом періоду оренди.

У випадку фінансового лізингу, після завершення контракту орендар має можливість повернути об'єкт оренди, продовжити угоду або укласти нову, а також придбати майно за залишковою вартістю. Зазвичай це стосується транспортних та технологічних машин, які стали морально застарілими, мають низьку ефективність використання і не забезпечені необхідними запасними частинами.

Отже, ефективне технічне обслуговування парку транспортних засобів може бути досягнуте через застосування різних видів лізингових операцій.

У магістерській роботі аналізується ефективність лізингу техніки, що ремонтується в залежності від рівнів її охоплення ТО і ПР; розглядаються питання вибору кількості об'єктів лізингу, ефективності лізингу з погляду підвищення коефіцієнта готовності устаткування (для лізингодавця) і одержуваного прибутку (для орендаря), і навіть з погляду вибору оптимальної стратегії під час виборів об'єкта укладання договору лізингу.

Як об'єкти лізингу розглядаються транспортні та технологічні машини, що вимагають виконання ТО і ПР або орендарем, або лізингодавцем. При обмежених фінансових можливостях підприємств і з метою економії може виникнути питання, скільки машин взяти в лізинг. У магістерській роботі запропоновано алгоритм визначення можливої кількості об'єктів лізингу.

Усі види технічних впливів можна подати у формі N_{ij} матриці (табл. 4.3), де $i = 1, 2$ (1 - ТО і Р виконується орендарем, 2 - орендодавцем); $j = 1, 2, 3$ (1 – поточний ремонт; 2 – ТО-2; 3 – ТО-1).

Таблиця 4.3 - Види технічних впливів

Показники	Загальна кількість ремонтів	Поточний ремонт	Технічне обслуговування	
			ТО-2	ТО-1
Заплановані технічні впливи	N_P	N_{TP} $k_{TP} = N_{TP} / N_P$	N_{TO-2} $k_{TO-2} =$ $= N_{TO-2} / (N_P - N_{TP})$	N_{TO-1} $k_{TO-1} =$ $= N_{TO-1} / (N_P - N_{TP})$
Впливи, що виконує орендар	N_{PX}	N_{11} $y_{TP} = N_{11} / N_{PX}$	N_{12} $y_{TO-2} =$ $= N_{12} / (N_{PX} - N_{11})$	N_{13} $y_{TO-1} =$ $= N_{13} / (N_{PX} - N_{11})$
Впливи, що виконує лізингодавець	N_{PL}	N_{21}	N_{22}	N_{23}

За значеннями елементів N_{ij} наведеної матриці можна визначити розрахункові коефіцієнти рівня охоплення ТО і Р, що характеризують розрахункову трудомісткість ТО і Р взятих в оренду машин:

$$k_{TP} = N_{TP} / N_P, \quad k_{TO_i} = N_{TO_i} / (N_P - N_{TP}). \quad (4.4)$$

За результатами технічних впливів, що фактично виконуються, орендарем або лізингодавцем можна отримати фактичні коефіцієнти охоплення ТО і Р, виконаних орендарем:

$$Y_{TP} = N_{11} / N_{PX}, \quad Y_{TO_i} = N_{TO_i} / (N_{PX} - N_{11(12)}), \quad (4.5)$$

де N_{TP} - необхідна кількість поточних ремонтів машин певного виду протягом періоду лізингу.

Безпосередньо з матриці N_{ij} випливає:

$$N_P = N_{TP} + (N_{TO-1} + N_{TO-2}) = N_{PX} + N_{OL}, \quad (4.6)$$

Звідси, якщо орендар для машин певних марок має свою ремонтну базу і здатний виконувати за умовами договору поточні ремонти, а для машин інших марок такої можливості немає, то, виходячи з цього, буде визначатися загальна кількість об'єктів лізингу.

$$N_{OL} = N_{21} + N_{22} + N_{23}. \quad (4.7)$$

Звідси випливає, що кількість об'єктів лізингу N_{OL} залежить крім фінансових можливостей орендаря ще й від того, на яких умовах між орендарем і лізингодавцем здійснюється ТО і Р машин.

Ефективність лізингу можна виміряти різними показниками - підвищенням коефіцієнта готовності K_e парку машин або зниженням періоду окупності парку машин $T_{ок}$ (для лізингодавця), розміром додатково одержуваного прибутку $\Pi_{лиз}$ (для орендаря) і т.д. Всі вони певним чином пов'язані один з одним, і поліпшення одного з них, як правило, тягне за собою збільшення інших. Тому в дисертації розглянуто варіант

оцінки ефективності лізингу за величиною прибутку $\Pi_{лиз}$ як різниці доходів $D_{лиз}$ та витрат $P_{лиз}$ орендаря відповідно до договору:

$$\Pi_{лиз} = D_{лиз} - P_{лиз}, \quad (4.8)$$

Прибуткова частина лізингу визначається в такий спосіб.

Нехай $Q_{мех.}$ - напрацювання машини (механізму), взятої в лізинг, год; $\Pi_{уд}$ - продуктивність машини в грошах, грн./год.

Тоді обсяг робіт, грн./маш., виконаний машиною (механізмом), взятою в лізинг за певного напрацювання складе:

$$\Pi_{мех.} = Q_{мех.} \Pi_{уд} \quad (4.9)$$

З огляду на це виходить

$$D_{лиз} = \Pi_{мех.} N_{ол} \quad (4.10)$$

Витратна частина лізингу $P_{лиз}$ складається з двох частин - суми за витрат $C_{\Sigma рем}$, що йде безпосередньо на ремонти переданої в лізинг техніки та з додаткових витрат $C_{дон.лиз}$ (націнки, транспортних витрат, орендної плати, страхування, вартості сервісних послуг тощо). Таким чином,

$$P_{лиз} = C_{\Sigma рем} + C_{дон.лиз} \quad (4.11)$$

З урахуванням даних табл. 4.3 витрати $C_{\Sigma рем}$ можна визначити наступним чином

$$C_{рем} = C_{ТРА} N_{21} + C_{ТО-2А} N_{22} + C_{ТО-1А} N_{23}, \quad (4.12)$$

де $C_{ТРА}$, $C_{ТО-2А}$, $C_{ТО-1А}$ - відповідно вартість поточного ремонту, технічного обслуговування ТО-2 та ТО-1;

N_{21}, N_{22}, N_{23} - кількість виконуваних орендарем поточних ремонтів, ТО-2 та ТО-1 відповідно.

Додаткові витрати $C_{\text{доп.ліз}}$ можна подати у вигляді, аналогічному (4.12)

$$C_{\text{доп.ліз.}} = C_{\text{ТРдоп}} N_{21} + C_{\text{ТО-2доп}} N_{22} + C_{\text{ТО-1доп}} N_{23}, \quad (4.13)$$

Тоді можна записати

$$\begin{aligned} P_{\text{ліз}} &= C_{\Sigma \text{рем}} + C_{\text{доп.ліз.}} = \\ &= C_{\text{ТРл}} N_{21} + C_{\text{ТО-2л}} N_{22} + C_{\text{ТО-1л}} N_{23} + \\ &C_{\text{ТРдоп}} N_{21} + C_{\text{ТО-2доп}} N_{22} + C_{\text{ТО-1доп}} N_{23}. \end{aligned} \quad (4.14)$$

З огляду на це рівняння (4.8) можна записати у вигляді

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{ліз}} &= D_{\text{ліз}} - P_{\text{ліз}} = \\ &= \Pi_{\text{мех.}} N_{\text{ол}} - (C_{\text{ТРл}} N_{21} + C_{\text{ТО-2л}} N_{22} + C_{\text{ТО-1л}} N_{23} + \\ &+ C_{\text{ТРдоп}} N_{21} + C_{\text{ТО-2доп}} N_{22} + C_{\text{ТО-1доп}} N_{23}). \end{aligned} \quad (4.15)$$

Остання формула дає змогу оцінити долю прибутку підприємства, що забезпечується використанням техніки за лізинговим договором.

У нових економічних умовах з'являється альтернатива: взяття техніки в лізинг або придбання нової техніки. Для вибору найбільш вигідної стратегії в дисертації пропонується наступний алгоритм.

Отримуваний за даних варіантів прибуток $\Pi_{\text{ліз}}$ і $\Pi_{\text{нов}}$ може бути визначена за залежностями:

$$\Pi_{\text{ліз}} = \Pi_{\text{мех.}} N_{\text{ол}} - (C_{\Sigma \text{рем}} + C_{\text{доп.ліз.}}) \quad (4.16)$$

$$\Pi_{\text{нов}} = k_E \Pi_{\text{мех.}} N_{\text{нов}} - (C_{\Sigma \text{нов}} + C_{\text{доп.нов}}) \quad (4.17)$$

де $\Pi_{\text{мех}}$ - прибуткова частина лізингу, яка визначається за формулою (4.9)

$C_{\Sigma \text{рем}}$ - сума витрат, що йде безпосередньо на ремонти та технічне обслуговування переданої у лізинг техніки;

$C_{\text{доп.ліз}}$ - додаткові витрати, пов'язані з лізингом;

$k_e = 1,2 \text{ } -1,4$ - поправочний коефіцієнт, що враховує підвищення продуктивності праці за рахунок використання нових машин;

$C_{\Sigma нов}$ — витрати на придбання нової техніки;

$C_{доп.нов}$ - додаткові витрати, пов'язані з експлуатацією нової техніки.

Приймається, що, пов'язані із закупівлею нової техніки, рівні обсягу фінансування лізингу, тобто:

$$C_{\Sigma} = C_{\Sigma нов} + C_{доп.нов} . \quad (4.18)$$

Кількість одиниць техніки, що закуповується, можна визначити за формулою:

$$N_{нов} = C_{\Sigma нов} / Ц_{нов} . \quad (4.19)$$

Різниця в прибутку $\Delta\Pi$ приймається рівною різниці отримуваних доходів:

$$\begin{aligned} \Delta\Pi &= \mathcal{D}_{лиз} - \mathcal{D}_{нов} = \Pi_{мех.} N_{ол} - k_E \Pi_{мех.} N_{нов} = \\ &= (N_{ол} - k_E N_{нов}) \Pi_{мех.} = \\ &= \left(N_{ол} - k \cdot \frac{C_{\Sigma рем} + C_{доп.лиз.} - C_{доп.нов.}}{Ц_{нов}} \right) = \\ &= N_{ол} \left\{ 1 - k_E \left[\alpha \cdot \frac{C_{трл.}}{Ц_{нов}} + (1 - \alpha) \cdot \frac{C_{трл.}}{Ц_{нов}} + \frac{C_{доп.лиз.} - C_{доп.нов.}}{Ц_{нов}} \right] \right\}, \end{aligned} \quad (4.20)$$

де $\alpha = N_{трл.} / N_{ол}$ - частка машин, переданих у лізинг, з проведенням найдорожчого поточного ремонту.

Вираз (4.20) дозволяє оцінити знак різниці $\Delta\Pi$ залежно від зміни параметрів, що входять до неї. Розрахунки показують, що за більших значеннях $Ц_{нов}$ (дуже дорога техніка) краще взяти техніку в лізинг ($\Delta\Pi > 0$) при великих значеннях коефіцієнта продуктивності праці k_e і малих витратах $C_{доп.нов.}$ - (менш дорога техніка);

- доцільніше придбання нової техніки ($\Delta\Pi < 0$).

Таким чином, ТО і Р транспортних машин стає важливим фактором формування парку машин за рахунок їх лізингу.

4.3 Розрахунок економічної ефективності впровадження об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування та ремонту машин

Економічна ефективність застосування об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування та ремонту машин на основі регламентованої періодичності профілактичних технічних впливів у магістерській роботі виконувалася на прикладі парків транспортних машин м. Кропивницького.

Економічний ефект від впровадження запропонованої системи ТО і Р за розрахунковий період роботи машин, прийнятий рівним 10030 мото-год. при середньому річному напрацюванні 1220 мото-год. технічної діагностики:

$$E_{\varepsilon} = \Sigma E_{ek} - \Sigma B_{\partial} \quad (4.21)$$

де ΣE_{ek} - економія за рахунок зниження витрат на експлуатацію транспортних машин при впровадженні запропонованої системи, грн. період;

ΣB_{∂} - витрати на діагностику транспортних машин, грн. / розрах. період.

Економічний ефект визначався на основі значень собівартості 1 мото-год транспортних машин, розрахунок якої виконаний за даними бухгалтерії ТОВ «АВТО ТРЕЙД 2021».

Економія підприємства за рахунок зниження витрат на експлуатацію машин при впровадженні об'єктно-орієнтованої системи технічного обслуговування та ремонту E_{ek} може бути визначена таким чином:

$$E_{ek} = \Delta B_p + \Delta B_{зч} + \Delta V_{дон}, \quad (4.22)$$

де ΔB_p - зменшення витрат на проведення ТО і Р зі збільшенням періодичності ремонтно-обслуговуючих впливів, грн.;

$\Delta B_{зч}$ зменшення витрат на запасні частини при проведенні технічного обслуговування та ремонтів, грн.;

$\Delta V_{дон}$ - економія за рахунок виконання додаткового обсягу робіт за рахунок скорочення часу виконання ТО та Р, грн.

Економія коштів за рахунок ТО і Р машин може бути визначена за залежністю:

$$\Delta B_p = \sum_{i=1}^n C_{mч} \cdot n \cdot \Delta t \cdot N_i, \quad (4.23)$$

де $C_{mч}$ - годинна заробітна плата з нарахуваннями ремонтників;

n - число ремонтного персоналу для виконання робіт з ТО та Р (приймається n одно 4 чол.);

Δt - скорочення трудомісткості ТО і Р за рахунок впровадження об'єктно орієнтованої системи ТО і Р. Для розрахункового періоду, що дорівнює 10030 мото-год, величина Δt становить 385 мото-год;

N_i - кількість машин у парку.

Економія за рахунок зниження витрат на запасні частини може бути визначена за формулою[^]

$$\Delta B_{зч} = B_p \cdot \Delta t \cdot N_i. \quad (4.24)$$

За даними бухгалтерії витрати на ремонтні матеріали на 1 годину роботи становить у середньому 160 грн./мото-год.

Вартість додаткового обсягу робіт, виконаного машинами при впровадженні об'єктно-орієнтованої системи ТО і Р, може бути визначена за формулою:

$$\Delta V_{дон} = C_{м-г} \cdot \Delta t \cdot N_i, \quad (4.25)$$

де $C_{м-г}$ - собівартість 1 години експлуатації машин, грн. / Розрах. період од;

Загалом по парках машин:

$$E_{ек} = 13008996 + 12101443 = 25110439 \text{ грн./розр.період.}$$

Витрати на діагностику машин можна визначити за залежністю

$$B_{\partial} = C_{\partial} \cdot H_a^{\partial} + B_{эл} \cdot n + B_{эн} + B_{эл}^{3и} \cdot n, \quad (4.26)$$

де C_{∂} – вартість діагностичного обладнання, грн.;

H_a^{∂} - норма амортизації діагностичного обладнання. Приймаємо 10% рік;

$B_{эл}$ - заробітна плата оператора діагностичного обладнання, грн. / рік;

n - кількість років у розрахунковому періоді; $n = 10030 : 1220 = 8,22$ років;

$B_{ен}$ - витрати на енергоресурси під час виконання технічної діагностики

протягом розрахункового періоду, грн./розр. період;

$B_{нч}^{зн}$ - заробітна плата інженера зі знань, що здійснює інформаційний моніторинг технічного стану машин, грн. / рік.

Придбання діагностичного обладнання з урахуванням вартості комп'ютерів становить приблизно $C_0 \sim 250$ тис. грн. (Аналого-цифровий перетворювач, підсилювач, програмне забезпечення, комп'ютер). Для двох управлінь механізації необхідно придбати два комплекти діагностичного обладнання. Норма амортизації комплекту діагностичного устаткування за термін служби приблизно 5 років дорівнює 20 %.

Витрати на енергоресурси під час виконання технічної діагностики можуть бути визначені за формулою

$$B_{ен}^{\delta} = B_{\delta} * m_{\delta} * N_i, \quad (4.27)$$

де B_{δ} - енергетичні витрати на одне діагностування. Якщо прийняти, що час діагностування однієї машини складе приблизно 0,5 год, тоді енергетичні витрати можна розрахувати як 0,5 від вартості енергетичних витрат машини, що включають вартість дизельного палива $B_{дон}$, бензину $B_{б}$ мастильних матеріалів $B_{м}$ також питомі амортизаційні відрахування за час проведення діагностичних операцій $B_{ам}$:

$$B_{\delta} = 0,5 * (B_{дон} + B_{б} + B_{м} + B_{ам}) \quad (4.28)$$

Заробітна плата інженера зі знань, що здійснює інформаційний моніторинг технічного стану машин, становить приблизно 150 тис. грн. / Рік.

В результаті витрати на діагностику транспортних машин складуть

$$B_{\delta} = 527800 + 1727100 + 1230000 + 500000 = 3984900 \text{ грн. / розрах. період.}$$

Тоді економічний ефект від впровадження об'єктно-орієнтованої системи ТО і Р складе:

$$E = E_{ек} - B_{\delta} = 25110439 - 3984900 = 21125539 \text{ грн.}$$

Якщо загальне напрацювання машин у розрахунковому періоді дорівнює 10030 мото-год, а середнє напрацювання на рік становить 1220 мото-год, тоді річний економічний ефект від впровадження об'єктно-орієнтованої системи ТО і Р :

$$E_r = 21125539 : (10030 / 1220) = 2570017 \text{ грн./рік}$$

Таким чином, розрахунковий економічний ефект при впровадженні об'єктно-орієнтованої системи ТО і Р може становити 2570017 грн./рік для двох управлінських механізмів.

Висновки по четвертому розділу

1. Функції середньорічних витрат, пов'язаних із ремонтом $f_1(n)$ і $f_2(n)$, поводяться протилежним чином : перша монотонно зменшується; друге, відповідно, монотонно зростає. Тому залежно від вартості техніки C , можна визначити терміни її оптимальних замін за запропонованою в магістерській роботі методикою залежно від сумарних середньорічних витрат для прийняття ефективних управлінських рішень.

2. При обмежених фінансових можливостях і в залежності від можливостей ремонтної бази підприємств може виникнути питання, яку кількість машин взяти в лізинг для формування парку машин необхідного вікового та типорозмірного складу. У магістерській роботі запропоновано алгоритм визначення можливої кількості об'єктів лізингу на основі складання матриці виконуваних технічних впливів та коефіцієнтів охоплення ТО і Р.

3. Запропоновано методики оцінки ефективності лізингу за величиною прибутку $\Pi_{\text{ліз}}$ як різниці доходів $D_{\text{ліз}}$ і витрат $P_{\text{ліз}}$ орендаря відповідно до договору та вибору найбільш вигідної стратегії поповнення парку машин за рахунок купівлі нових машин або лізингу. Розрахунки показують, що при великих значеннях $C_{\text{нов}}$ (дорога вітчизняна або імпортерна техніка) краще взяти техніку в лізинг; і, навпаки, за малих витрат $C_{\text{доп.нов.}}$ — доцільніше придбання нової техніки.

Розрахунковий економічний ефект при впровадженні об'єктно орієнтованої системи технічного обслуговування та ремонту може становити 2570017 грн. / рік.

ВИСНОВКИ

1. Розвиток транспортної стратегії України, пов'язаної з великомасштабною транспортною мережею регіонів країни та підприємств, тенденцією старіння, різнотипністю і різномарочністю основних видів транспортних машин зумовлюють необхідність розробки системи машин як оптимальної сукупності засобів механізації, послідовності у межах виконання транспортних програм регіону чи підприємства.

2. Обґрунтовано системоутворюючі принципи формування системи машин для окремого регіону та підприємств, до яких можна віднести:

- мінімум сумарних витрат на компенсацію простоїв машин та об'єктів робіт;
- вдосконалення системи ремонтно-обслуговуючих та контрольно-діагностичних технічних впливів для підтримки машин у постійній готовності до експлуатації;
- управління технічним станом існуючих парків машин на основі постійного моніторингу з використанням кількісної оцінки та перетворення інформаційних потоків, що характеризують динаміку структурних параметрів парків машин;
- підвищення конкурентоспроможності парків машин на основі розширення лізингу техніки з метою технічного переозброєння та сервісного обслуговування машин.

3. Запропоновано структуру системи машин, яка може бути реалізована через формування парків транспортних машин, що мають модульну структуру, з урахуванням недостатньої номенклатури машин за видами робіт з виробленням заходів з технічного переоснащення існуючих парків машин. Модульна структура парків машин визначається низкою ознак, до яких можна віднести: призначення техніки; її продуктивність; вік та напрацювання за термін експлуатації; країна-виробник та ін.

4. Сформульовані базові елементи управління технічним станом парків

транспортних машин, що включають методи, функції та принципи управління системою, до яких можна віднести: системність; ієрархічність; гнучкість системи; інформативність; ітеративність.

5. Розроблено структуру об'єктно-орієнтованої системи ТО і Р транспортних машин як сукупність технічних впливів, організації робіт та інструментальних засобів, побудовану на основі об'єктно-орієнтованої методології подання складної технічної системи у вигляді взаємопов'язаних окремих об'єктів відповідних рівнів ієрархії даної системи.

6. Запропоновано структуру системи моніторингу технічного стану парку машин, яка включає два рівні: нижній - систему збору даних про технічний стан машин у процесі регламентованого діагностування, їх первинну обробку, реєстрацію та концентрацію, та верхній рівень - систему аналітичної обробки та прогнозування основних показників стану парку машин.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки для виконання випускної кваліфікаційної роботи для здобувачів за освітньо-професійної програми «Автомобільний транспорт» другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 274 – «Автомобільний транспорт» денної та заочної форми навчання / уклад.: Д.В. Голуб, С.О. Магопєць, В.В. Аулін, О.В. Бєвз, М.В. Красота, А.С. Максименко; під заг. редакцією к.т.н., доц. Магопця С.О. М-во освіти і науки Укр., Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2023. – 46 с.
2. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В. В. Ауліна. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. - 428с.
3. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.
4. Далека В.Х. Інформаційні технології на транспорті : навч. посібник / В.Х. Далека, К.О. Сорока, В.Б. Будниченко. – Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків : ХНАМНГ, 2012. – 364 с
5. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія : підручник. – К. : Вища шк. 2007. – 527 с.
6. Волков В.П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля : навч. посібник / В.П. Волков. – Харків : ХНАДУ, 2003. – 292 с.
7. Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів / [В.П. Волков, І.В. Грицук, Ю.В. Грицук та ін.]. – Харків : ФОП Панов А.М., 2018. – 300 с.
8. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів: монографія / В. Д. Мигаль. Х.: Майдан, 2018. 262 с.
9. Гліненко Л.К. Основи моделювання технічних систем : навчальний

10. Інформаційні комп'ютерні системи автомобільного транспорту: навчальний посібник / А.А. Кашканов, В.П. Кужель, О.Г. Грисюк. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 230 с
11. Будова й експлуатація автомобілів. Навч. посібник / В.Ф. Кисликів, В.В. Лущик. – Вид-во Либідь, 2018. – 400 с.
12. Зінь Е.А. Управління автомобільним транспортом: навч. посіб. / Е.А. Зінь. - Рівне: НУВГП, 2011. - 326 с.
13. Турченко М.О. Планування діяльності автотранспортного підприємства: Підручник / М.О. Турченко, М.Д. Швець, М.Є. Кристопчук. – Рівне: НУВГП, 2013. - 299 с.
14. Кристопчук М.С. Приміські пасажирські перевезення: Навч. посіб. / М.С. Кристопчук, О.О. Лобашов - Харків: НТМТ, 2012. - 223 с.
15. Корецька С.О. Аналіз виробничо-економічної діяльності автотранспортного підприємства: Навч. посіб. / С.О. Корецька, В.А. Познаховський, Т.С. Карпан. – Рівне: НУВГП, 2013. - 158 с.
16. Корецька С.О. Економіка автомобільного транспорту: Навч. посіб. / С.О. Корецька, А.Ю. Якимчук, Т.С. Карпан - Рівне: НУВГП, 2013. - 309 с.
17. Бідняк М.Н. Виробничі системи на транспорті: теорія і практика: Монографія / Н.М. Бідняк, В.В. Біліченко - Вінниця: Універсум-Вінниця, 2006. - 176 с.
18. Зінь Е.А. Планування діяльності підприємства: навч. посіб. / Е.А. Зінь, М.О. Турченко. - Рівне: НУВГП, 2008. - 136 с.
19. Чабанний В.Я., Осипов І.М. Технічна експлуатація автомобілів. Навчальний посібник. – Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2009. – 553 с.
20. Захарчук О.В. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : навч. посіб. для студ. вищих навч. закладів / О. В. Захарчук. – Луцьк: ІВВ Луцького НТУ, 2017. – 140 с.
21. Надійність автомобілів : навч. посіб. / Солових Є.К. та ін. Кропивницький. РВЛ ЦНТУ, 2019. - 309 с.

22. Біліченко, В.В. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів: навчальний посібник / Біліченко В.В., Кременецький В.Л., Кукурудзяк Ю.Ю., Цимбал С.В. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 118 с