



ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЦЕНТР ЗАОЧНОЇ ТА ДИСТАНЦІЙНОЇ ОСВІТИ

КАФЕДРА «ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ МАШИН»



КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

«Підвищення ефективності експлуатації сміттєвозів удосконаленням
їх системи технічного обслуговування і ремонту із застосуванням
бортової діагностики у ТОВ «Екостайл» м. Кропивницький »

Виконав:

магістрант групи АТ-23МЗ _____ Ігор РИБЧЕНКО
(шифр групи) (підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник:

К.Т.Н. , доц. _____ Дмитро ГОЛУБ
(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.

Кропивницький – 2024 р.

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
ЦЕНТР ЗАОЧНОЇ ТА ДИСТАНЦІЙНОЇ ОСВІТИ
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

Рибченку Ігорю Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи «Підвищення ефективності експлуатації сміттевозів удосконаленням їх системи технічного обслуговування і ремонту із застосуванням бортової діагностики у ТОВ «Екостайл» м. Кропивницький»
керівник роботи _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

(науковий ступінь)

(вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «07» 08 2024 року №47-13

2. Строк подання здобувачем роботи «12» грудня 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи 1. Матеріали переддипломної практики.

2. Дудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. 3.

Севостьянов І.В. Експлуатація та обслуговування машин. 4. Форнальчик

Є.Ю. Технічна експлуатація та надійність. Березюк О.В. Огляд конструкцій машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів

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

4.1 Розділ 1 Навести основні несправності і їх вплив на працездатність сміттевозів. Проаналізувати методи пошуку несправностей у бортових системах контролю транспортних засобів. Обґрунтувати вибір мети, об'єкту, предмету досліджень та основних завдань.

4.2 Розділ 2 Дати комплексний коефіцієнт моделей діагностування, технічного обслуговування і ремонту сміттевозів. Проаналізувати підходи до пошуку несправностей транспортних засобів. Представити параметричний підхід до визначення моделей діагностування, технічного обслуговування і

ремонту смітєвозів.

4.3 Розділ 3 Розробити комплекс бортового діагностування смітєвозів. Розробити алгоритм виконання технічного обслуговування і ремонту смітєвозів на основі нових підходів.

4.4 Розділ 4 Дати статистичний аналіз даних відмов бортової діагностики елементів систем смітєвозів. Навести ефективність застосування комбінованої системи технічного обслуговування і ремонту смітєвозів.

5. Перелік ілюстративного матеріалу 1. Мета, об'єкт, предмет досліджень та основні завдання. 2. Несправності і їх вплив на працездатність смітєвозів. 3. Методи пошуку несправностей у бортових системах контролю смітєвозів. 4. Комплексний коефіцієнт моделей діагностування, технічного обслуговування і ремонту смітєвозів. 5. Підходи до пошуку несправностей смітєвозів. 6. Параметричний підхід до визначення моделей діагностування, технічного обслуговування і ремонту смітєвозів. 7. Комплекс бортового діагностування смітєвозів. 8. Алгоритм виконання технічного обслуговування і ремонту смітєвозів на основі нових підходів. 9. Статистичний аналіз даних відмов бортової діагностики елементів систем смітєвозів. 10. Ефективність застосування комбінованої системи технічного обслуговування і ремонту смітєвозів. 11. Висновки.

ГРАФІК ВИКОНАННЯ ЕТАПІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	РОЗДІЛ 1	14.10.2024	
2	РОЗДІЛ 2	04.11.2024	
3	РОЗДІЛ 3	18.11.2024	
4	РОЗДІЛ 4	02.12.2024	
5	Ілюстративний матеріал	10.12.2024	

Магістрант _____
(підпис)

Ігор РИБЧЕНКО _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Дмитро ГОЛУБ _____
(ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Рибченко І.В. Підвищення ефективності експлуатації смітєвозів удосконаленням їх системи технічного обслуговування і ремонту із застосуванням бортової діагностики у ТОВ " Екостайл" м. Кропивницький. Кваліфікаційна робота. - Центральноукраїнський національний технічний університет, 2024.

Кваліфікаційна магістерська робота присвячена підвищенню ефективності експлуатації смітєвозів шляхом вдосконалення системи їх технічного обслуговування і ремонту за рахунок методичних і технічних рішень із застосуванням бортової діагностики.

Проведено аналіз методів пошуку несправностей смітєвозів, визначення періодичності, групування операцій технічного обслуговування і шляхів вдосконалення системи технічного обслуговування і ремонту.

Обґрунтовано наукові концепції забезпечення працездатності двигунів і трансмісії смітєвозів, застосуванням бортової діагностики і побудовою комбінованої системи технічного обслуговування і ремонту.

Розроблено математичні моделі прогнозування технічного стану і визначення інтервалів технічного обслуговування і ремонту смітєвозів та вибору і оцінки ефективності систем їх діагностування.

Розроблено моделі управління пошуком несправностей, технічного обслуговування і ремонту смітєвозів.

Кваліфікаційна магістерська робота складається з вступу, 4 розділів, висновків; містить 63 сторінки тексту, 18 рисунків, 9 таблиць.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ СМІТЄВОЗІВ	8
1.1 Несправності і їх вплив на працездатність смітєвозів	8
1.2 Аналіз методів пошуку несправностей у бортових системах контролю транспортних засобів	10
1.3 Обґрунтування вибору мети, об'єкту, предмету досліджень та основних завдань	17
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ТА ОЦІНКА МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТУВАННЯ, ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ СМІТЄВОЗІВ	18
2.1 Комплексний коефіцієнт моделей діагностування, технічного обслуговування і ремонту смітєвозів	18
2.2 Аналіз підходів до пошуку несправностей транспортних засобів	23
2.3 Параметричний підхід до визначення моделей діагностування, технічного обслуговування і ремонту смітєвозів	35
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ СМІТЄВОЗІВ	38
3.1 Розробка комплексу бортового діагностування смітєвозів	38
3.2 Розробка алгоритму виконання технічного обслуговування і ремонту смітєвозів на основі нових підходів	46

РОЗДІЛ 4. ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СМІТТЄВОЗІВ НА ОСНОВІ ЗАПРОПОНОВАНОГО ПІДХОДУ	54
4.1 Статистичний аналіз даних відмов бортової діагностики елементів систем смітєвозів	54
4.2 Ефективність застосування комбінованої системи технічного обслуговування і ремонту смітєвозів	58
ВИСНОВКИ	61
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	62

ВСТУП

Ефективність використання сміттєвозів залежить і визначається багатьма чинниками, один з яких - забезпечення їх технічної готовності. У експлуатації, щоб підвищити надійність, довговічність і технічну готовність спеціалізованих транспортних засобів (ТЗ) необхідно регулярно проводити певний комплекс дій, що забезпечується технічним обслуговуванням (ТО) і ремонтом (Р). Провідне місце в системі ТО відводиться діагностуванню.

У сучасних умови експлуатації найбільше застосування отримали системи зовнішнього і вбудованого діагностування. Проте, застосування вбудованих засобів контролю приводять до збільшення витрат на виробництво ТЗ. Існуючі засоби контролю технічного стану сміттєвозів важкодоступні для автотранспортних підприємств з малою і середньою кількістю ТЗ, оскільки мають високу вартість, значні витрати праці і складність робіт в системі їх ТО. Це визначає необхідність розробки нових методів пошуку несправностей, які дозволять проводити оцінку технічного стану сміттєвозів і будуть ефективними при їх реалізації, як при зовнішньому, так і бортовому діагностуванні.

Вирішення цієї проблеми може бути досягнуте шляхом відповідного вдосконалення системи ТО, спрямованого на зниження ймовірності виходу з ладу елементів сміттєвозів в процесі експлуатації. У зв'язку з чим створення моделей оцінки технічного стану спеціалізованих ТЗ, вдосконалення методів і засобів їх реалізації і визначення на їх основі оптимальної періодичності ТО і Р елементів є актуальним завданням.

У зв'язку з цим основними завданнями роботи є наступні:

- провести аналіз методів пошуку несправностей сміттєвозів, визначення періодичності, групування операцій ТО і шляхів вдосконалення системи ТО і Р;
- обґрунтувати наукові концепції забезпечення працездатності двигунів і трансмісії сміттєвозів, застосуванням бортової діагностики і побудовою комбінованої системи ТО і Р;
- розробити математичні моделі прогнозування технічного стану і визначення інтервалів ТО і Р сміттєвозів та вибору і оцінки ефективності систем їх діагностування;
- розробити моделі управління пошуком несправностей, ТО і Р сміттєвозів.

РОЗДІЛ 1. ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ СМІТТЄВОЗІВ

1.1 Несправності і їх вплив на працездатність смітєвозів.

Ефективність роботи смітєвозів залежить від рівня їх технічного стану і відмов, що виникають в процесі експлуатації [4, 5, 9]. Аналіз відмов систем і агрегатів смітєвозів МАЗ КО-427-73 (рис. 1.1) дозволив встановити види відмов, велика частина яких доводяться на двигун і трансмісію.

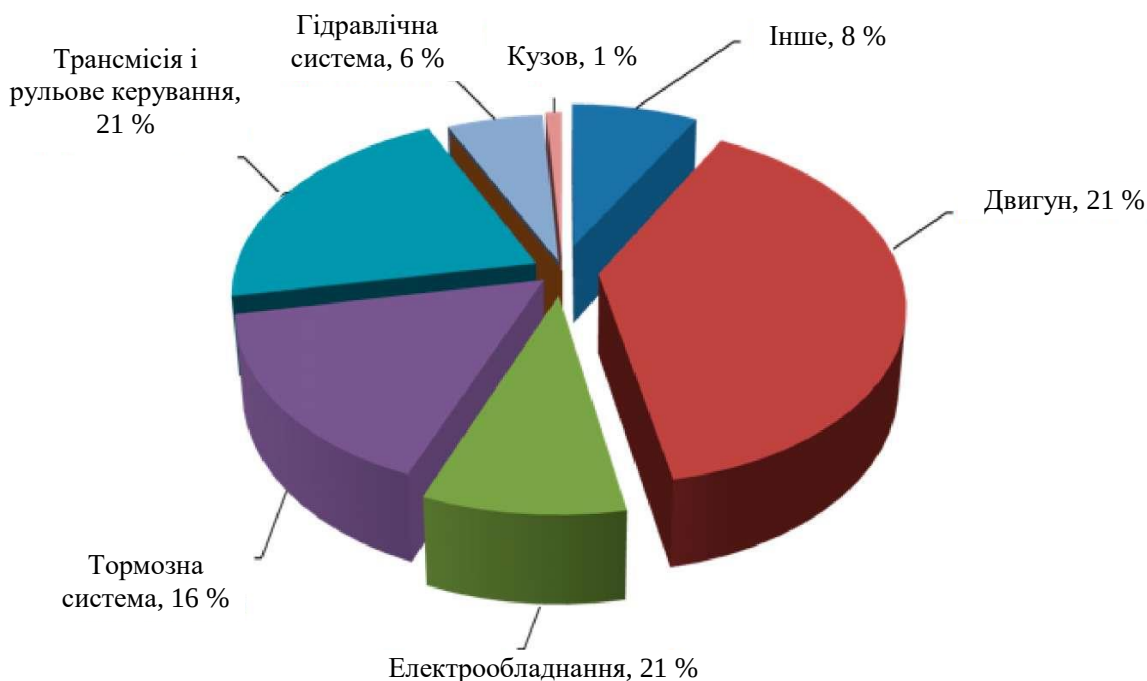


Рисунок 1.1 - Розподіл відмов і несправностей по системах і агрегатах смітєвоза МАЗ КО-427-73

У Таблиці 1.1 приведені несправності двигуна внутрішнього згорання і трансмісії смітєвозів [15, 16].

Значна кількість несправностей доводиться на паливну систему і більше 50% відмов доводиться на паливний насос високого тиску (ПНВТ) [4, 15].

Таблиця 1.1 - Несправності при роботі двигуна внутрішнього згорання і трансмісії смітєвозів

Несправності	Ознака прояву несправності
Несправний повітряний фільтр Неякісне паливо	Дизель димить
Відхилення кута впорскування палива	Стуки, жорстка робота дизеля
Не забезпечується подання дизельного палива, розрегулювання тяги паливного насосу Засмічення елементів ПНВТ, форсунки	Знижується потужність
Відхилення в регулюванні ПНВТ Зниження кількості дизельного палива форсунками	Підвищений температурний режим
Збільшення вільного ходу педалі зчеплення або малий вільний хід педалі зчеплення	Неповне включення зчеплення Різка робота зчеплення
Знос зубів шестерень, підшипників, для валів спостерігається порушення співвісності В головній передачі спостерігається знос підшипників, шліцьових з'єднань і шестерень	Нагрів вузлів трансмісії, вібрація, шум і стуки вузлів трансмісії
Знос синхронізаторів	Ускладнено включення

Перераховані несправності (рис. 1.2) призводять до виходу з ладу паливної системи автомобілів, що впливає на витрати в експлуатації [4].

На агрегати трансмісії, коробку зміни передач, зчеплення, головну передачу доводиться близько 17 % відмов. З яких найбільша кількість відмов спостерігається у таких елементів, як вали, шестерні і підшипники.

Особливу увагу в процесі роботи дизелів слід звертати на якість паливної суміші і відсутність підтікання в системі живлення [4, 7, 8].

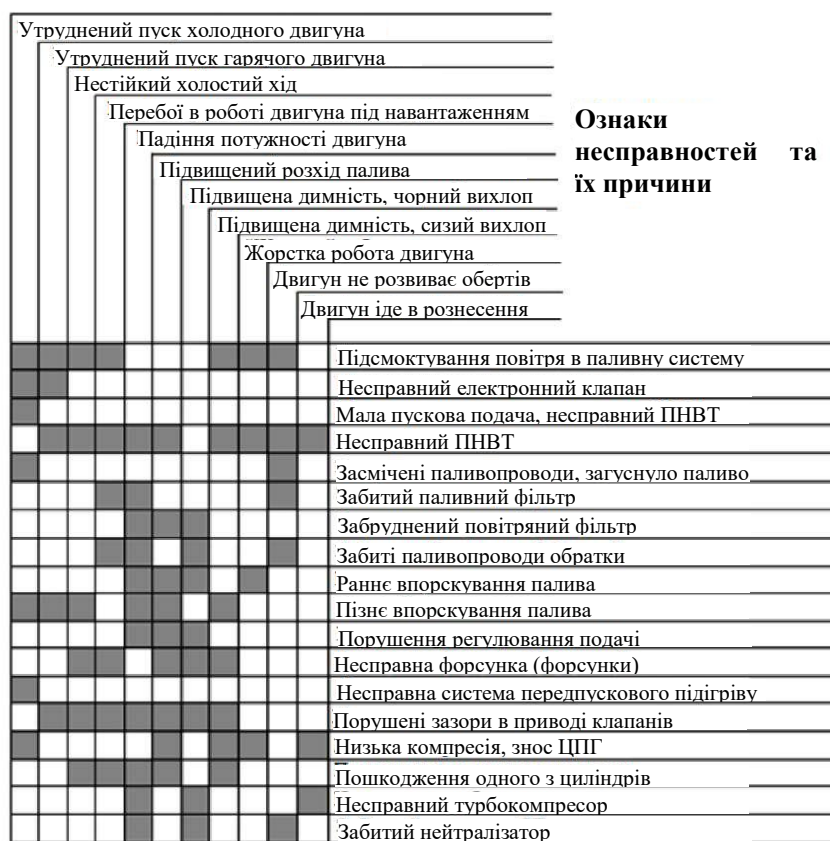


Рисунок 1.2 - Несправності дизелів сміттєвозів

При експлуатації сміттєвозів МАЗ в екстремальних умовах було виявлено, що при роботі при збиранні і розвантаженні ТПВ відмови вузлів і агрегатів трансмісії відбуваються з більшою ймовірністю [1-4].

Справність і готовність агрегатів трансмісії сміттєвоза залежить від використовуваних матеріалів і визначається якістю їх виготовлення, складання на заводі виробнику, а також своєчасністю проведення технічного обслуговування і ремонту в процесі експлуатації.

1.2 Аналіз методів пошуку несправностей у бортових системах контролю транспортних засобів.

Вже перші саморушні екіпажі мали електричну систему запалення, яка довгий час залишалася єдиною системою електроустаткування серед механічних вузлів і агрегатів автомобіля. Проте на початку XX століття були вдосконалені акумуляторні батареї і автомобільні генератори, винайдена

газонаповнювальна лампочка. З того часу кількість електричних приладів на автомобілі стала швидко рости. Електрична енергія почала застосовуватися не лише для займання робочої суміші в циліндрах, але і для освітлення, пуску двигуна, живлення інших пристроїв і приладів [3, 11].

З 1925 р. усі автомобілі випускаються з електричним освітленням і електричним стартером. Застосування на автомобілі електроніки почалося в 1930-х роках з лампових радіоприймачів. Проте електронні лампи погано переносили навантаження, що виникають на автомобілі в дуже несприятливих умовах роботи: зміна температур від - 50 до +160 °С при високій відносній вологості (до 80%); значні вібрації з максимальним прискоренням до 50 *g* в широкому спектрі частот; імпульси напруги до 800 В; зміна напруги живлення з 8 до 15,5 В при джерелі 12-вольт електроенергії; бруд, вода.

Напівпровідникові прилади довго не знаходили свого застосування на автомобілі. Першими стали застосовуватися германієві, селенові і кремнієві діоди (1960-і роки). Винайдений в 1948 р. транзистор застосовувався в транзисторних ключах, а потім і в інших пристроях.

Загальне число електричних приладів швидко збільшується. В управлінні автомобілем почали застосовуватися інтегральні мікросхеми застосовувалися, що привело до поліпшення працездатності двигуна.

У 1980-х рр. з'явилися системи управління підвіскою, багатофункціональні системи з дисплеями та ін. На сьогоднішній день один електронний блок управляє підсистемами: впорскуванням палива, запаленням, фазами газорозподілу, самодіагностики та ін. [3, 8, 11].

Важливим критерієм для визначення оптимального порядку усунення несправностей є мінімальні витрати на їх усунення. Цей метод може бути використаний, якщо в транспортному процесі можливе застосування резервного транспортного засобу [2].

Логічний метод не вимагає високій кваліфікації і водієві необхідно відповісти на питання, що задаються програмою.

Для зменшення впливу людського чинника необхідно об'єднати імовірнісний і логічний методи (рис. 1.3).

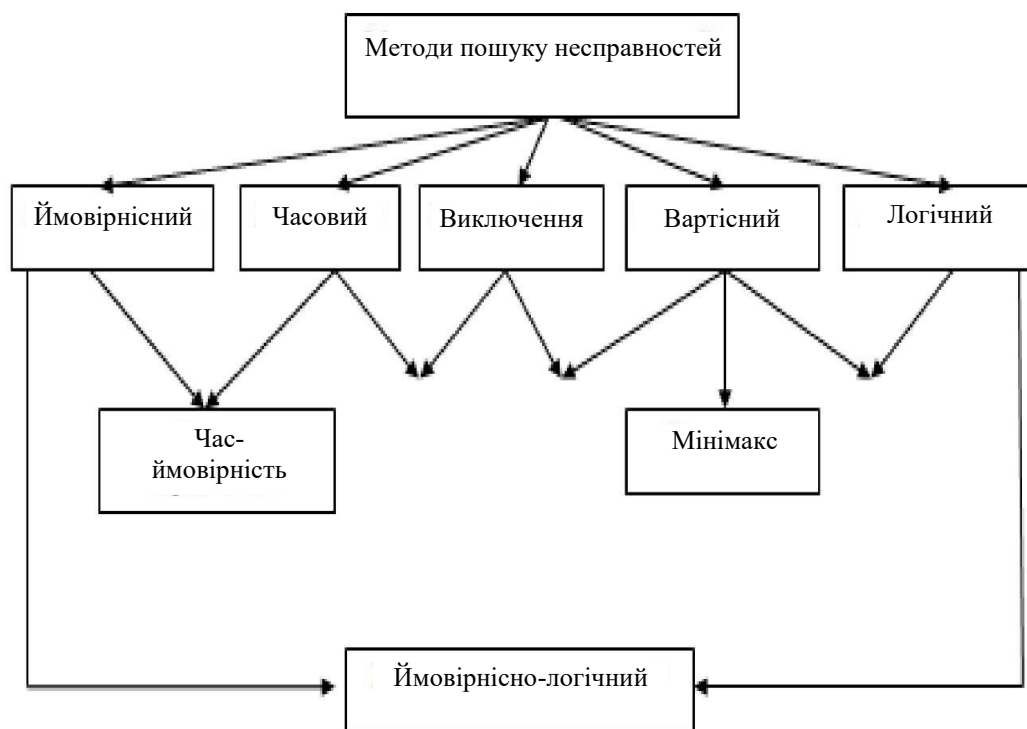


Рисунок 1.3 - Методи пошуку несправностей сміттєвозів

Реалізація пропонованого методу можлива для тих складових частин, що виходять з ладу з більшою ймовірністю. У дизеля сміттєвоза такими складовими є ПНВТ і форсунка.

Якщо несправність не визначається в системі подання палива дизеля сміттєвоза, тоді можна використати логічний блок. «Логічний метод» забезпечить скорочення часу на пошук несправності. Система користується інформацією про ознаки несправності елементів конструкції автомобіля, що проявилися. Далі відбувається аналіз інформації і опитування водія. Кількість питань не більше 12. Застосування цього підходу виявлення можливої несправності дозволяє до мінімуму звести виникнення різних гіпотез, які можуть не відповідати реальності. Після того, як визначена можлива несправність система пропонує мінімальний набір діагностичних дій для досліджуваного об'єкту [4, 17].

Досвід експлуатації транспортних засобів (ТЗ) показує, що технічний

стан залежить від організації, технології і якості робіт в процесі діагностування, технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р). При регулярному діагностуванні, коли не здійснюється розбирання ТЗ, можна встановити несправності, визначити перелік робіт по їх усуненню, визначити технологію робіт і встановити порядок усунення цих несправностей, що дозволить недопустити виникнення відмов, пов'язаних з виходом з ладу дорогих агрегатів, вузлів і деталей, які вимагає значних засобів на їх відновлення.

Безперервна оцінка технічного стану сміттєвозів в експлуатації потрібна для того, щоб понизити витрати на ТО і Р. При діагностуванні, шляхом встановлення несправності і причин їх прояву, не завжди можна експлуатувати ТЗ в стані, який не вимагає профілактичних і ремонтних дій. У конструкції сміттєвозів є присутніми вузли, агрегати і деталі з різним ресурсом. Іноді ухвалення рішення про види робіт, встановлених діагностуванням може привести до того, що можливо не буде повністю реалізований ресурс цих агрегатів, вузлів і деталей ТЗ, і як наслідок це приведе значним матеріальним витратам.

У експлуатації при виконанні транспортної роботи сміттєвоза і його діагностуванням має бути взаємозв'язок, наприклад, у двигуна, який є складним по своїй конструкції, - за допомогою бортового контролю можна побачити велику кількість взаємозв'язаних параметрів, які проявляються в тих або інших умовах експлуатації по-різному.

Аналіз існуючих методів, які використовуються для пошуку несправностей елементів конструкції автомобіля (табл. 1.2) дозволяє встановити при їх послідовному поєднанні, найбільшу міру ймовірності наявності несправності досліджуваного об'єкту [1, 8, 4, 18].

Поєднання 1-1. Імовірнісний метод.

Метод заснований на використанні статистичних даних про відмови ТЗ. Передбачається, що між технічним станом елементу конструкції ТЗ від пробігу і виникаючою несправністю, існує залежність, що дозволяє встановити ймовірність її появи.

Таблиця 1.2 - Поєднання методів пошуку несправностей ТЗ

Методи		Імовірнісний	Часовий	Виключення	Вартісний	Логічний
		1	2	3	4	5
Імовірнісний	1	Імовірнісний	Час-імовірність	Імовірність-виключення	Імовірнісно-вартісний	Імовірнісно-логічний
Часовий	2	Час-Імовірність	Часовий	Час-виключення	Час-вартість	Час-логіка
Виключення	3	Імовірність-виключення	Час-виключення	Виключення	Вартість-виключення	Логічне виключення
Вартісний	4	Імовірність-вартість	Час-вартість	Вартість-виключення	Мінімакс	Логічно-вартісний
Логічний	5	Імовірнісно-логічний	Час-логіка	Логічне виключення	Логічно-вартісний	Логічний

Поєднання 2-2. Часовий метод.

Є таким пошуком несправностей, коли визначається мінімальний час, відведений на проведення контролю технічного стану ТЗ.

Поєднання 3-3. Метод виключення.

Цей метод заснований на почерговому відключенні робочих елементів конструкції, тобто не проводячи розбирання можна встановити несправність. Метод припускає вимірювання конструктивних параметрів.

Поєднання 4-4. Вартісний метод.

Метод припускає знаходження оптимального шляху пошуку несправностей і визначення мінімальної величини витрат на перевірку ТЗ. Але при цьому, максимальна вартість визначення відмови має бути менша.

Поєднання 5-5. Логічний метод.

Передбачає анкетування водія. Водієві задаються питання про несправності, при відповіді на які відбувається логічний пошук несправності.

Поєднання 1-2; 2-1. «Час-ймовірність» (метод дефіциту часу).

Метод застосовується тоді, коли експлуатація елемента конструкції ТЗ має обмеження за часом його роботи, тобто пошук несправності розпочинається з

того елемента, для якого потрібний найменший час для здійснення пошуку.

Поєднання 1-5; 5-1 Імовірісно-логічний метод дозволяє отримувати інформацію про стан елементів системи, що найчастіше виходять з ладу, одночасно «онлайн» за допомогою контрольного устаткування встановленого на автомобілі і логічного визначення несправностей, для елементів, що залишилися. При цьому методі передбачається установка системи бортового діагностування для здійснення контролю за станом систем і агрегатів автомобіля, які часто виходять з ладу.

При використанні цього методу економиться час на виявлення відмов і установку додаткового контрольного устаткування на ТЗ, що якісно відрізняє запропонований метод від імовірісного.

Поєднання 2-5; 5-2. Метод «Час-логіка».

Метод дозволяє спочатку встановлювати контроль за елементами з найменшим часом перевірки і профілактики і потім за допомогою опитної частини контролювати елементи автомобілів, що залишилися.

Поєднання 4-2; 2-4. Метод «Час-вартість».

Метод припускає поєднання мінімального часу і мінімальної вартості (по методу 1-5, 5-1). Застосовність цього підходу виправдана, якщо використовуються засоби зовнішньої діагностики, і, відбувається одночасна перевірка стану декількох автомобілів.

Поєднання 4-5; 5-4. Логічно-вартісний метод.

Реалізується завдання оптимізації, коли можна досягти максимального зниження вартості контролю при використанні логічного підходу.

Поєднання 1-3; 3-1. Метод «Ймовірність-виключення».

Метод дозволяє встановлювати не лише ймовірність появи відмови, але і порядок перевірки шляхом виключення.

Поєднання 2-3; 3-2. Метод «Час-виключення».

Поєднання методів при цьому підході можна встановлювати не лише ймовірність появи відмови, але і мінімальний час, за який здійснюється перевірка шляхом виключення.

Поєднання 1-4; 4-1. Імовірісно-вартісний метод.

Основу методу складає принцип «мінімальна вартість при найбільшій ймовірності», тобто припускає здешевлення і уніфікацію пошуку несправності при малому часі пошуку.

Поєднання 3-4; 4-3 і 3-5; 5-3. Метод «Вартість-виключення».

Поєднання аналогічне за своєю суттю поєднанню методів 2-3, 3-2. Можливий як додатковий метод для 1-5, 5-1 і 5-4, 4-5.

Методи, що отримуються при методах 4-5, 5-4 і 1-3, 3-1 при їх об'єднанні, дають модернізований логічно-вартісний метод, а метод 3-2 слід вважати вже використовуваним в логічно-вартісному.

Імовірісно-логічний метод порівняно з іншими має ряд переваг, окрім вартості. Добитися максимального зниження витрат можна, якщо застосувати комбінований підхід, використовуючи одночасно і відомості системи бортового діагностування і результати діагностування, отримані із застосуванням зовнішніх засобів (табл. 1.3), що підключаються.

Таблиця 1.3 - Комбінований підхід при пошуку несправностей сміттєвозів

Компоненти методів	Ймовірність (метод 1)	Час (метод 2)	Виключення (метод 3)	Вартість (метод 4)	Логіка (метод 5)
Методи					
Метод 1	КОМБІНОВАНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ				
Метод 2					
Метод 3					
Метод 4					
Метод 5					

Застосування комбінованого методу контролю дозволить використовувати одну систему діагностування для декількох сміттєвозів. Діагностування проводиться для встановленої періодичності або у разі заявки на обслуговування, яка поступає від водія (чи механіка). Метод допускає часткове розміщення датчиків у важкодоступних місцях досліджуваних елементів на кожному сміттєвозі, що періодично діагностується.

Використання комбінованого методу на основі бортових засобів діагностування (інформаційні, сигналізуючі, програмовані, такі, що запам'ятовують) дозволить понизити можливість виникнення відмови при своєчасному аналізі зміни контрольованого елемента сміттєвоза.

1.3 Обґрунтування вибору мети, об'єкту, предмету досліджень та основних завдань.

Метою магістерської роботи є підвищення ефективності експлуатації смітєвозів шляхом вдосконалення системи їх технічного обслуговування і ремонту за рахунок методичних і технічних рішень із застосуванням бортової діагностики.

Об'єктом дослідження є процес функціонування системи технічного обслуговування і ремонту смітєвозів.

Предметом дослідження є закономірності зміни структури системи технічного обслуговування і ремонту смітєвозів при використанні нових методів пошуку несправностей, групування операцій і визначення періодичності технічного обслуговування із застосуванням бортової діагностики.

Актуальність теми роботи не викликає сумніву, оскільки виявлено, що підтримка працездатності двигунів і трансмісії смітєвозів можлива за допомогою застосування бортової діагностики і побудови комбінованої системи їх технічного обслуговування і ремонту, що створює в структурі їх експлуатаційного циклу умови для повного використання ресурсу елементів автомобіля і запобігання передчасним відмовам за рахунок розвитку системи бортової діагностики та методів пошуку несправностей.

В зв'язку з цим сформульовані *основні завдання* роботи, які полягають у наступному:

- провести аналіз методів пошуку несправностей смітєвозів, визначення періодичності, групування операцій ТО і шляхів вдосконалення системи ТО і Р;
- обґрунтувати наукові концепції забезпечення працездатності двигунів і трансмісії смітєвозів, застосуванням бортової діагностики і побудовою комбінованої системи ТО і Р;
- розробити математичні моделі прогнозування технічного стану і визначення інтервалів ТО і Р смітєвозів та вибору і оцінки ефективності систем їх діагностування;
- розробити моделі управління пошуком несправностей, ТО і Р смітєвозів.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ТА ОЦІНКА МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТУВАННЯ, ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ СМІТТЄВОЗІВ

2.1 Комплексний коефіцієнт моделей діагностування, технічного обслуговування і ремонту смітєвозів.

Підвищення ефективності експлуатації автомобільного транспорту забезпечується своєчасним ТО і Р на основі діагностики автотранспортних засобів, в той же час інтервали контролю дозволяють експлуатувати ТЗ із станом, що вимагає профілактичних дій, або ці дії здійснюються до моменту настання гранично допустимого стану елементу автомобіля. Такий підхід призводить до зростання витрат.

Виходячи з досліджень [7, 11] виділяють п'ять методів контролю складових ТЗ з допомогою:

- зовнішніх засобів;
- вбудованих датчиків;
- бортових систем контролю;
- засобів саморегулювання;
- комбінованого методу.

Для виявлення причин відмови необхідно визначити стан автомобілів з найменшим значенням кількості перевірок. Використовуючи декілька параметрів процес контролю значно ускладнюється. Знижується ймовірність визначення несправності.

Робота системи контролю визначиться як [5]:

$$Z = A \cdot Y, \quad (2.1)$$

де Z - вихідні величини;

A - оператор відмови;

Y - вхідні величини.

Якщо маємо число станів N , тоді:

$$Z(i) = A(i) \cdot Y, \quad (2.2)$$

де $A(i)$ - оператор i -ої несправності.

Виходячи з формули ймовірності:

$$P(A) = \sum_{i=1}^{\infty} P(B_i) \cdot P(AB_i). \quad (2.3)$$

де A - оператор відмови;

$B_1, B_2, \dots, B_i$ - кількість перевірок.

При відомій кількості відмов елементів сміттєвоза і перевірок можна визначити добуток усієї ймовірності $P(AB_i)$ і власне перевірок $P(B_i)$. Якщо припустити, що кількість контрольних дій на сміттєвоз має обмеження, то і ймовірність появи несправності $P(A)$ запишеться як:

$$P(A) = B_j / B_n, \quad (2.4)$$

де B_j - мінімальна кількість контролюючих елементів, необхідна для знаходження параметрів, що характеризують відмову агрегату сміттєвоза;

B_n - максимальна кількість контролюючих елементів, необхідна для знаходження параметрів агрегату сміттєвоза.

Значення B_j залежно від числа, при якому використання перевірок неефективне, визначається за системою рівнянь:

$$B_j(z) = \left\{ \begin{array}{l} B_j \in 1 \dots z \\ z = f(P) \end{array} \right\} \quad (2.4)$$

Параметр P запишеться як:

$$P_j = \frac{\sum M_j}{\sum n_j}, \quad (2.5)$$

де $\sum M_j$ - сукупність елементів;

$\sum n_j$ - відмови елементів.

Тоді параметр імовірнісної складової пропонованого методу визначається як:

$$P_{\text{й}} = B(x) / \left\{ \begin{array}{l} B_j, \in 1 \dots z \\ z = f(\sum M_j / \sum n_j) \end{array} \right\} \quad (2.6)$$

Якщо відмови трапляються, то для якісної перевірки стану сміттєвозів

необхідно збільшити число контролюючих елементів або за допомогою логічної складової зменшити кількість елементів контролю і, відповідно, понизити витрати на контрольні роботи, складові бортової системи контролю, а також ТО і Р сміттєвозів.

Для моделювання залежних відмов використовують марківські випадкові процеси. Найбільш перспективним є підхід із застосуванням логічних моделей [6].

Подія відмови N може статися із-за різних експлуатаційних показників $A_1, A_2, \dots, A_i$, які об'єднані логікою - «і» ($\wedge$), тобто дію отримуємо одночасну, «або» ($\vee$), що призводить до виникнення однієї з несправностей, обумовлених схожістю діагностичних параметрів, «ні» ($\neg$) - є присутньою несправність, що виключає можливість існування іншої.

За схемою «і» ($\wedge$) отримаємо [4, 6]:

$$A_1 \wedge A_2 \wedge \dots \wedge A_i \rightarrow N. \quad (2.7)$$

Для «або»:

$$A_1 \vee A_2 \vee \dots \vee A_i \rightarrow N. \quad (2.8)$$

Для «ні»:

$$A_1 \neg A_2 \neg \dots \neg A_i \rightarrow N. \quad (2.9)$$

Тоді для декількох операцій:

$$A_1 \wedge A_2 \neg A_4 \rightarrow N. \quad (2.10)$$

Проте наявність подій при зміні умов експлуатації $A_1, A_2, \dots, A_i$ у результаті призводить до виникнення відмови N .

Ймовірність виконання правила визначається:

$$P(A \rightarrow N). \quad (2.11)$$

Тоді подія відмови N з ймовірністю можна знайти з формули:

$$A \xrightarrow{P} N, \quad (2.12)$$

де P - ймовірність виконання контролюючих дій до моменту, коли станеться відмова елемента сміттєвоза.

Ймовірність виконання контролюючих дій до виникнення відмови

елементу сміттєвоза не повинна перевищувати параметр логічного контролю технічного стану:

$$P(A \rightarrow N) \leq \Pi_{пл}, \quad (2.13)$$

де $\Pi_{пл}$ - параметр логічного контролю технічного стану.

Виходить:

$$\Pi_{пл}(x) = \begin{cases} 1, \text{якщо } x \in Q \\ 0, \text{якщо } x \notin Q \end{cases}, \quad (2.14)$$

де Q - безліч параметра.

Якщо відмови елементу мають випадковий характер, то елемент не піддається профілактиці. Параметр логічний $\Pi_{пл}(x)$ запишеться як система правил [4, 6, 14]:

$$\Pi_{пл}(x) = \begin{cases} 0, \text{якщо } v(x) \geq 0,8 \\ 1, 6 - 2 \cdot v(x), \text{якщо } v(x) \in (0,3; 0,8), \\ 1, \text{якщо } v(x) \leq 0,3 \end{cases} \quad (2.15)$$

Запишемо правила як

ЯКЩО $v_i(x)$ = мале, ТОДІ $P_{л}(x)$ = велике (від 0,81 до 1);

ЯКЩО $v_i(x)$ = середнє, ТОДІ $P_{л}(x)$ = середнє (від 0,31 до 0,8);

ЯКЩО $v_i(x)$ = велике, ТОДІ $P_{л}(x)$ = мале (від 0 до 0,3)

де $v_i(x)$ = мале - не більше 2 елементів контролю;

$v_i(x)$ = середнє - від 3 до 5 елементів контролю;

$v_i(x)$ = велике - більше 5 елементів контролю.

Чим більша кількість елементів контролю у сміттєвоза, тим менше застосування логічного апарату, але більше і витрати на їх установку [4, 6, 14].

Проведені теоретичні дослідження моделей діагностування і систем ТО і Р сміттєвозів показують, що для визначення найбільш оптимальних моделей і систем потрібне введення в розгляд імовірнісних характеристик. Для виявлення оптимальної моделі діагностування, системи ТО і Р сміттєвозів пропонується використати комплексний (параметричний) коефіцієнт:

$$K_{\Pi i} = \frac{\Pi_{\Pi i}}{\sum \Pi_i}, \quad (2.16)$$

де $\Pi_{\Pi i}$ - параметр пропонованої моделі діагностування, системи ТО і Р сміттєвозів (комплексний показник);

$\sum \Pi_i$ - сумарний параметр відомих моделей діагностування, системи ТО і Р сміттєвозів (комплексний показник).

Проведений розрахунок і аналіз комплексного коефіцієнта $K_{\Pi i}$ показує, що меншим його значенням відповідають ефективніші запропоновані моделі і системи.

Визначені за допомогою датчиків діагностичного устаткування параметри і показники системи характеризуються комплексним імовірнісним параметром Π_{ii} , який враховує застосування об'єктивного контролю технічного стану як умову припинення роботи сміттєвоза на лінії і необхідності виконання профілактичних робіт. Для оцінки показників, що піддаються оцінці за допомогою логічних можливостей оператора, використовуємо логічний параметр $\Pi_{\text{л}}$, для часових - $\Pi_{\text{ч}}$, для вартісних - $\Pi_{\text{в}}$; для виключення - $\Pi_{\text{і}}$.

При використанні комбінації методів, необхідних при пошуку несправностей, найбільш доцільним для оцінки моделі діагностування (оцінки оптимальності вибраної моделі контролю) є використання коефіцієнта моделей пошуку несправностей:

$$K_{\Pi_{\text{ин}}} = \frac{\Pi_{ii}}{(\Pi_{\text{л}} + \Pi_{\text{ч}} + \Pi_{\text{в}} + \Pi_{ii} + \Pi_{\text{і}})} \quad (2.17)$$

де Π_{ii} - значення параметра при імовірнісному контролі, що характеризує ймовірність виходу з ладу контролюючих і контрольованих елементів сміттєвоза (комплексний показник);

$\Pi_{\text{л}}$ - значення параметра при логічному контролі, що характеризує ймовірність виявлення несправності за допомогою логічних можливостей оператора (комплексний показник);

$\Pi_{\text{ч}}$ - значення параметра при тимчасовому контролі, що характеризує час пошуку несправності контролюючих і контрольованих елементів сміттєвоза (комплексний показник);

$\Pi_{\text{в}}$ - значення параметра при вартісному контролі, що характеризує витрати на пошук несправності контролюючих і контрольованих елементів сміттєвоза (комплексний показник);

Π_i - значення параметра, що характеризує послідовне виключення можливих несправностей (комплексний показник).

Запропонований математичний підхід до визначення моделі пошуку несправностей сміттєвозів заснований на використанні комплексної комбінації методів пошуку несправностей і відрізняється від існуючих тим, що визначення несправностей відбувається на основі ймовірнісного, тимчасового, вартісного виявлення сміттєвоза, що найчастіше виходить з ладу елементу, з подальшим логічним пошуком і виключенням несправності, що призводить до зниження витрат на установку і обслуговування контролюючих елементів.

2.2 Аналіз підходів до пошуку несправностей транспортних засобів.

2.2.1 Ймовірнісний підхід до пошуку несправностей

Застосування бортової системи діагностування призводить до необхідності оптимізувати кількісне значення інтервалів при виконанні ТО і Р. Для обґрунтування оптимальності систем діагностування потрібне логічне або аналітичне представлення найбільш значимих контрольних операцій.

Такі зміни параметрів технічного стану можна аналізувати застосовуючи логічну і ймовірнісні складові засобів бортового контролю.

Зв'язки між параметрами і відмовами елементів сміттєвозів і їх визначення можна показати у формі матриці (табл. 2.1).

У таблиці в кодованому виді 1 - це можливість експлуатації сміттєвоза з несправністю, а 0 - відсутність можливості експлуатації сміттєвоза з несправністю. За допомогою представленої в таблиці 2.1 матриць можемо

визначити відмову елементів сміттевоза залежно від кількості параметрів що змінюються в процесі експлуатації.

Виходить, що увесь процес контролю можна представити, як взаємозв'язок між ймовірними відмовами і логічним визначенням несправностей, виходячи з чого повна ймовірність пошуку несправностей запишеться як матриця.

Таблиця 2.1 - Матриця зв'язків параметрів і відмов сміттевоза

Параметри	Відмови		
	A_1	A_2	A_3
P_1	1	0	0
P_2	0	1	0
P_3	1	0	1
P_4	0	1	1
P_5	0	0	1

$$\sum P_i = P_l + P_q + P_g + P_{\dot{y}} + P_i \quad (2.18)$$

де P_l - параметр логічний;

$P_{\dot{y}}$ - параметр імовірнісний;

P_g - параметр вартісний;

P_q - параметр часовий;

P_i - параметр виключення.

Найчастіше даним способом виявлення відмов при визначенні технічного стану сміттевозів є імовірнісний параметр. Відстежування несправностей сміттевозів можливе з використанням логічної, тимчасової, вартісної і імовірнісної складових коефіцієнта пошуку несправностей, який можна визначити по формулі:

$$K_{nn} = \frac{P_g}{\sum (P_i)} \quad (2.19)$$

Підставляючи (2.16), отримаємо:

$$K_{nn} = \frac{\Pi_{\epsilon}}{\Pi_{\lambda} + \Pi_{\eta} + \Pi_{\epsilon} + \Pi_{\dot{\eta}} + \Pi_i} \quad (2.18)$$

чи

$$K_{nn} = \frac{1}{1 + \frac{(\Pi_{\lambda} + \Pi_{\eta} + \Pi_{\dot{\eta}} + \Pi_i)}{\Pi_{\epsilon}}} \quad (2.19)$$

Якщо використовуємо бортове діагностування, то ймовірність працездатності контролюючих елементів [6, 9] визначиться за виразом:

$$\underline{P}_y = P \left[1 - \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{P_y}{P_i} \right)^2} \right], \quad (2.20)$$

де $\underline{P}_i$ - ймовірність безвідмовності;

$$\sigma_P = P \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{P_i}^2}{P_i^2}}, \quad (2.21)$$

де σ_{P_i} - середньоквадратичне відхилення.

Ймовірність безвідмовної роботи випадкової величини визначається по формулі:

$$P(x^{\text{ПР}} - x^{\text{Д}} = u > 0) = \int_0^h \varphi(u) du, \quad (2.22)$$

де $\varphi(u)$ - щільність ймовірності;

h - межа випадкової величини.

Ймовірність P параметра обчислюємо за формулою:

$$P = P_1 \cdot P_{2/1} \quad (2.23)$$

де P_1 - ймовірність знаходження параметра;

$P_{2/1}$ - ймовірність знаходження параметра всередині інтервалів.

Ймовірність P_1 обчислюється за формулою:

$$P_1 = \int_{x_{H1}}^{x_{B1}} \int_{x_{H2}}^{x_{B2}} \dots \int_{x_{HN^*}}^{x_{BN^*}} \varphi(x_1, \dots, x_N) dx_1 \dots dx_N, \quad (2.24)$$

де $\varphi(x_1, \dots, x_N)$ - щільність розподілу параметра.

При нормальному законі розподілу $x_1, x_2, \dots, x_N$ і числі N відмов до 15 ймовірність визначається як:

$$P_1 = \prod_{j=1}^N F(h_j) + [F(h_j)_{\min} - \prod_{j=1}^N F(h_j)] K_N; \quad (2.25)$$

$$\begin{aligned} F(h_j) &= F\left(\frac{x_j^B - \bar{x}_j}{\sigma_{x_j}}\right) - F\left(\frac{x_j^H - \bar{x}_j}{\sigma_{x_j}}\right) = \\ &= F\left(\frac{x_j^B - \bar{x}_j}{\sigma_{x_j}}\right) + F\left(\frac{\bar{x}_j - x_j^H}{\sigma_{x_j}}\right) - 1 = \\ &= F(h_{1,j}) + F(h_{2,j}) - 1, \end{aligned} \quad (2.26)$$

де $F(h_{ij})$ - функція межі випадкових величин.

$$F(h_{ij}) = (2\pi)^{-1/2} \int_{-\infty}^{h_{ij}} -e^{-h^2/2} dh. \quad (2.27)$$

При зміні межі випадкових величин:

$$h_{ij} (i = 1, 2; j = \overline{1, N}). \quad (2.28)$$

Тоді зміна межі для першої випадкової величини:

$$h_{1,j} = \left(\frac{x_j^B - \bar{x}_j}{\sigma_{x_j}} \right) \quad (2.29)$$

Для другої випадкової величини:

$$h_{2,j} = \frac{\bar{x}_j - x_j^H}{\sigma_{x_j}}. \quad (2.30)$$

Коефіцієнт відмови:

$$K_N = \frac{2}{\pi C} \sum_{i=1 < j=1}^{2, N} \arcsin r_{ij}, \quad (2.31)$$

де r_{ij} - закон зміни випадкової величини, який визначиться по формулі:

$$r_{ij} = \frac{1}{n\sigma_{x_i}\sigma_{x_j}} \sum_{i=1, j=1}^{2, N} (x_i - \bar{x}_i). \quad (2.32)$$

На практиці найбільш застосовувана наступна залежність:

$$F(h) = 1 - ae^{-b(c+h)}, \quad (2.33)$$

де a ; b ; c - коефіцієнти апроксимуючої функції.

Для відповідальних випадків (елементи, що відповідають за безпеку руху)

$$\tilde{F}^{-1}(h) = \frac{2,30753 + 0,27061\xi}{1 + 0,99229\xi + 0,04481\xi^2} + \varepsilon(h) \quad (2.34)$$

або

$$\tilde{F}^{-1}(h) = \frac{2,515517 + 0,80253\xi + 0,10328 \cdot \xi^2}{1 + 1,432788\xi + 0,189269\xi^2 + 0,001308\xi^3} + \varepsilon(h). \quad (2.35)$$

У окремих випадках, при $N^*=2$ ймовірність P_1 обчислюється по формулах:

$$P_1 = F(h_1, h_2) = F(h_1)F(h_2) + \int_0^{r_{1,2}} \psi(h_1, h_2, x) dx; \quad (2.36)$$

$$P_1 = F(h_1) \cdot F(h_2) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{F^{(k)}(h_1) \cdot F^{(k)}(h_2)}{k!} r_{1,2}^k, \quad (2.37)$$

де

$$\begin{aligned} \psi(h_1, h_2, x) &= \frac{\partial^2 F(h_1, h_2)}{dx_1 \cdot dx_2} = \\ &= \left[2\pi \sqrt{1 - r_{1,2}^2} \right]^{-1} \exp \left[- \left(h_1^2 + h_2^2 - \frac{2 \cdot h_1 \cdot h_2 r_{1,2}}{2(1 - r_{1,2}^2)} \right) \right]. \end{aligned} \quad (2.38)$$

Тоді

$$F(h_1, h_2) = \left[\frac{F(h_1) + F(h_2)}{2} \right] - T(h_1, c_{h_1}) - T(h_2, c_{h_2}) - \quad (2.39)$$

при

$$c_{h_1} = \frac{(h_2 - h_1 \cdot r_{1,2})}{h_1(1 - r_{1,2}^2)^{-1/2}}; \quad (2.40)$$

$$c_{h_2} = \frac{(h_1 - h_2 \cdot r_{1,2})}{h_2(1 - r_{1,2}^2)^{-1/2}}; \quad (2.41)$$

$$h_1 = \frac{(\bar{x} - x^H)}{\sigma_x}; \quad (2.42)$$

$$h_2 = \frac{(x^B - \bar{x})}{\sigma_x}; \quad (2.43)$$

$$r_{1,2} = \frac{1}{n\sigma_{x_1}\sigma_{x_2}} \sum_{i=1}^n (x_i^1 - \bar{x}_1)(x_i^2 - \bar{x}_2), \quad (2.44)$$

де b - поправочний коефіцієнт.

При дослідженні тенденцій зміни показників механічної надійності контролюючих елементів або датчиків недостатньо обґрунтований вибір прогнозованих величин призводить до помилок і збільшення витрат на експлуатацію датчиків.

Тоді безвідмовність датчиків визначається по формулі:

$$P_j(\Pi_d) = P(x_j^{\Pi} - x_j^{\Delta} = u_j > 0), \quad (2.44)$$

де $P(\dots)$ - ймовірність безвідмовності контролюючого елементу;

x_j^{Π} - граничне значення параметра працездатності контролюючого елементу;

x_j^{Δ} - допустиме значення параметра працездатності контролюючого елементу;

u_j - різниця між граничним і допустимим значеннями параметра працездатності контролюючого елементу [4, 6, 9].

$$P_j(D) = \prod_{j=1}^n P_j(\Pi_D), \quad (2.45)$$

де $\prod_{j=1}^n (...)$ - добуток ймовірності безвідмовності контролюючого елемента.

Тоді

$$\Pi_B = P_j(D) P(A). \quad (2.46)$$

Підставляючи значення (2.23), отримаємо:

$$\Pi_B = \prod_{j=1}^n (P(x_j^{\Pi} - x_j^D = u_j > 0)) B_j / B_n. \quad (2.47)$$

Якщо відмови відбуваються, то збільшуючи кількість контролюючих елементів, можна понизити їх вплив на працездатність сміттевозів.

Для створення оптимальної моделі контролю технічного стану і на її основі системи ТО і Р необхідно виявити взаємодію між логічним і імовірнісним методами визначення відмов.

Одним із способів визначення стану елементів сміттевозів є введення імовірнісних параметрів. Це можливо, якщо відомі дані про зміну стани сміттевоза, отримані за допомогою засобів зовнішнього і бортового контролю.

2.2.2 Логічний підхід до пошуку несправностей

Оптимальну модель контролю можна представити у вигляді відношення імовірнісної і логічної складових коефіцієнта:

$$K_{\Pi L} = \frac{\Pi_{\Pi}}{\Pi_{\Pi L}}. \quad (2.48)$$

При

$$\Pi_{\Pi L} = \Pi_L + \Pi_{\Pi}. \quad (2.49)$$

отримаємо

$$K_{\Pi L} = \frac{1}{1 + \frac{\Pi_L}{\Pi_{\Pi}}}. \quad (2.50)$$

Діагностування сміттєвоза залежатиме від вихідної величини контролю, яка визначиться по формулі [6, 9]:

$$Z_{\text{л}} = f(Y_{\text{л}}), \quad (2.51)$$

де Y - вхідна величина логічного контролю;

$Z_{\text{л}}$ - вихідна величина логічного контролю.

Якщо кількість елементів контролю кінцева, то:

$$Z_{\text{ли}} = f(Y_{\text{ли}}), \quad (2.52)$$

де $Y_{\text{ли}}$ - вхідні величини логічного контролю;

$Z_{\text{ли}}$ - вихідні величини логічного контролю.

Для зниження витрат на установку контролюючих елементів необхідно значну долю виявлення несправностей визначати логічним методом.

При дослідженні складних систем сміттєвозів подія відмови станеться якщо

$$R \leq P^{i+1}, \quad (2.53)$$

де P^{i+1} - ймовірність подальшого виходу з ладу.

Якщо відмова станеться, то:

$$l_e^i = l_e^{i-1} + l_e, \quad (2.54)$$

де l_e^{i-1} - пробіг до попереднього виходу з ладу;

l_e - пробіг між виходами з ладу;

l_e^i - пробіг до виходу з ладу.

Похибка до виходу з ладу для середніх пробігів між відмовами визначиться по формулі:

$$\frac{l_i - l_{i-1}}{l_i} \leq \xi, \quad (2.55)$$

де l_i - середній пробіг до виходу з ладу;

ξ - погрішність.

Напрацювання до відмови для переліку операцій:

$$l_e^i = l_{TOi} + l_e, \quad (2.56)$$

де l_{TOi} - періодичність ТО;

l_e - напрацювання між виходу з ладу;

l_e^i - напрацювання до виходу з ладу.

Потім визначається мінімальний пробіг до відмови складових частин сміттєвозів.

Моделювання процесу працездатного стану A , що має ймовірність $P(A)$ події, здійснюється по формулі:

$$P(A) < R, \quad (2.57)$$

де R - число в інтервалі від 0 до 1.

Для випадкових величин $A_1, A_2, \dots, A_k$ сума ймовірностей дорівнює одиниці:

$$P(A_1), P(A_2), \dots, P(A_k) = 1. \quad (2.58)$$

Якщо випадкова подія відмови N є наслідком події експлуатації A , то

$$A \rightarrow N. \quad (2.59)$$

Якщо для бортового контролю ми використовуємо елементи контролю, то нижня довірча межа визначається як:

$$\underline{P}_\gamma = P \left[1 - \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(1 - \frac{P_i}{P_i} \right)^2} \right], \quad (2.60)$$

де $\underline{P}_i$ - нижня довірча межа.

$$\sigma_P = P \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{\sigma_{P_i}^2}{P_i^2}}, \quad (2.61)$$

де σ_{P_i} - середньоквадратичне відхилення;

P_i - ймовірність відмови елементу контролю.

Ймовірність безвідмовного функціонування елементів контролю обчислюється за формулою:

$$P(x^{III} - x^{II} = u | 0) = \int_0^h \varphi(u) du, \quad (2.62)$$

де $\varphi(u)$ - ймовірність випадкових величин;

h - межа випадкових величин;

x^{KP} - граничне значення;

x^D - гранично-допустиме значення.

Для елементу контролю, що складається з великої кількості деталей використовується модель відмови:

$$\left. \begin{array}{l} P(x_1^{PP} - x_1^D = u_1 | 0) \\ P(x_2^{PP} - x_2^D = u_2 | 0) \\ \\ P(x_N^{PP} - x_N^D = u_N | 0) \end{array} \right\} = P_j(\Pi_D), \quad (2.63)$$

де N - число параметрів;

$P_j(P_\theta)$ - ймовірність правильного показання елементу контролю [4, 6, 9].

Ймовірність безвідмовної роботи елементів контролю запишеться як:

$$P_j(\mathcal{D}) = \prod_{i=1}^n P_j(\Pi_{\mathcal{D}}), \quad (2.64)$$

де n - число датчиків.

Тоді логічний параметр визначуваний по формулі:

$$\Pi_{\mathcal{J}} = P_{\Pi_{\mathcal{J}}}(x). \quad (2.65)$$

Підставивши у формулу (2.65) значення формул (2.59), отримаємо формулу логічної складової:

$$\Pi_{\mathcal{L}} = \left\{ \begin{array}{l} 0, \text{ якщо } v(x) \geq 0,8 \\ 1,6 - 2 \cdot v(x), \text{ якщо } v(x) \in (0,3; 0,8), \\ 1, \text{ якщо } v(x) \leq 0,3 \end{array} \right\} \quad (2.66)$$

Логічний метод застосовується для елементів сміттєвозів, що складаються з великої кількості деталей; з його допомогою можна визначити несправність, використовуючи логічний апарат, закладений в програмі бортового діагностування [4, 6, 9].

2.2.3 Часовий і вартісний підходи до пошуку несправностей

При рівній ймовірності двох або більше специфічних відмов кожна пошукова ознака визначається на підставі мінімального часу, необхідного для перевірки. Тоді часовий підхід до визначення параметра $\Pi_{\text{час}}$ знаходиться по формулі:

$$\Pi_{\text{час}} = \frac{B_m}{B_j} \quad (2.67)$$

де B_m - кількість параметрів з рівною ймовірністю, що характеризує відмову агрегату сміттєвоза;

B_j - загальна кількість параметрів, встановлена в результаті контролю технічного стану агрегату сміттєвоза.

Часовий параметр дозволить при можливому рівноймовірному виході з ладу елементів агрегату сміттєвоза і в залежності мінімального часу на пошук несправності визначити несправний елемент.

Якщо час пошуку несправності є однаковим для різних відмов, в цьому випадку пошук є неефективним, оскільки призводить до невизначеності, тобто до випадкового вибору пошукової послідовності помилки. Важливим критерієм для визначення несправностей є витрати на пошук передбачуваного несправного елементу. Розпочинають перевірку з елементу, витрати на пошук несправності якого мінімальні в порівнянні з іншими елементами.

Вартісний підхід до пошуку параметра $\Pi_{\text{в}}$ визначається по формулі:

$$\Pi_{\text{в}} = \frac{B_c}{B_j} \quad (2.68)$$

де B_c - кількість параметрів з рівним часом, що характеризують відмову агрегату сміттєвоза.

Вартісний параметр дозволить при можливому рівночасовому виході його з ладу елементів агрегату сміттевоза і в залежності мінімальної вартості на пошук несправності, визначити несправний елемент.

Вдосконалення елементів сміттевозів приводять до того, що використання ймовірнісного, вартісного, тимчасового, логічного методів не представляється можливим. В цьому випадку можливе визначення несправності методом виключення.

Метод виключення проявляється в послідовному визначенні змін параметрів стану і виключенні працездатних.

Тоді параметр $\Pi_{вик}$ знаходиться по формулі:

$$\Pi_{вик} = \frac{B_{вик}}{B_j} \quad (2.69)$$

де $B_{вик}$ - кількість параметрів, що визначається методом виключення, характеризуючих відмову сміттевоза;

B_j - загальна кількість параметрів, встановлена в результаті контролю технічного стану агрегату сміттевоза.

Параметр виключення дозволить при можливому виході з ладу нових елементів агрегату сміттевоза, визначити несправний елемент.

При розробці математичного підходу до пошуку несправностей ми отримаємо модель, яка дозволить визначити найбільшу кількість з відомих несправностей.

Коефіцієнт цієї моделі знаходиться по формулі:

$$K_{\Pi} = 1 / \left[\prod_{j=1}^n (P(x_j^{\Pi} - x_j^{\Delta} = u_j > 0)) M_{min}/M_{max} + B_m/B_j + B_c/B_j + B_{\phi}/B_j + \right. \\ \left. + \begin{cases} 0, \text{ якщо } v(x) \geq 0,8 \\ 1,6 - 2 \cdot v(x), \text{ якщо } v(x) \in (0,3; 0,8), \\ 1, \text{ якщо } v(x) \leq 0,3 \end{cases} \right] \quad (2.70)$$

З (2.70) показує, що при зменшенні кількості контролюючих елементів ймовірність виходу їх з ладу зменшується, а застосування тимчасового і вартісного виявлення сміттевоза, що найчастіше виходить з ладу елементу, з

подальшим логічним пошуком і виключенням несправності дозволить виявити несправність із заданою ймовірністю.

Запропонований математичний підхід до визначення моделі пошуку несправностей смітєвозів заснований на комбінованому методі пошуку несправностей, який відрізняється від існуючих тим, що визначення несправностей відбувається на основі ймовірнісного виявлення елементу смітєвоза, що найчастіше виходить з ладу, з подальшим тимчасовим і вартісним виявленням елементу смітєвоза, що найчастіше виходить з ладу, з подальшим логічним пошуком і виключенням несправності, що призводить до зниження витрат на установку і обслуговування контролюючих елементів.

З формули пропонованого коефіцієнта (2.70) можна встановити, що з його допомогою можливо перевірити різні моделі пошуку несправностей.

2.3 Параметричний підхід до визначення моделей діагностування, технічного обслуговування і ремонту смітєвозів.

Аналіз показав наявність наступних моделей діагностування:

- зовнішніми засобами;
- бортовими системами контролю;
- системами бортових датчиків;
- комбіноване.

Для запропонованої моделі пошуку несправностей із застосуванням бортової системи контролю параметричний коефіцієнт визначиться по формулі:

$$K_{Пбск} = \frac{П_{бск}}{П_{бск} + П_{Ді}} \quad (2.71)$$

де $П_{бск}$ - значення параметра при застосуванні бортової системи контролю;

$П_{Ді}$ - значення параметра при застосуванні існуючої системи контролю.

Аналогічно визначається параметричний коефіцієнт для методів групування операцій:

$$K_{\Pi_{2p}} = \frac{\Pi_{K_{2p}}}{\Pi_{K_{6ck}} + \Pi_{2p_i}} \quad (2.72)$$

де $\Pi_{K_{2p}}$ - значення комбінованого параметра при поєднанні методів групування операцій ТО сміттєвозів;

Π_{2p_i} - значення параметра при застосуванні існуючого методу групування, і визначення періодичності ТО

$$K_{\Pi_n} = \frac{\Pi_{K_n}}{\Pi_{K_n} + \Pi_{n_i}} \quad (2.73)$$

де Π_{K_n} - значення комбінованого параметра при поєднанні методів визначення періодичності ТО сміттєвозів;

Π_{n_i} - значення параметра при застосуванні існуючого методу визначення періодичності ТО.

Для запропонованої системи ТО і Р параметричний коефіцієнт визначиться по формулі:

$$K_{\Pi_{TOiP}} = \frac{\Pi_{TOiP}}{\Pi_{TOiP} + \Pi_{TOiP_i}} \quad (2.74)$$

де Π_{TOiP} - значення параметра при застосуванні бортової системи контролю;

Π_{TOiP_i} - значення параметра при застосуванні існуючої системи контролю.

Для комбінованого діагностування бортовою системою контролю з одним контролюючим елементом (при 10 максимально необхідних контролюючих елементах) для знаходження параметрів агрегату сміттєвоза параметричний коефіцієнт приймає значення:

$$K_{\Pi} = \frac{1}{1 + \frac{(0,95 + 0,1 + 0,1 + 0,1)}{0,1}} = 0,045. \quad (2.75)$$

Аналогічно знаходимо K_{II} для різної кількості контролюючих елементів, і зводимо значення в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 - Залежність значень параметричного коефіцієнта від кількості контролюючих елементів

Кількість контролюючих елементів	K_{II}
0	0
1	0,045
2	0,072
3	0,097
4	0,101
5	0,117
10	0,16

Аналіз складових коефіцієнта K_{II} і таблиці 2.2 показує, що найбільш прийнятним буде комбіноване діагностування з найменшою кількістю датчиків.

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ СМІТТЄВОЗІВ

3.1 Розробка алгоритму бортового діагностування сміттєвозів.

Проведення контролю технічного стану двигуна і трансмісії пропонується здійснювати з використанням приладу, в якому робота заснована на виведенні показників сміттєвоза на монітор бортового комп'ютера (рис. 3.1).

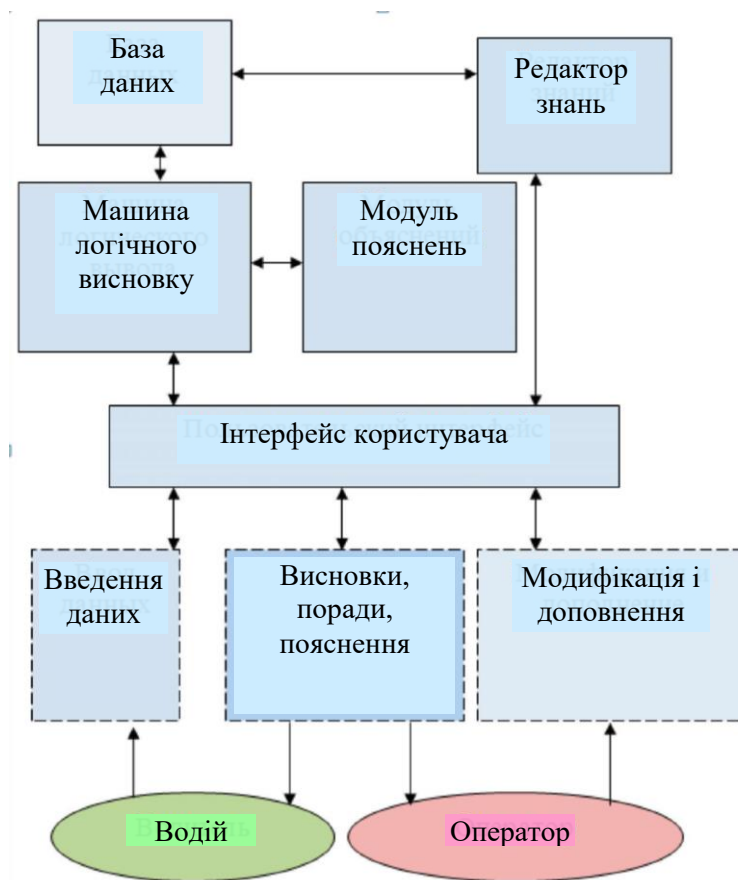


Рисунок 3.1 - Логічна схема алгоритму бортового діагностування сміттєвозів

Логічна схема включає блоки баз даних, виявлені на основі бортового діагностування систем сміттєвоза, що найчастіше виходять з ладу, з подальшим тимчасовим і вартісним пошуком несправностей (рис. 3.1), і опитну частину, розраховану на інші елементи.

Алгоритм програми для діагностування двигуна виглядає таким чином (рис. 3.2).

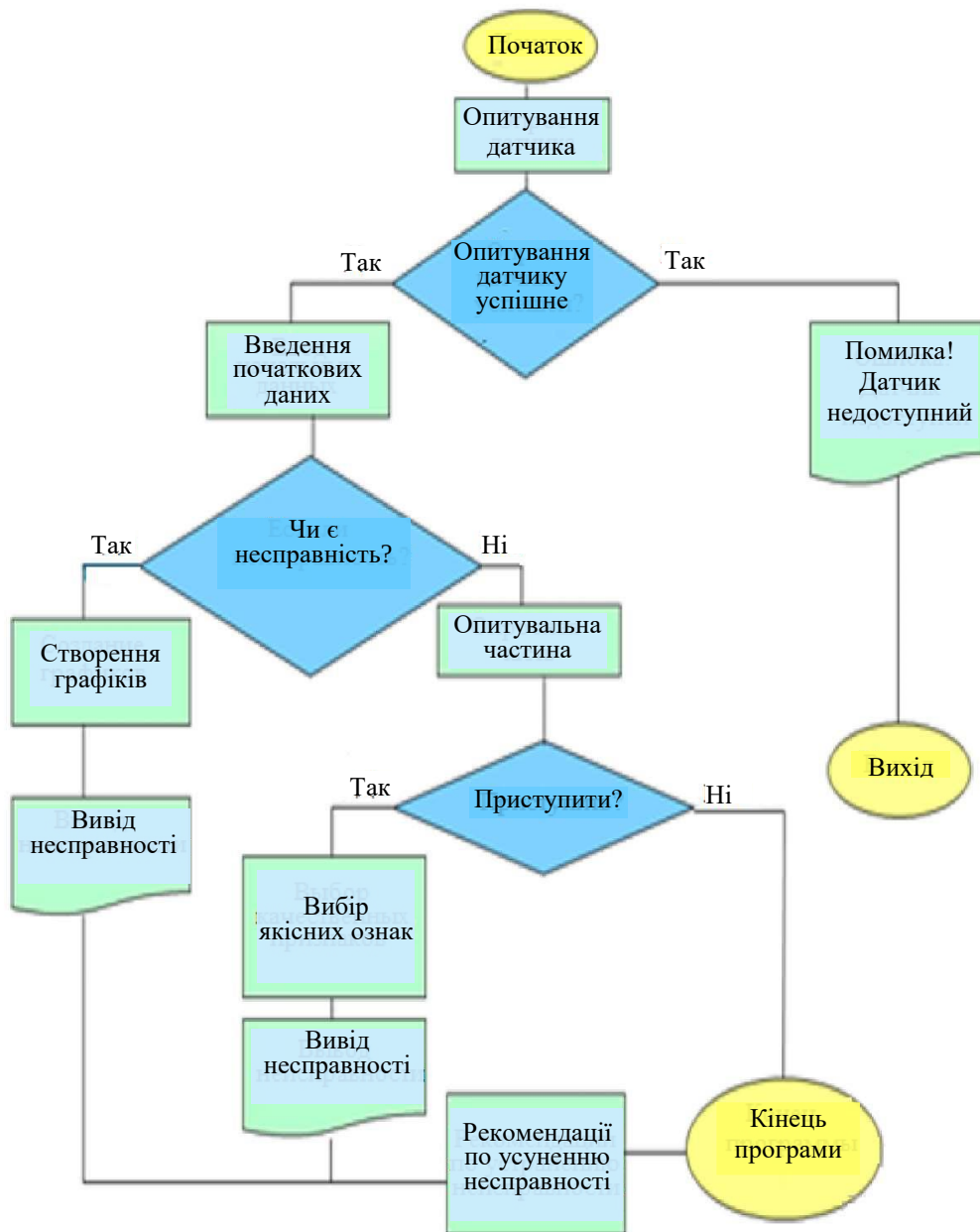


Рисунок 3.2 - Алгоритм бортового діагностування смітєвозів

Програмою зчитуються значення з датчика тиску палива, встановленого на паливопроводі, що йде від паливного насосу високого тиску (ПНВТ) до форсунки.

Для розробки бази осцилограм використано оцифрування графіків тиску паливної системи високого тиску за допомогою програми Graph2Digit2. У режимі діагностування з'явиться крива тиску в паливній системі двигуна і контрольна крива. По допустимому значенню можемо виявити несправність.

Додавши функцію виявлення несправностей по тиску палива, можливе порівняння отриманої в процесі діагностування кривої і кривої, запропонованої програмою в якості еталонної [5, 9]. Робота системи закінчується тоді, коли визначена найбільш ймовірна несправність двигуна.

Для контролю технічного стану ТЗ АТП для групи сміттевозів пропонується впровадити прилад бортового контролю. Розроблені устаткування і програмне забезпечення діагностування є складовими частинами бортової системи діагностування, яка виконує контроль параметрів не окремих складових частин сміттевоза, а тих елементів, що найчастіше призводять до відмов двигуна.

Технічне діагностування елементів ТЗ припускає, як і оцінку технічного стану, так і пошук відмови або несправностей для встановлення її місцезнаходження, щоб далі можна було спрогнозувати величину залишкового ресурсу або ймовірність безвідмовної роботи.

Для комп'ютерної моделі була прийнята модель об'єкту, яка дозволяє відтворювати усі ті дії, які може виконати оператор-діагност, що проводить оцінку технічного стану двигуна сміттевоза.

Якщо при проведенні досліджень застосовувати дороге діагностичне устаткування, то це приведе до значних експлуатаційних витрат. Комп'ютерне моделювання технічного стану двигуна дозволяє моделювати рівень працездатності елементів двигуна при заданих параметрах, значення яких встановлюються за допомогою спеціального редактора.

Моделювання комп'ютерного діагностичного устаткування дозволить істотно прискорити процес контролю технічного стану сміттевозів. Для сміттевоза МАЗ КО-427-73 розроблено систему бортового контролю і програмного модуля. Бортова система контролю розрахована на підключення до електронного блоку Cummins.

Алгоритм запропонованої програми наведено на рис. 3.3.



Рисунок 3.3 - Алгоритм програми контролю технічного стану двигуна

За результатами опитної частини програми (логічний метод) уточнюється можливість появи відмови, при цьому пошук несправності здійснюється в першу чергу для найменш трудомісткої операції пропонується перевірка рівня мастила, потім його тиск, якість, і якщо ці перевірки не привели до виявлення причини несправності, то потрібна детальна перевірка з частковим розбиранням двигуна, перевіркою кріплень, відповідності підшипників ремонтним розмірам і знос колінчастого валу і підшипників. Після завершенні усіх дій встановлюється ймовірна причина несправності і рекомендації по їх усуненню.

Після того, як буде виявлена несправність система запропонує здійснити подальший пошук. Це відбувається у тому випадку, якщо виявлена несправність помилкова або, якщо після її усунення робота двигуна не нормалізувалася. Пошук несправностей дозволить понизити виходи стоячи транспортних засобів.

Розроблене устаткування бортової системи контролю дизеля може встановлюватися на сміттєвоз і використовуватися для діагностування. Усі дії, пов'язані з обробкою сигналу, що поступив, і встановлення несправності здійснюється за допомогою бортової системи діагностування (рис. 3.4, для контролю ПНВТ і форсунки дизеля використовується датчик тиску (рис. 3.5).



Рисунок 3.4 - Пропонована бортова система діагностики сміттєвоза МАЗ КО-427-73



Рисунок 3.5 - Датчики тиску палива з пружинним і ексцентриковим кріпленням до трубопроводу

Алгоритм роботи бортової системи діагностики представлений на рис.

3.6.

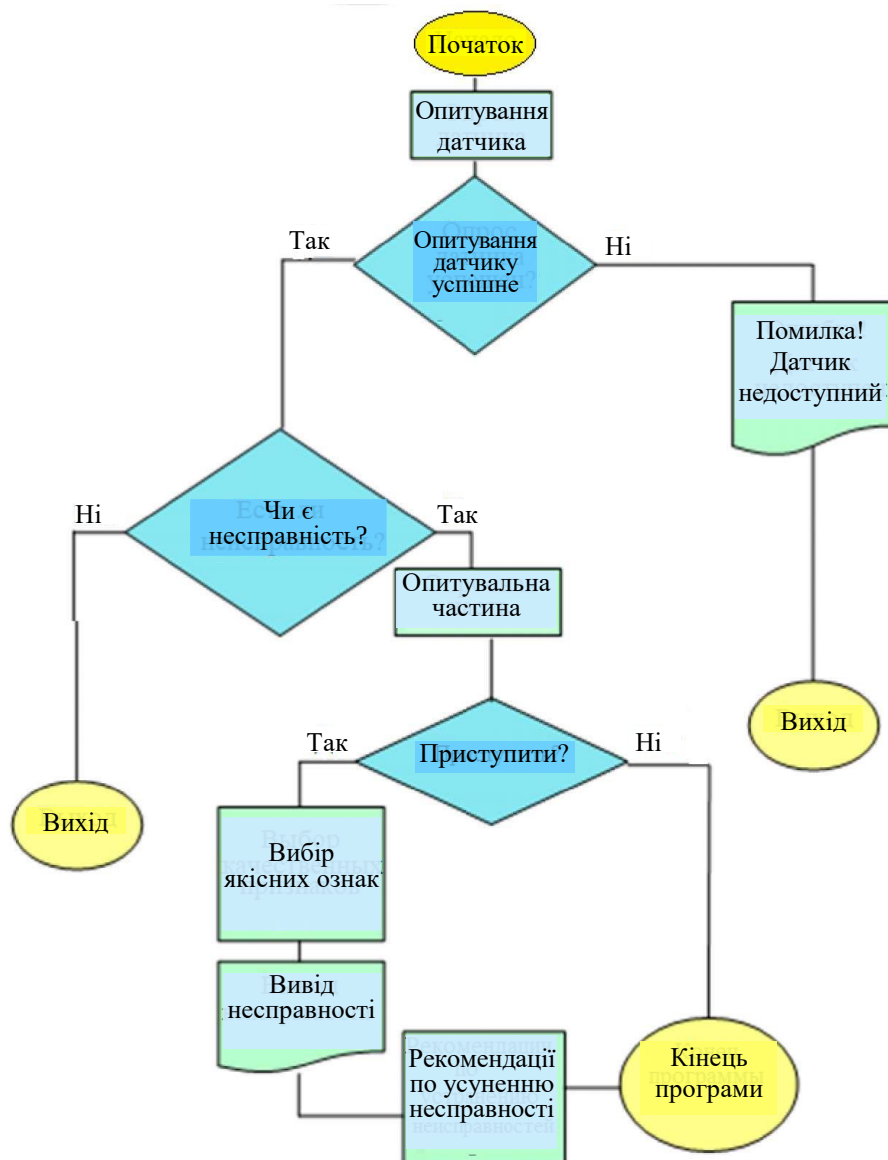


Рисунок 3.6 - Алгоритм бортової системи діагностики

При діагностуванні турбокомпресорів виникають складнощі при його проведенні. На значення показників ефективності функціонування турбокомпресору можуть робити вплив на зниження частоти обертання і наявність додаткових механічних втрат внаслідок тертя частин ротора, що обертаються, об нерухомі деталі турбокомпресору [8, 11].

Запропонована бортова система діагностування призначена для використання водієм сміттєвоза або механіком АТП і видачі даних на

вбудовану систему діагностування або ПК про роботу і технічний стан сміттєвоза зокрема турбокомпресора.

Інша проблема в оцінці технічного стану елементів конструкції технічного стану в недоліку даних про величини, що впливають на зміну вихідних параметрів паливного насоса високого тиску і в цілому на двигун. У режимі опитування система дозволяє виявити несправності.

Охолоджувальна система є невід'ємною частиною облаштування двигуна. Дана система повинна постійно знаходитися в працездатному стані, оскільки від неї безпосередньо залежить робота двигуна і подальший його знос. Для цього треба регулярно контролювати технічний стан цієї системи, періодично проводити регламентне технічне обслуговування і ремонт. Вихід з ладу однієї з частин негайно приведе до припинення функціонування усієї системи в цілому, а потім до перегрівання двигуна і неможливості подальшого використання сміттєвоза до виявлення і усунення несправності.

Впровадження системи діагностування ПНВТ, дозволить понизити кількість відмов. Основним завданням системи охолодження є підтримка стану двигуна в строго певному температурному діапазоні при різних режимах і умовах роботи.

Можна самостійно визначити деякі основні несправності, наприклад перегрівши або надмірне охолодження двигуна, що підтверджується датчиком температури. Із-за недостатнього відкриття стулок жалюзі радіатора, а також пробуксували ременя при слабкому натягненні двигун перегрівається.

Для підтримки сміттєвоза в працездатному стані необхідно проводити його діагностування. Але діагностика не відміняє регламентні профілактичні і ремонтні роботи. Тому діагностування не дозволяє повністю використати ресурс. Найбільшою перевагою бортового діагностування є те, що воно дозволяє виявити несправність у момент її виникнення, вчасно усунути несправність і тим самим не допустити появу відмови.

Аналіз методів пошуку несправностей показує, що при їх поєднанні

росте ймовірність знаходження несправностей. Найбільш ефективним при застосуванні бортового діагностування є поєднання усіх методів визначення несправностей, що передбачає виявлення несправності з найменшими витратами часу і засобів. Але проблема полягає в тому, що зовні не можна визначити несправність, оскільки ознаки деяких несправностей схожі. Виявити найбільш поширені відмови і симптоми можна, не виконуючи непотрібних контрольних операцій. Якщо виникає необхідність здійснювати контроль складного об'єкту, то необхідно знати різні симптоми несправностей і досвідчений водійський склад, здатний їх розпізнати.

Існує метод, при якому не потрібний досвід оператора, але правильність встановлення причини несправності або відмови залежить від людського чинника.

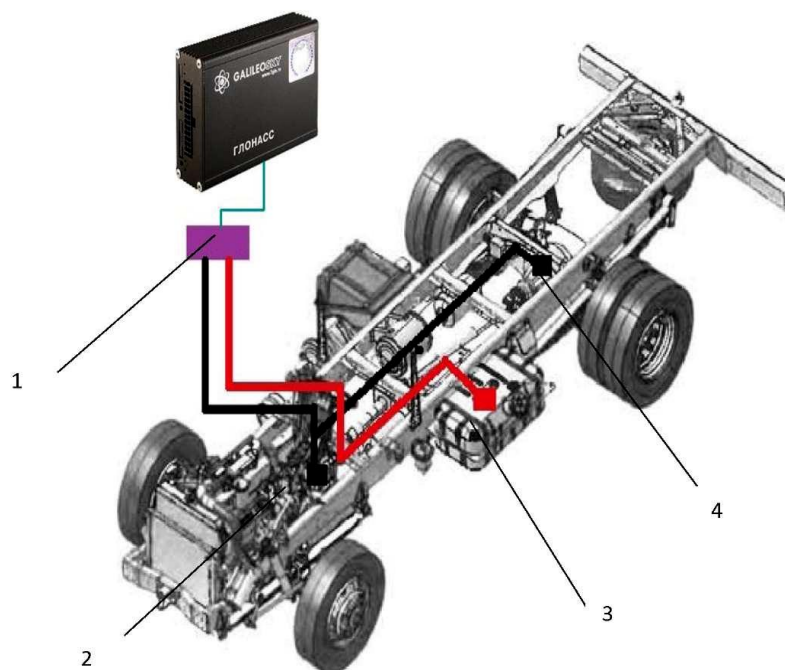
Система бортового діагностування дозволяє виконати контроль технічного стану системи охолодження сміттевоза. Є можливість визначити технічний стан системи охолодження за допомогою датчика температури. Якщо підвищується температура і двигун перегрівається, то за допомогою опитної частини, тимчасового, вартісного методу і методу виключення можна виявити несправність елементів системи охолодження. Пропонована система забезпечує безперервний контроль агрегату.

Впровадження бортового діагностування для системи охолодження сміттевозів дозволить своєчасно виявити і усунути несправність на лінії, що приведе до зниження витрат при виконанні транспортної роботи.

Одним з важливих елементів сміттевоза є трансмісія, на яку доводиться роботи пов'язані з ТО і Р [1, 10]. Система діагностування дозволяє виконувати контроль технічного стану двигуна і трансмісії. Є можливість визначити загальну несправність в трансмісії за допомогою датчиків температури мастила.

Розташування датчиків представлено на рисунку 3.7.

Програма включає блоки з базами даних для профілактичних робіт по коробці зміни передач і головній передачі.



1 - бортова система контролю; 2 - датчик температури олії в трансмісії; 3 - датчик витрати палива; 4 - датчик температури мастила головної передачі □

Рисунок 3.7 - Розташування контролюючих пристроїв на смітєвозі

Друга частина програми - аналітична, визначає наявність і вид несправностей як в двигуні, так і в трансмісії; третя частина - опитувальна, розрахована на інші системи смітєвоза.

Застосування бортового діагностування дозволить понизити витрати на проведення ТО і ТР, підвищити рівень надійності смітєвозів.

3.2 Розробка алгоритму виконання технічного обслуговування і ремонту смітєвозів на основі нових підходів.

В цілях отримання даних про стан смітєвозу необхідно виконати діагностику ТЗ на основі застосування бортової системи контролю [10, 16]. За отриманими в результаті контролю (рис. 3.8) даними робиться їх аналіз. Програма прочитує дані з діагностичних пристроїв, встановлених на смітєвозі. Якщо такі пристрої не встановлені, то вони встановлюються додатково.

При роботі системи усі отримані результати автоматично заносяться у базу даних програми. Цей процес запису дозволяє побачити повну історію технічного стану смітєвоза за увесь період його експлуатації.

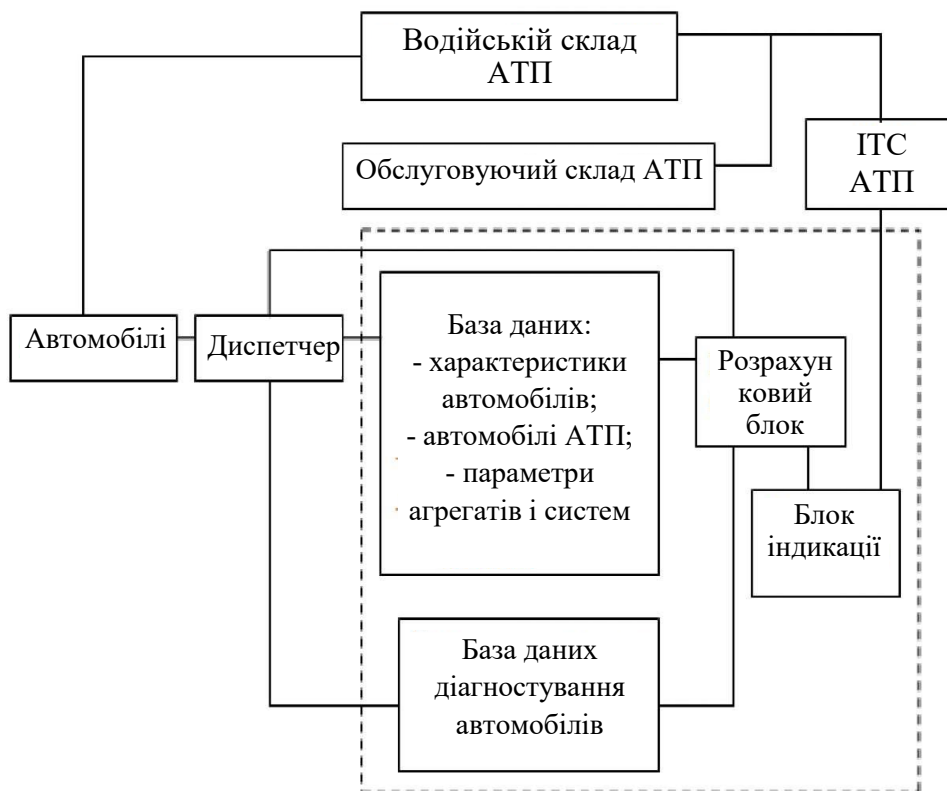


Рисунок 3.8 - Загальна схема сигналізатора контролю даних бортової діагностик сміттєвозів

Напрацювання до ТО визначається по наступній розрахунковій формулі:

$$t = (N_{\text{вим.}} - N_{\text{кр.}}) / (N_{\text{ном.}} - N_{\text{кр.}}) \cdot L_{\text{ТО}} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (3.1)$$

де $N_{\text{вим}}$ - виміряна потужність;

$N_{\text{кр}}$ - критична потужність сміттєвоза;

$N_{\text{ном}}$ - номінальна потужність сміттєвоза;

L - нормативний пробіг до ТО;

K_1 - коефіцієнт, що враховує категорію експлуатації сміттєвоза;

K_2 - коефіцієнт, що враховує кліматичні умови експлуатації сміттєвоза.

Для фіксації і аналізу показників розроблена комп'ютерна програма. Заздалегідь вводяться відомості про водійський склад (стаж роботи, кваліфікація), виконує диспетчер АТП, одночасно створює базу даних про використання рухомого складу. Облік роботи автотранспортних засобів робиться за допомогою редактора шляхових листів, створені бази про

рухомий склад і водіїв, дозволяють вводити і зберігати у базі даних загальні відомості про ТЗ, про роботу водія і сміттевоза (даті, свідченнях спідометра на момент виїзду і повернення), рух пального (скільки видано, залишки на момент виїзду і повернення). Після отримання шляхового листа реєструються відомості про кількість перевезених вантажів, пробіг з вантажем і загальний. Програма дозволяє провести оцінку причин підвищеної витрати палива, вказує на характер прояву параметрів.

Таблиця 3.1 - Матриця причин зміни параметра технічного стану сміттевозу

Реєстровані параметри	Характер прояву	Вірогідні причини зміни параметра технічного стану сміттевозу	
		Технічний стан сміттевозу	Інші причини
1. Перевитрата палива сміттевозом	Випадковий процес		+
	Збільшується	+	
	Функціональний процес	+	+
2. Робота на лінії	Випадковий процес		+
	Збільшується	+	
	Функціональний процес	+	
3. Використання пробігу	Випадковий процес		+
	Збільшується		+
	Функціональний процес	+	
4. Використання вантажопідйомності	Випадковий процес		+
	Збільшується	+	
	Функціональний процес	+	

У практиці АТП найбільше застосування знайшли дві тактики проведення технічного обслуговування: ТО-1 - по напрацюванню і ТО-2 - по технічному стану в процесі проведення профілактики ТЗ [8, 9, 11].

Технічне обслуговування ТЗ по напрацюванню, яке проводиться через фіксований період прийнято, що параметри технічного стану наводяться до близьких до номінальних значень. Цей підхід припускає, що є певна ймовірність того, що у встановлені терміни необхідно проводити ТО сміттевозу. Істотним недоліком цього підходу при обслуговуванні в процесі

експлуатації смітєвозів є підвищені витрати, які викликані тим, що напруження повністю значної частини смітєвозів значно вище, ніж пропонують нормативи показників технічного стану і складових частин ТЗ, і для них ТО проводити на цьому етапі передчасно. З урахуванням цього ці ТЗ і їх складові частини необхідно обслуговувати з великим інтервалом при визначеному коефіцієнті зміни періодичності.

Періодичне діагностування не дозволяє мінімізувати витрати на технічне обслуговування, оскільки для скорочення втрат ресурсу виробів слід зменшувати попереджувальний допуск на діагностичний параметр, що взаємозв'язане зі збільшенням частоти контролю. Основною проблемою застосування запропонованої тактики ТО і Р є ускладнення конструкції і збільшення вартості смітєвоза за рахунок підвищення контролепридатності його елементів.

Таблиця 3.2 - Порівняння трудомісткості виконання операцій для запропонованої і існуючої систем поточного ремонту смітєвозів

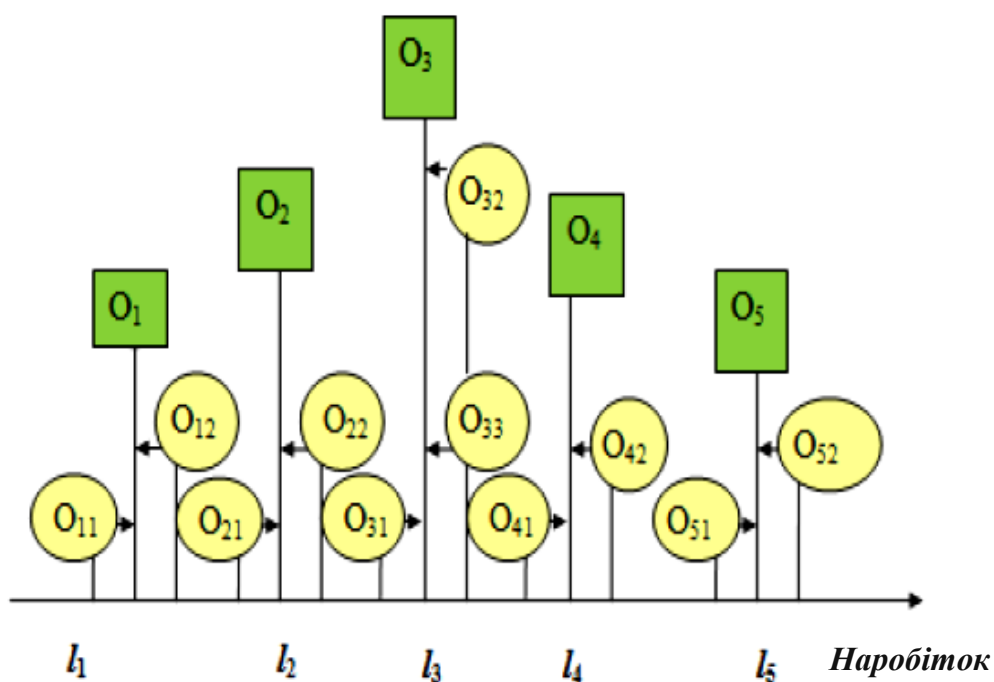
Найменування	Трудомісткість, люд-год/1000км	
	Існуюча	Комбінована
Постові		
Діагностичні	0,079	0,0079
Регулювальні	0,079	0,053
Розбірні і збірні	1,379	1,034
Зварні і бляхарські	0,084	0,084
Дільничні		
Агрегатні	0,788	0,693
Слюсарні і механічні	0,512	0,471
Електротехнічні	0,236	0,106
Акумуляторні	0,039	0,025
Ремонт приборів систем живлення	0,158	0,117

Автоматизоване визначення переліків і періодичності ступенів ТО засноване на обробці поточних значень параметрів технічного стану елементів смітєвоза, зіставленні їх з допустимими значеннями параметрів і отриманні на цій основі загальної інформації про технічний стан смітєвоза.

Рациональні періодичності вибираються з урахуванням залежності ймовірності безвідмовної роботи смітєвозів від періодичності ТО, при

цьому слід виходити з умови, що ймовірність безвідмовної роботи буде близька до одиниці для елементів сміттевозів, що піддаються діагностуванню. Відповідно, періодичність обслуговування при діагностуванні сміттевозів буде величиною змінної.

Досягши граничного стану елементами, що забезпечують дорожню, екологічну безпеку або економічність сміттевоза, сміттевоз слід направляти на ТО або Р (операції $O_1, O_2, O_3, \dots$) (рис. 3.9) в моменти напрацювання $l_1, l_2, l_3, \dots$. Одночасно з цим треба зробити визначення операцій ТО і Р елементів, у яких прогнозований період досягнення граничного стану не перевищує заданого допуску (операції $O_{11}, O_{12}, \dots$), і згрупувати їх з операціями $O_1, O_2, O_3, \dots$. Групування проводиться з використанням елементів прогнозування у блоці управління ТЗ, або через адаптер за допомогою комп'ютера, що знімає інформацію з вихідного роз'єму цього блоку.



$O_1, O_2, \dots$ - операції, що відповідають за безпеку руху, найбільш трудомісткі або мають значну вартість, визначені діагностуванням на ТЗ; $O_{11}, O_{12}, \dots$ - операції визначені бортовим діагностуванням, мають прогнозований період досягнення граничного стану, що не перевищує заданого допуску; $O_1, O_2, \dots; l_1, l_2, \dots$ - періодичність переліків операцій, визначених діагностуванням на ТЗ

Рисунок 3.9 - Схема формування ступенів ТО сміттевоза

Перевагою пропонованої тактики ТО і Р є зниження матеріальних і тимчасових витрат на ТО і Р смітєвозів, а також збільшення їх ресурсу. Одночасно з цим на автотранспортному підприємстві виникає необхідність в плануванні ТО по групах смітєвозів з різним технічним станом. Інформацію, отриману за допомогою діагностування смітєвозів, при виконанні процесу планування обслуговування необхідно об'єднати, систематизувати і аналізувати за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

Для вирішення визначених завдань пропонується програмно-інформаційний комплекс (рис. 3.10) у вигляді автоматизованого робочого місця диспетчера АТП. Він включає бази даних за результатами діагностування, бази даних про наявний рухомий склад АТП, довідкові відомості по смітєвозах, трудомісткостям усіх операцій ТО і Р, граничнодопустимим значенням параметрів технічного стану і середнім напрацюванням на відмову вузлів, агрегатів, систем смітєвоза, а також рекомендації по усуненню відмов і несправностей.

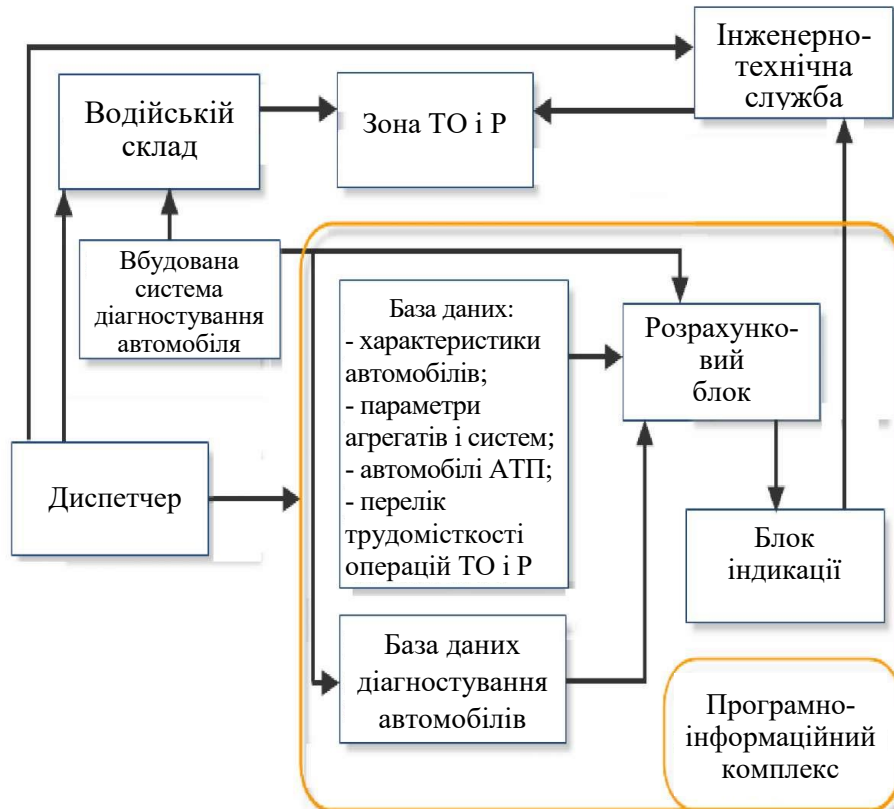


Рисунок 3.10 - Взаємозв'язок програмно-інформаційного комплексу з інженерно-технічною службою підприємства

Інформація, отримана від системи діагностування, обробляється за допомогою розрахунково-аналітичного блоку, що складається з сигналізатора стану сміттєвоза і програми оптимізації періоду напрямку сміттєвоза на ТО і Р. Ці відомості є основою для своєчасного ухвалення рішень про проведення ТО і Р сміттєвозів. Програма прочитує значення з первинних перетворювачів системи діагностування, встановлених на ТЗ. Ці значення автоматично записуються у базу даних для отримання інформації про динаміку технічного стану сміттєвоза.

Після автоматизованого прогнозування напрацювання до виникнення відмови згідно з алгоритмом (рис. 3.11) аналізується уся інформація про передвідмовні стани елементів сміттєвозів підприємства. Сміттєвози залежно від виду виконуваних операцій групуються по постах зон ТО і Р. Програма підраховує кількість сміттєвозів на один пост зони ТО або Р і визначає трудомісткість кожної операції по кожному ТЗ.

Потім складається порядок проходження ТО і Р, починаючи з сміттєвоза, у якого виявлений передвідмовний стан вузла, агрегату або системи, що впливають на дорожню або екологічну безпеку, або у якого прогнозоване напрацювання повністю мінімальне. Диспетчером перевіряється інформація про зайнятість постів і ділянок ТО і Р. Якщо необхідний пост або ділянка вільні, то перший зі списку сміттєвоз призначається на проходження ТО. Ця інформація доводиться до інженерно-технічної служби, яка інформує обслуговуючий персонал зон ТО і Р про виконання необхідних робіт.

Для контролю стану сміттєвозів автотранспортного підприємства необхідно впровадити комп'ютерну програму, засновану на фіксації і аналізі показників сміттєвозів, працюючих у відриві від виробничої бази, при використанні діагностування на ТЗ. Програма прочитує значення з діагностичних пристроїв, встановлених на ТЗ. Отримані значення автоматично записуються у базу даних програми; це робиться для того, щоб згодом можна було простежити історію технічного стану сміттєвоза.

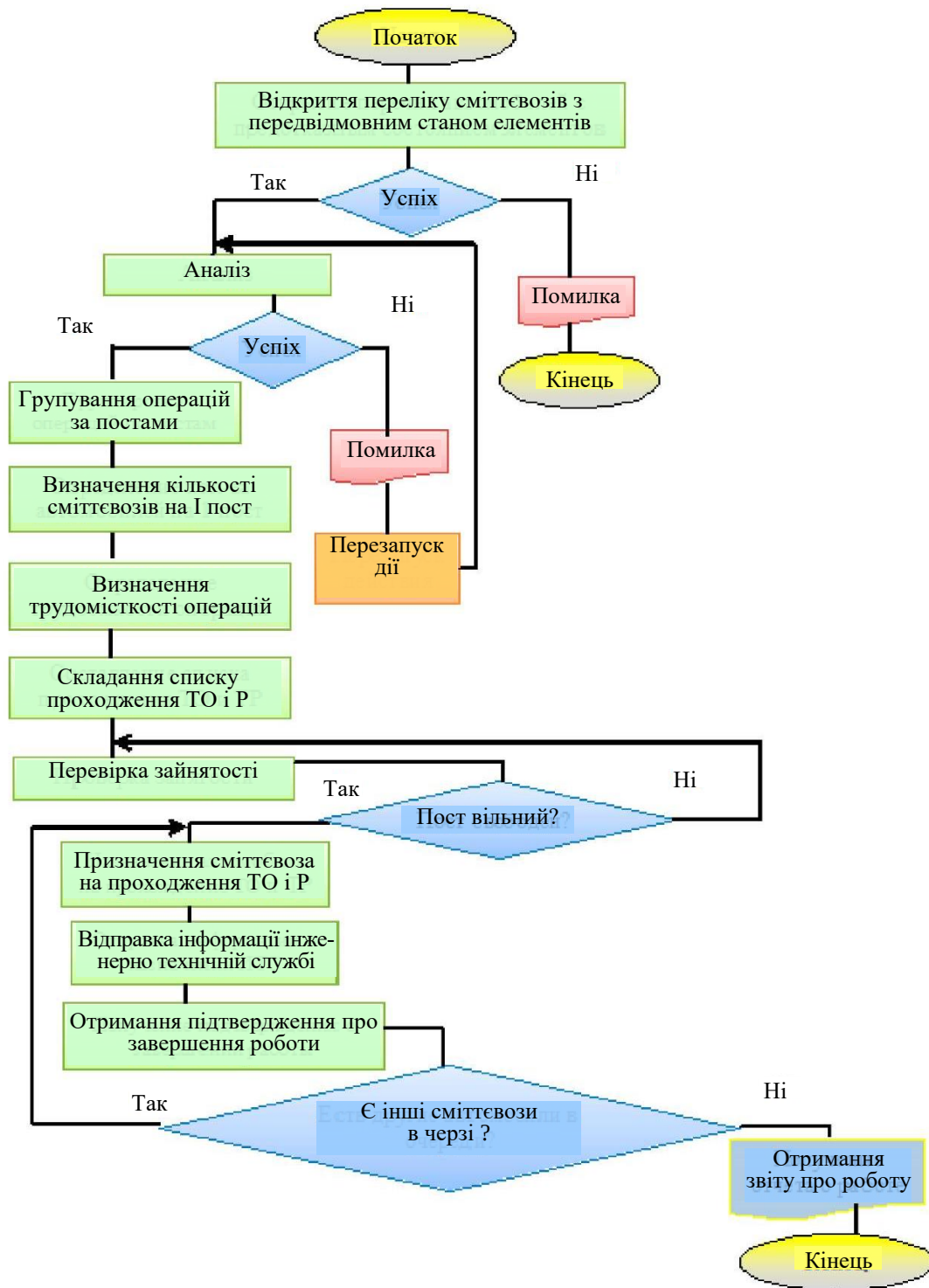


Рисунок 3.11 - Алгоритм програми планування ТО і Р сміттевозів

Запропонований програмно-інформаційний комплекс ТО і Р на основі бортового діагностування дозволяє визначити оптимальний час постановки сміттевоза на обслуговування або поточний ремонт, об'єднати операції ТО і Р в групи; визначити трудомісткість ремонтно-обслуговуючих робіт, що полегшить оперативне планування і управління ТО і Р сміттевозів, збільшить рівень їх експлуатаційної надійності.

РОЗДІЛ 4. ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СМІТЄВОЗІВ НА ОСНОВІ ЗАПРОПОНОВАНОГО ПІДХОДУ

4.1 Статистичний аналіз даних відмов бортової діагностики елементів систем смітєвозів.

Статистичні дані були зібрані по виходу з ладу складових частин дизелів і трансмісії і їх елементів на смітєвозах для смітєвозів МАЗ КО-427-73. Оброблені дані в процесі експлуатації показують, що найбільша їх кількість по дизелю доводиться на ПНВТ (близько 20% відмов): плунжерну пару (ПП), пружину штовхача (ПШ), пружину нагнітального клапана (ПНК), нагнітальний клапан (НК); на трубопровід високого тиску (ТВТ): кріплення трубопроводів (КТ), трубки високого тиску (ТВТ); на форсунки (Ф): пружина (ПФ), голка форсунки (ГФ), кріплення форсунки (КФ), інше (І).

Статистична обробка результатів досліджень показує, що елементів двигунів і трансмісії, що відмовили, на АТП практично однакова кількість.

Встановлена доля первинних відмов кожного з елементів ПНВТ і форсунок, що можливо застосувати для коригування нормативів при бортовому діагностуванні системи.

Середнє напрацювання до виходу з ладу складових смітєвоза визначиться по формулі [4, 16]:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (4.1)$$

Середньоквадратичне відхилення до виходу з ладу складових смітєвоза визначиться по формулі:

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (4.2)$$

Коефіцієнт варіації до виходу з ладу складових смітєвоза визначиться по формулі:

$$\nu = \frac{\sigma}{x} \quad (4.3)$$

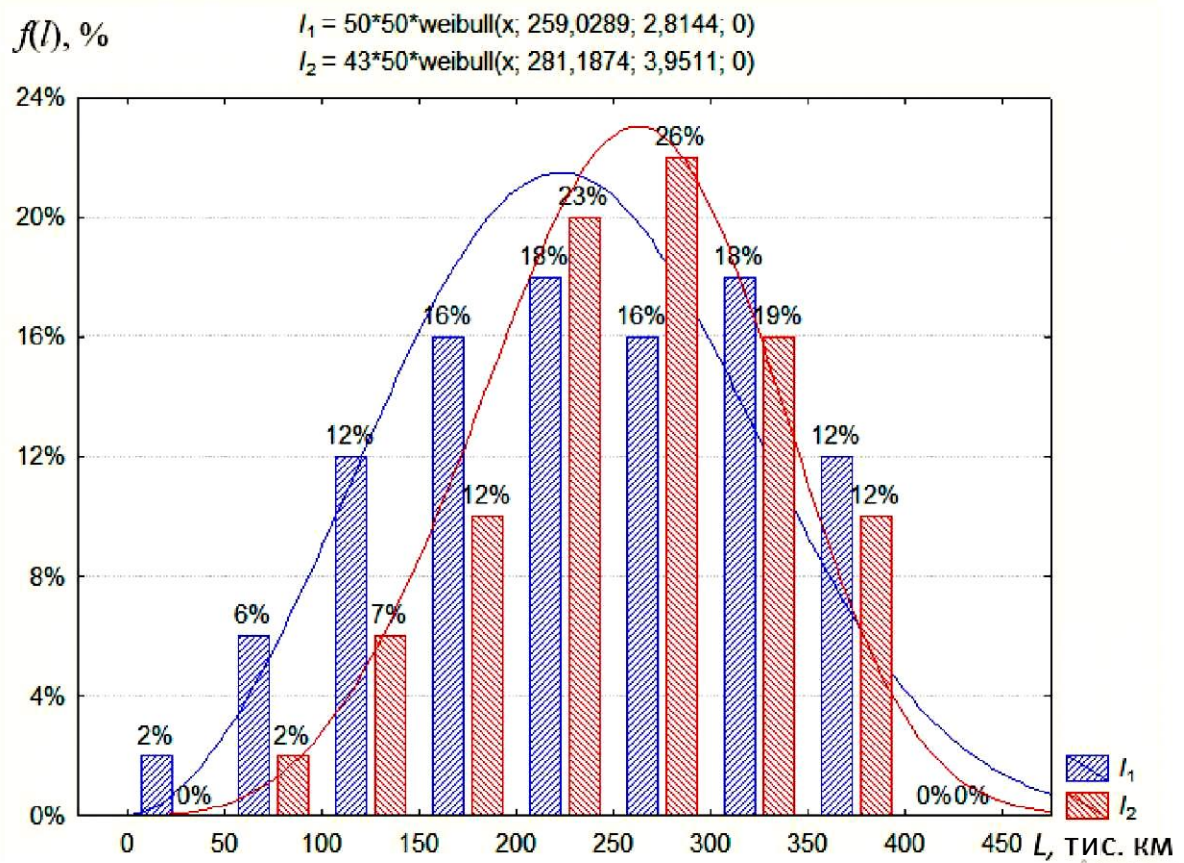
Середнє напрацювання до виходу з ладу складових сміттєвоза, середньоквадратичне відхилення і коефіцієнт варіації визначаємо виходячи з наведених вище формул.

По основних елементах паливної системи сміттєвозів більш детальні дані приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Надійність елементів системи високого тиску палива МАЗ КО-427-73 з бортовою діагностикою

№ п/п	Найменування	L, тис. км	σ , тис. км	ν
1	ПНВТ:			
1.1	ПП	209,712	93,01	0,44
1.2	ПШ	210,332	55,04	0,26
1.3	ПНК	151,976	59,58	0,38
1.4	НК	210,737	93,12	0,44
2	ТВТ:			
2.1	КТ	316,098	59,03	0,18
2.2	ТВТ	282,186	111,02	0,39
3	Ф:			
3.1	ПФ	179,298	85,31	0,47
3.2	ГФ	223,301	116,28	0,52
3.3	КФ	267,602	136,79	0,51
4	I	244,00	96,98	0,39

Дані, отримані в ході експерименту, статистичні і інформаційні дозволяють судити про відмови дизелів. Результат аналізу напрацювання на відмову паливної системи, коробки передач (КП) і головної передачі (ГП) залежно від вибору системи обслуговування наведені на рисунках 4.2 і 4.2. Встановлені відмови: ПНВТ, ТВТ, Ф.



I_1 - для планово-попереджувальної системи; I_2 - для комбінованої системи
 Рисунок 4.1 - Розподіл пробігу до виходу з ладу складових ПНВТ залежно від системи ТО і Р

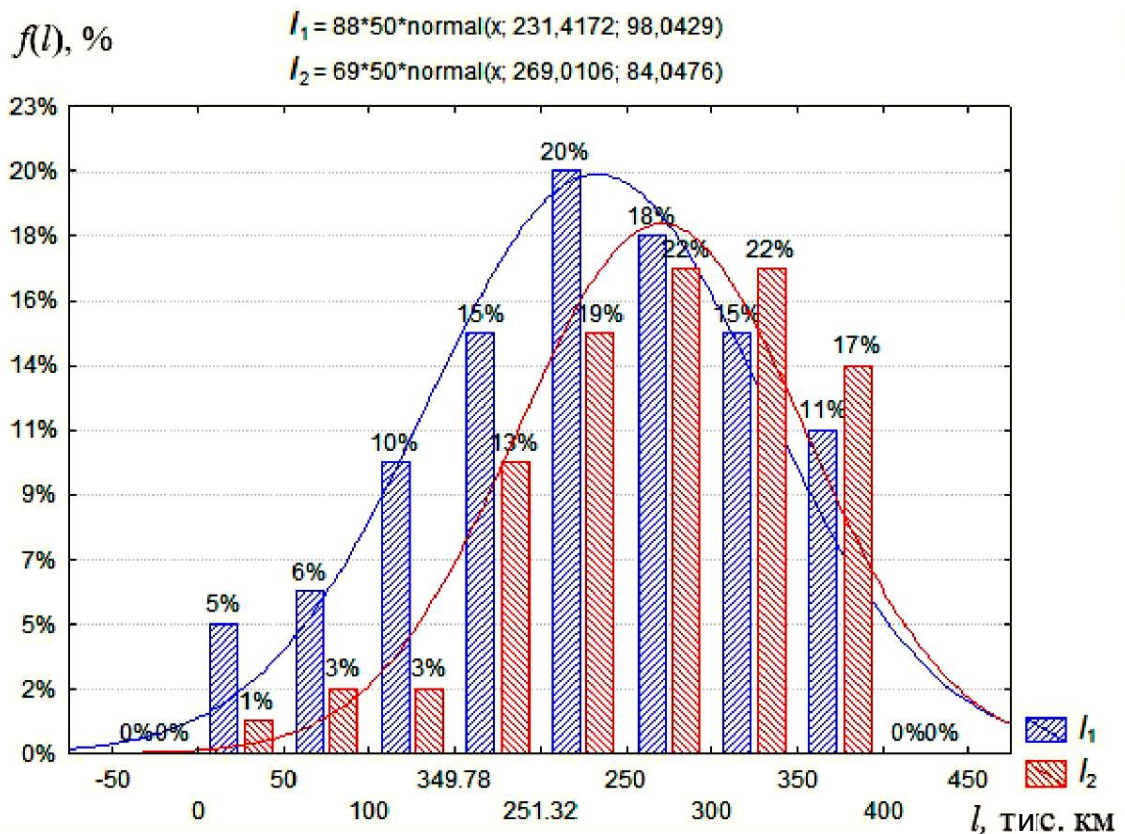
З використанням експериментальних даних визначена залежність зниження працездатності дизельного двигуна смітєвоза.

Встановлена доля виходів з ладу складових частин КП, яка застосовується для забезпечення працездатності системи технічного обслуговування.

Встановлені відмови: картера, валів, шестерні і синхронізатора, механізму перемикування передач.

Найбільш схильні до виходу з ладу підшипники, шестерні і інші елементи.

Комбінована система призводить до зниження кількості відмов на 12-18 % по КП в порівнянні планово-попереджувальною системою ТО смітєвозів.



l_1 - для планово-попереджувальної системи; l_2 - для комбінованої системи

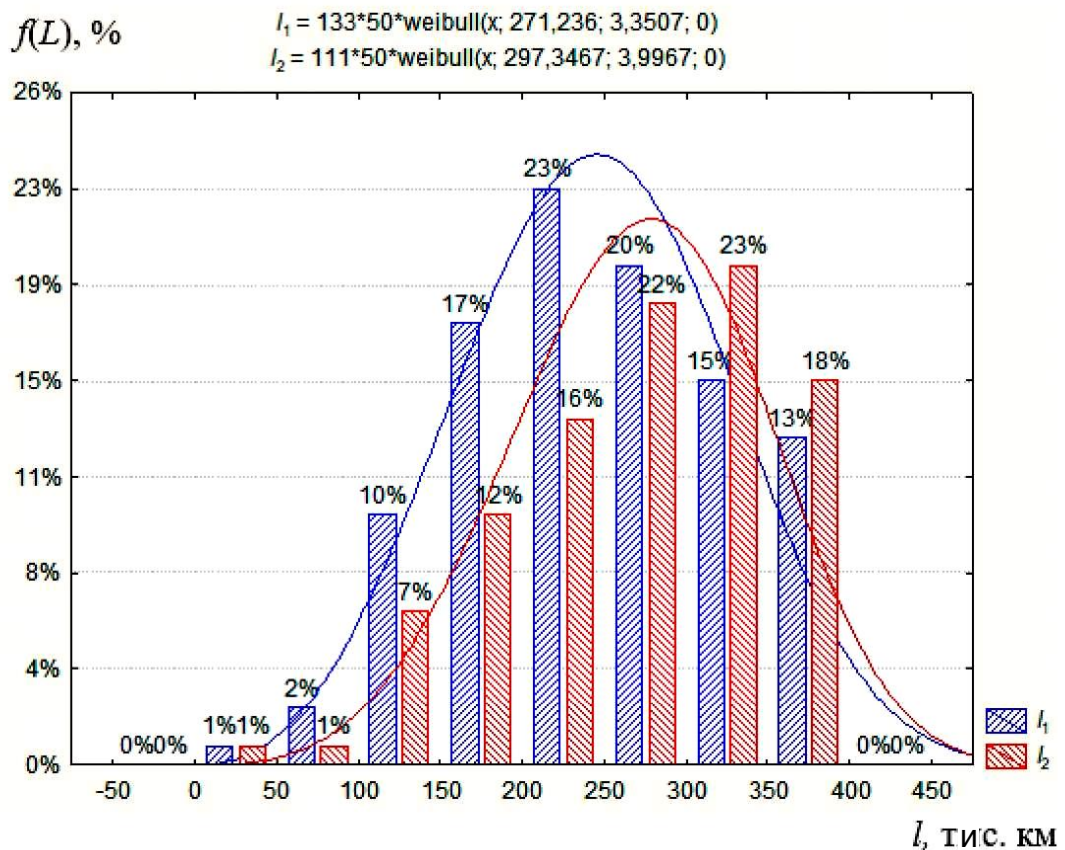
Рисунок 4.2 - Розподіл пробігу до відмови елементів КП залежно від системи ТО і Р

З приведених даних про відмови ГП видно, що для спеціалізованих автомобілів МАЗ КО-427-73 показники закономірностей можуть бути описані нормальним законом розподілу (рис. 4.3).

Виявлені наступні основні відмови елементів ГП: картера, підшипників, валів, шестерні.

В результаті аналізу даних статистичної інформації про вихід з ладу складових частин ГП смітєвозів МАЗ КО-427-73 отримані дані про пробіг на вихід з ладу; проведений порівняльний аналіз, зібраних даних для планово-попереджувальної і комбінованої систем ТО і ТР спеціальних автомобілів.

З виявлених деталей найчастіше виходять з ладу підшипники, шестерні.



I_1 - для планово-попереджувальної системи; I_2 - для комбінованої системи

Рисунок 4.3 - Напрацювання на відмову ГП

Витрати на виконання контрольних і профілактичних операцій із зростанням пробігу транспортного засобу так само, як і витрати на усунення виходів з ладу складових частин збільшуються.

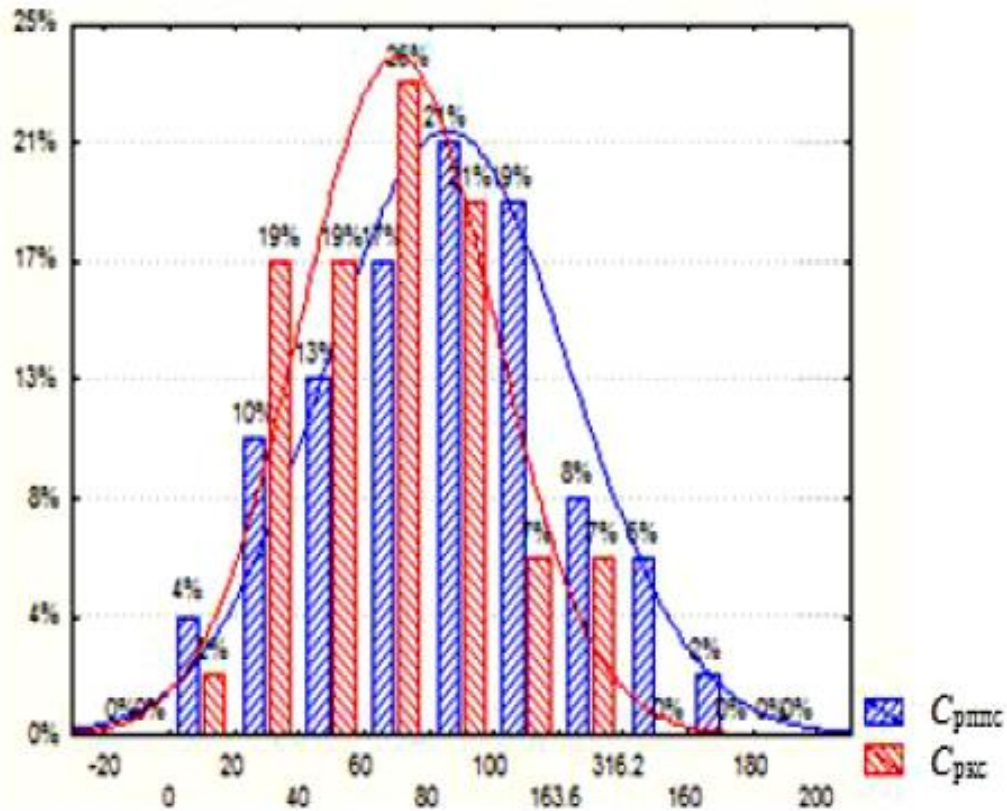
4.2 Ефективність застосування комбінованої системи технічного обслуговування і ремонту смітєвозів

Для визначення ефективності застосування комбінованої системи ТО і Р смітєвозів виявлена оптимальна схожість результатів при виявленні питомих витрат смітєвозів МАЗ КО-427-73 на ремонт C_p з аналізу отриманих результатів можна знайти загальні витрати на профілактику [4, 6, 12]:

$$C_{\text{заг}} = (1 + K_I) C_p \quad (4.4)$$

Крім того необхідно виявити витрати, пов'язані з відмовою спеціалізованих транспортних засобів по збиранню і вивезенню ТПВ. Ці витрати пов'язані з втратами від експлуатації автомобілів (рис.4.4).

$F(C_p)$



C_p , грн/1000 км

$C_{рпс}$ - до введення комбінованої системи; $C_{ркс}$ - після введення комбінованої системи

Рисунок 4.4 - Питомі витрати на ремонт сміттєвозів

Визначення питомих витрат і періодичності контролю сміттєвозів наведено в табл. 4.2

Таблиця 4.2 - Визначення питомих витрат і періодичності контролю
(грн./1000 км)

Для паливного насосу високого тиску і форсунки					
Найменування елементу	l_0	C_p (l_0)	ΔC при 70 тис.	ΔC при 80 тис.	ΔC при 90 тис.
плунжерна пара	208233	1,19	0,081	0,002	0,097
пружина нагнітального клапана	142033	2,18	0,022	0,027	0,139
голка форсунки	203232	1,19	0,28	0,111	0,0268
пружина форсунки	179431	1,42	0,069	0,001	0,063
Сума ΔC			0,47	0,142	0,328
Для трансмісії					
підшипники	221113	1,3	0,09	0,006	0,098
вали	266217	1,8	0,2	0,18	0,14
шестерні	217876	1,2	0,6	0,023	0,038
сінхронізатори	179432	2,3	0,09	0,016	0,072
Сума ΔC			0,98	0,225	0,676

З аналізу залежностей приходимо до висновку, що комбінована система з бортовим діагностуванням збільшує ефективність проведення ТО і Р як для одного, так і групи елементів і складових частин сміттєвозів.

ВИСНОВКИ

1. На основі розроблених теоретичних положень, математичних і імітаційних моделей, технічних, технологічних і організаційних пропозицій запропоновані нові методи оцінки технічного стану, ТО і Р сміттєвозів і методів їх технічного обслуговування і діагностики%.

2. Обґрунтовані концептуальні положення підтримки працездатності двигунів і трансмісії сміттєвозів за допомогою застосування бортової діагностики і побудови комбінованої системи ТО і Р, що створює в структурі експлуатаційного циклу автомобіля умови для повного використання ресурсу його елементів і запобігання передчасним відмовам за рахунок розвитку системи бортової діагностики та методів пошуку несправностей.

3. На основі математичних моделей прогнозування технічного стану, запропонований комбінований метод пошуку несправностей сміттєвозів з використанням бортового діагностування, який на основі управління технічним станом і визначення інтервалів профілактичних дій на автомобіль забезпечує підвищення ефективності його експлуатації за рахунок попередження і зниження кількості відмов і вдосконалення процесів ТО і Р.

4. Розроблений науковий підхід, що використовує запропоновану модель прогнозування зміни технічного стану транспортних засобів, що забезпечує зростання надійності при експлуатації автомобілів, що призводить до повнішої реалізації пробігу і його зростання для паливної системи більш ніж на 13,7 %.

5. Запропоновано алгоритм ефективної системи діагностування, ТО і Р сміттєвозів, що дозволяє скоротити простої більш ніж на 12 % по двигуну, і трансмісії.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Березюк О. В. Огляд конструкцій машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів. Вісник машинобудування та транспорту. ВНТУ, 2015. № 1. С. 3-8.
2. Голік Ю.С., Ілляш О.Е., Бредун В.І. Техніко-організаційні аспекти створення раціональних схем збирання твердих побутових відходів. Вісник інженерної академії України. К.: ІАУ, 2017. №1. С. 141-146.
3. Дудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: підручник. К.: Знання Прес, 2003. 511 с.
4. Іванушко О.М. Підвищення ефективності експлуатації автотранспортних засобів шляхом оптимізації періодичності технічного обслуговування: дис... канд. техн. наук: 05.22.20 / Національний транспортний ун-т., Київ, 2020. 240 с.
5. Колобов К.С. Удосконалення способу експрес-діагностування технічного стану транспортних дизелів: дис... канд. техн. наук: 05.22.20 / Національний транспортний ун-т., Київ, 2019. 259 с.
6. Макогон О. А., Васиденко Д. В., Базилевський І. С. а ін. Використання математичного апарату алгебри логіки для розроблення автоматизованої системи передпускового контролю двигунів внутрішнього згоряння. Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. Полтава: ПНТУ, 2019.Т. 4 (56). С. 21-27.
7. Норми і методи вимірювання димності відпрацьованих газів автомобілів з дизелями або газодизелями: ДСТУ 4276-2004. К.: Держстандарт України, 2004. 76с.
8. Севостьянов І.В. Експлуатація та обслуговування машин: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2006. 127 с.
9. Серікова О.А. Вдосконалення методів діагностування та прогнозування технічного стану двигуна внутрішнього згоряння автомобіля: автореф. дис... канд. техн. наук.: 05.22.20. Харків, 2011. 20 с.

10. Попович В. та інші. Ефективність експлуатації сміттєвозів у середовищі місто-сміттєзвалище, Науковий вісник НЛТУ України, Т. 27, № 10, 2017, с. 111-116.
11. Форнальчик Є.Ю., Оліскевич М.С. Технічна експлуатація та надійність: навч. посіб. Львів: Афіша, 2004. 492 с.
12. Azaiez M.N. A multi-attribute preventive replacement model. Journal of Quality in Maintenance Engineering. Volume 8, Number 3, 2002. pp. 213-225.
13. Balachandra R. An expert system for new product development projects. Industrial Management & Data Systems. Volume 100, Number 7, 2000. pp. 317-324.
14. 284. Bannatyne R. Development of fuzzy logic in embedded control. Sensor Review, Vol. 14, No 3, 1994. pp. 11-14.
15. 286. Dipl. Ing. Phillip Seewald. Assesment of Human Machin Interfa Concepts for Green Driving Support Sistems Transport Reeach. Arena, 2014. p.p.
16. 293. Dttpow H., Blount G. A review of reliability prediction. Aircraft Engineering and Aerospace Technology. Volume 69, Number 4, 1997. pp. 356-362.
17. 294. Mo S. H., Norton J.P. Parameter – bounding identification algoritms for boundednoise rocards. IEEE Proc., 1988, Vol. 135. №2. p.p.
18. 295. Raber R. Fuzzy in control. Sensor Review, Vol. 14, No. 3, 1994. pp. 26-28.