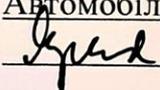


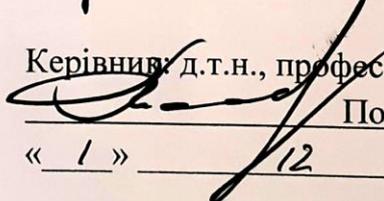
Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

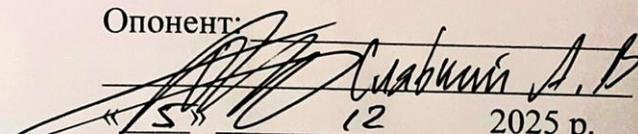
## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«Покращення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту спеціальних транспортних машин автомобільної роти бази забезпечення Командування Повітряних Сил Збройних Сил України удосконаленням алгоритму проведення робіт»**

Виконав: здобувач 2-го курсу, групи  
1АТ-24м спеціальності 274 –  
Автомобільний транспорт  
Освітньо-професійна програма –  
Автомобільний транспорт  
 Стороженко Я.В.

Керівник: д.т.н., професор каф. АТМ  
 Поляков А.П.  
« 1 » 12 2025 р.

Опонент:  
 Слабкий А.В.  
« 5 » 12 2025 р.

Допущено до захисту

 Завідувач кафедри АТМ

к.т.н., доц. Цимбал С.В.

« 5 » 12 2025 р.

Вінницький національний технічний університет  
 Факультет машинобудування та транспорту  
 Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)  
 Галузь знань – 27 – Транспорт  
 Спеціальність – 274 – Автомобільний транспорт  
 Освітньо-професійна програма – Автомобільний транспорт

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
 завідувач кафедри АТМ  
 к.т.н., доцент Цимбал С.В.

« 25 » 09 2025 року

### ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

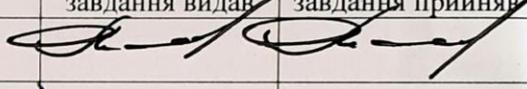
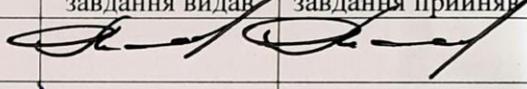
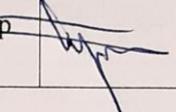
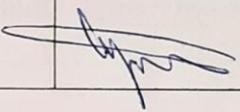
Стороженку Ярославу Валерійовичу  
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Покращення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту спеціальних транспортних машин автомобільної роти бази забезпечення Командування Повітряних Сил Збройних Сил України удосконаленням алгоритму проведення робіт,  
 керівник роботи Поляков Андрій Павлович, д.т.н., професор,  
 затверджені наказом ВНТУ від «24» вересня 2025 року № 313.
2. Строк подання здобувачем роботи: 30.11.2025 р.
3. Вихідні дані до роботи: Вимоги до конструкції та експлуатації спеціальних транспортних машин (діючі міжнародні, державні, галузеві стандарти та технічні умови заводів-виробників автомобільної техніки); законодавство України в галузі безпеки руху, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; структура автопарку Збройних Сил України; район експлуатації автомобілів – Україна; досліджувані моделі СТМ – машини автомобільної роти бази забезпечення; об'єкт дослідження – процеси забезпечення надійності СТМ та їх вплив на ефективність транспортної роботи; похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%.
4. Зміст текстової частини:
  - 1 Аналіз шляхів покращення ефективності використання спеціальних транспортних машин
  - 2 Теоретичне обґрунтування потреби в запасних частинах для проведення робіт з ТО і ПР спеціальних транспортних машин.
  - 3 Техніко-економічне обґрунтування доцільності застосування удосконаленої методики прогнозування потреби в ЗЧ до ТО і ПР для спеціальних транспортних машин.
  - 4 Рекомендації щодо покращення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту спеціальних транспортних машин автомобільної роти бази забезпечення командування Повітряних Сил Збройних Сил України удосконаленням алгоритму проведення робіт.

## 5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

- 1-3 Тема, мета та завдання дослідження.
- 4 Рівні робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту спеціальних транспортних машин.
- 5 Зміна потреби в запасних частинах до силових агрегатів спеціальної транспортної машини на базі КрАЗ-6322 при постійному навантаженні залежно від швидкості руху на різних передачах
- 6 Зміна потреби в ЗЧ до двигунів спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322 від швидкості руху та маси машини
- 7 Принципова схема обробки даних по вивченню потреби в запасних частинах спеціальних транспортних машин.
- 8 Розподіл попиту на ЗЧ групи А мостів автомобіля КрАЗ.
- 9 Розподіл попиту на деталі групи А коробки передач і двигунів ЯМЗ-238ДЕ2 спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322.
- 10 Характеристика розподілу потреби на ЗЧ групи С ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322, що працюють в різних умовах експлуатації.
- 11 Значення вагомості показників ресурсу ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин.
- 12 Характеристика для спеціальних транспортних машин організації транспортного процесу
- 13 Економічна ефективність прогнозування і нормування потреби в номенклатурі та кількості ЗЧ для ТО ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин.
- 14-15 Основні наукові і практичні результати, викладені в роботі.

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

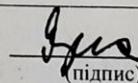
Розділ/підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Поляков А.П. професор кафедри АТМ		
Визначення ефективності запропонованих рішень	Буренніков Ю.Ю., професор кафедри АТМ		

## 7. Дата видачі завдання « 25 » вересня 2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

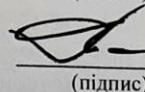
№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	25.09-29.09.2025	Виконано
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	30.09-20.10.2025	Виконано
3	Обґрунтування методів досліджень	30.09-20.10.2025	Виконано
4	Розв'язання поставлених задач	21.10-10.11.2025	Виконано
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	11.11-16.11.2025	Виконано
6	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих рішень»	17.11-24.11.2025	Виконано
7	Нормоконтроль МКР	25.11-30.11.2025	Виконано
8	Попередній захист МКР	01.12-04.12.2025	Виконано
9	Рецензування МКР	05.12-09.12.2025	Виконано
10	Захист МКР	10.12-12.12.2025	Виконано

Здобувач

  
(підпис)

Стороженко Я.В.

Керівник роботи

  
(підпис)

Поляков А.П.

## АНОТАЦІЯ

УДК 65.012.2 (075)

Стороженко Я.В. Покращення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту спеціальних транспортних машин автомобільної роти бази забезпечення Командування Повітряних Сил Збройних Сил України удосконаленням алгоритму проведення робіт. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 –Автомобільний транспорт, освітня програма – Автомобільний транспорт. Вінниця: ВНТУ, 2025. 128 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 18 назви; рис.: 22; табл. 9.

Основною метою дослідження є покращення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту спеціальних транспортних машин автомобільної роти бази забезпечення Командування Повітряних Сил Збройних Сил України удосконаленням алгоритму проведення робіт.

В роботі проведена оцінка впливу робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту в ремонтному підрозділі автомобільної роти бази забезпечення на надійність спеціальних транспортних машин та аналіз методів визначення потреби в запасних частинах та витратних матеріалах при ТО та поточному ремонті спеціальних транспортних машин.

Проведено обґрунтування зміни потреби в ЗЧ та витратних матеріалах для виконання робіт з ТО та ПР залежно від зовнішніх умов експлуатації спеціальних транспортних машин на надійність, удосконалено методика прогнозування номенклатури та чисельності ЗЧ для проведення робіт з ТО і ПР спеціальних транспортних машин.

Розроблено рекомендації щодо покращення ефективності системи ТО та ПР спеціальних транспортних машин автомобільної роти бази забезпечення командування Повітряних Сил Збройних Сил України та проведено техніко-економічне обґрунтування доцільності застосування удосконаленої методики прогнозування потреби в ЗЧ для проведення робіт з ТО і ПР ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин.

Графічна частина складається з 15 слайдів.

Ключові слова: спеціальний транспортний засіб, технічне обслуговування, запасні частини, методика прогнозування, економічна ефективність.

## ABSTRACT

Storozhenko Ya.V. Improving the efficiency of the system of technical maintenance and repair of special transport vehicles of the automobile company of the support base of the Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine by improving the algorithm for carrying out work. Master's qualification work in the specialty 274 - Automobile transport, educational program - Automobile transport. Vinnytsia: VNTU, 2025. 128 p.

In Ukrainian. Bibliography: 18 titles; fig.: 22; table. 9.

The main objective of the study is to improve the efficiency of the system of technical maintenance and repair of special transport vehicles of the automobile company of the support base of the Air Force Command of the Armed Forces of Ukraine by improving the algorithm for carrying out work.

The work assesses the impact of technical maintenance and routine repairs in the repair unit of the automobile company of the support base on the reliability of special transport vehicles and analyzes methods for determining the need for spare parts and consumables during maintenance and routine repairs of special transport vehicles.

A justification of the change in the need for spare parts and consumables for performing maintenance and repair work depending on the external operating conditions of special transport vehicles for reliability has been provided, and the methodology for forecasting the nomenclature and number of spare parts for performing maintenance and repair work on special transport vehicles has been improved.

Recommendations have been developed to improve the efficiency of the maintenance and repair system for special transport vehicles of the automobile company of the Air Force Command Support Base of the Armed Forces of Ukraine, and a feasibility study has been conducted to determine the feasibility of using an improved methodology for forecasting the need for airframes for maintenance and repair of the chassis, power units, and transmission of special transport vehicles.

The graphic part consists of 15 slides.

Keywords: special transport seeding, maintenance, spare parts, forecasting methodology, economic efficiency.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	3
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПОКРАЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН. ....	9
1.1 Оцінка впливу робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту в ремонтному підрозділі автомобільної роти бази забезпечення на надійність спеціальних транспортних машин. ....	9
1.2 Аналіз методів визначення потреби в запасних частинах та виртатних матеріалах при технічному обслуговуванні та поточному ремонті спеціальних транспортних машин. ....	20
1.3 Теоретичні підходи до визначення потреби в запасних частинах для спеціальних транспортних машин в залежності від технічного стану їх вузлів та агрегатів. ....	33
Висновки по першому розділу. ....	38
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПОТРЕБИ В ЗАПАСНИХ ЧАСТИНАХ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ З ТО І ПР СПЕЦІАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН. ....	40
2.1 Математичний опис потреби в запасних частинах для проведення робіт з ТО і ПР спеціальних транспортних машин. ....	40
2.2 Обґрунтування зміни потреби в ЗЧ та витратних матеріалах для виконання робіт з ТО та ПР залежно від зовнішніх умов експлуатації спеціальних транспортних машин на міцність. ....	54
2.3 Нормативно-методичне забезпечення попиту на запасні частини до транспортних засобів. ....	54
2.4 Дослідження впливу умов експлуатації та технічного стану спеціальних транспортних машин на потребу в ЗЧ для проведення робіт з ТО і ПР. ....	76
Висновки по другому розділу. ....	85
РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬ- НОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТРЕБИ В ЗЧ ДО ТО І ПР ДЛЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН. ....	87
3.1 Оцінка взаємозв'язку між появою відмов та визначенням переліку запасних частин для їх усунення. ....	87
3.2 Удосконалена методика прогнозування номенклатури та чисельності ЗЧ для проведення робіт з ТО і ПР спеціальних транспортних машин. ....	99
Висновки по третьому розділу. ....	103

РОЗДІЛ 4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ СПЕЦІАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН АВТОМОБІЛЬНОЇ РОТИ БАЗИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМАНДУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ УДОСКОНАЛЕННЯМ АЛГОРИТМУ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ. ....	104
4.1 Розробка рекомендації щодо покращення ефективності системи ТО та ПР спеціальних транспортних машин автомобільної роти бази забезпечення командування Повітряних Сил Збройних Сил України. ....	104
4.2 Техніко-економічне обґрунтування доцільності застосування удосконаленої методики прогнозування потреби в ЗЧ для проведення робіт з ТО і ПР ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин. ....	116
Висновки по четвертому розділу. ....	120
ВИСНОВКИ. ....	122
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ. ....	124
ДОДАТКИ. ....	126

## ВСТУП

Актуальність теми. Удосконалення системи технічного обслуговування і ремонту в ремонтних підрозділах військових частин повинно йти шляхом індивідуалізації, орієнтованості на кожен конкретна спеціальна транспортна машина. Ремонтно-обслуговуючі стратегії і технології повинні будуватися виходячи з принципу максималізації ресурсовіддачі кожної спеціальної транспортної машини при мінімізації затрат на підтримання його в працездатному стані. Ефективна робота системи обслуговування та поточного ремонту спеціальних транспортних машин можлива при вирішенні цілого комплексу задач: від проектування структури ремонтного підрозділа – організаційно-штатна структура, овлаштування приміщень для проведення робіт до вирішення проблем матеріально-технічного постачання витратних матеріалів та сучасного діагностичного обладнання.

Сказане вище вимагає вдосконалення системи технічного обслуговування та ремонту спеціальних транспортних машин, структурної реконструкції елементів ремонтних підрозділів, розвитку відносин на іншому якісному рівні, в тому числі з залученням цивільної бази ремонту вантажних автомобілів, яка розташована в том, чи іншому регіоні, розвитку відносин на іншому якісному рівні.

Зарубіжний і вітчизняний досвід експлуатації спеціальних транспортних машин показує, що процеси обслуговування та поточного ремонту безпосередньо пов'язані з впровадженням нових технологій виконання робіт, що базуються на активізованому інформаційному обміні. Удосконалення програмних і апаратних засобів планування робіт, використання спеціального обладнання та технологічних процесів сприяє виникненню і формуванню в системі технічного обслуговування та поточного ремонту таких напрямків як логістика, електронний обмін даними щодо ремонтного фонду, наявності і стану загального і спеціального обладнання, наявності та вчасне замовлення запасних частин та витратних матеріалів.

Більш активно і різноманітно використовується глобальна інформаційна мережа Інтернет. На її основі виникають і розвиваються проекти різних масштабів, від системи технічного обслуговування та поточного ремонту озброєння та військової техніки в Збройних Силах України та роботи ремонтного взводу по технічному обслуговуванню та поточному ремонту спеціальних транспортних машин ремонтної роти.

Розвиток економічної складової в системі технічного обслуговування та поточного ремонту в Збройних Силах України багато в чому визначається використанням спеціальних транспортних машин як спеціальних шасі, так і для виконання транспортної роботи при перевозці особового складу та матеріально-технічних засобів. Очевидно, що ефективне виконання поставлених військовому підрозділу задач, як в мирний, так і військовий час неможливо без цілого ряду умов, у тому числі без використання надійного рухомого складу, підтримання якого в технічно справному стані вимагає вдосконалення роботи системи технічного обслуговування та поточного ремонту, та матеріально-технічного постачання, як складової цієї системи.

Однією з головних задач в організації ефективного використання спеціальних транспортних машин є своєчасне забезпечення запасними частинами та витратними матеріалами ремонтні підрозділи для проведення робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту. Створення необхідних запасів та безперебійне постачання запасними частинами та витратними матеріалами ремонтних підрозділів можна забезпечити при чітко організованій системі планування, виробництва і розподілу.

Проблема постачання в ремонті підрозділи запасних частин та витратних матеріалів потребує вирішення таких завдань:

- планування потреби в запасних частинах та витратних матеріалах;
- формування плану виробництва запасних частин та виготовлення витратних матеріалів;
- організація системи постачання запасними частинами та витратними матеріалами;

- управління розподілом запасними частинами та витратними матеріалами і організація складського господарства.

Діючі в даний час нормативні документи з планування потреби в запасних частинах та витратних матеріалах використовують нормативний метод розрахунку. Його застосування ускладнене тим, що норми витрат запасних частин та витратних матеріалів не відображають дійсної потреби в них, оскільки не враховують повною мірою зовнішні умови експлуатації (навантажувально-швидкісний режим, дорожні, транспортні, атмосферно-кліматичні умови), а також технологічні та експлуатаційні фактори (якість експлуатаційних матеріалів, збирання, виготовлення, обслуговування, ремонту спеціальних транспортних машин тощо), також не враховується понаднормовна тривалість експлуатації спеціальних транспортних машин. Сказане вище підтверджує, що діючі методики ігнорують облік багатьох факторів, що впливають на формування потреби і витрату запасних частин та витратних матеріалів для ремонтних підрозділів при виконанні робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту військових автомобілів.

Підвищення точності та обґрунтування розрахунків потреби в запасних частинах та витратних матеріалах мають особливе значення, оскільки зумовлюють необхідність вдосконалення методів прогнозування і нормування витрат запасних частин та витратних матеріалів.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є покращення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту спеціальних транспортних машин автомобільної роти бази забезпечення Командування Повітряних Сил Збройних Сил України удосконаленням алгоритму проведення робіт.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні завдання:

- оцінити впливу робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту в ремонтному підрозділі автомобільної роти бази забезпечення на надійність спеціальних транспортних машин;

- провести аналіз методів визначення потреби в запасних частинах та витратних матеріалах при технічному обслуговуванні та поточному ремонті спеціальних транспортних машин;

- обґрунтувати теоретичні підходи до визначення потреби в запасних частинах для спеціальних транспортних машин в залежності від технічного стану їх вузлів та агрегатів;

- здійснити математичний опис потреби в запасних частинах для проведення робіт з ТО і ПР спеціальних транспортних машин;

- обґрунтувати зміни потреби в ЗЧ та витратних матеріалах для виконання робіт з ТО та ПР залежно від зовнішніх умов експлуатації спеціальних транспортних машин на міцність;

- розглянути нормативно-методичне забезпечення попиту на запасні частини до транспортних засобів;

- дослідити вплив умов експлуатації та технічного стану спеціальних транспортних машин на потребу в ЗЧ для проведення робіт з ТО і ПР;

- здійснити оцінку взаємозв'язку між появою відмов та визначенням переліку запасних частин для їх усунення;

- удосконалити методику прогнозування номенклатури та чисельності ЗЧ для проведення робіт з ТО і ПР спеціальних транспортних машин;

- розробити рекомендації щодо покращення ефективності системи ТО та ПР спеціальних транспортних машин автомобільної роти бази забезпечення командування Повітряних Сил Збройних Сил України;

- провести техніко-економічне обґрунтування доцільності застосування удосконаленої методики прогнозування потреби в ЗЧ для проведення робіт з ТО і ПР ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин.

Об'єкт дослідження - прогнозування відмов елементів спеціальних транспортних машин і витрати запасних частин силової установки, трансмісії та ходової частини в різних умовах експлуатації.

Предмет дослідження - узагальнення та розробка методів

прогнозування потреби в запасних частинах силової установки, трансмісії та ходової частини спеціальних транспортних машин в різних умовах експлуатації.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дана робота виконувалася в рамках науково-дослідної роботи кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету. Результатом виконання магістерської кваліфікаційної роботи стало дослідження впливу на ефективність функціонування системи технічного обслуговування та ремонту спеціальних транспортних машин автомобільної роти бази забезпечення Командування Повітряних Сил Збройних Сил України за рахунок удосконалення алгоритму проведення робіт.

Методи досліджень. Математичне, фізичне та імітаційне моделювання покладено в основу методу визначення номенклатури та чисельності запасних частин та витратних матеріалів для проведення робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту спеціальних транспортних машин для підвищення ефективності функціонування системи технічного обслуговування та ремонту.

Новизна одержаних результатів. Новизна магістерської кваліфікаційної роботи полягає у розробці методології покращення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту спеціальних транспортних машин, які тривалий час використовуються у підрозділах військових частин та показники надійності яких не відповідають вимогам сьогодення. Запропоновано метод прогнозування і нормування витрат запасних частин та витратних матеріалів для проведення робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту спеціальних транспортних машин з урахуванням їх вікового складу та інтенсивності експлуатації.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено рекомендації щодо покращення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту спеціальних транспортних машин автомобільної роти бази забезпечення Командування Повітряних Сил Збройних Сил України удосконаленням методу прогнозування і нормування витрат запасних частин та витратних

матеріалів. Виконано техніко-економічне обґрунтування і розроблено рекомендації щодо підвищення ефективності функціонування системи технічного обслуговування та ремонту спеціальних транспортних машин автомобільної роти бази забезпечення Командування Повітряних Сил Збройних Сил України за рахунок удосконалення алгоритму проведення робіт.

Достовірність теоретичних положень магістерської кваліфікаційної роботи підтверджується коректним застосуванням математичних методів під час доведення наукових положень, строгістю постановки задач, порівнянням результатів, отриманих за допомогою розроблених у роботі методів, з відомими, строгим виведенням аналітичних співвідношень та збіжністю результатів математичного моделювання з результатами, що отримані під час провадження експериментів.

Особистий внесок здобувача. Особисто здобувачем було проведено дослідження впливу на ефективність функціонування системи технічного обслуговування та ремонту спеціальних транспортних машин автомобільної роти бази забезпечення Командування Повітряних Сил Збройних Сил України застосування удосконаленого методу прогнозування і нормування витрат запасних частин та витратних матеріалів.

Апробація результатів роботи. Проміжні результати досліджень були обговорено на V Міжнародній науково-технічній інтернет-конференції «Актуальні проблеми бойового застосування, експлуатації і ремонту зразків озброєння та військової техніки» (2025).

Публікації. За тематикою дослідження опубліковано тези доповідей:

Стороженко Я. В. Теоретичні підходи до визначення потреби в запасних частинах для спеціальних машин військового призначення в залежності від їх технічного стану / А.П. Поляков, Л. В.Мороз, Я. В. Стороженко // Матеріали V Міжнародна науково-технічна інтернет-конференція «Актуальні проблеми бойового застосування, експлуатації і ремонту зразків озброєння та військової техніки» - 2025. Режим доступу до ел. ресурсу:

Стороженко Я. В. Обґрунтування зміни потреби в запасних частинах для спеціальних машин військового призначення залежно від зовнішніх умов експлуатації / А.П. Поляков, Л. В.Мороз, Я. В. Стороженко // Матеріали V Міжнародна науково-технічна інтернет-конференція «Актуальні проблеми бойового застосування, експлуатації і ремонту зразків озброєння та військової техніки» - 2025. Режим доступу до ел. ресурсу:

## РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПОКРАЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ  
СПЕЦІАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

1.1 Оцінка впливу робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту в ремонтному підрозділі автомобільної роти бази забезпечення на надійність спеціальних транспортних машин

Роботи які виконуються в ремонтному підрозділі з технічного обслуговування та поточного ремонту спеціальних транспортних машин припускають наявність трьох умовних рівнів (рис. 1.1).

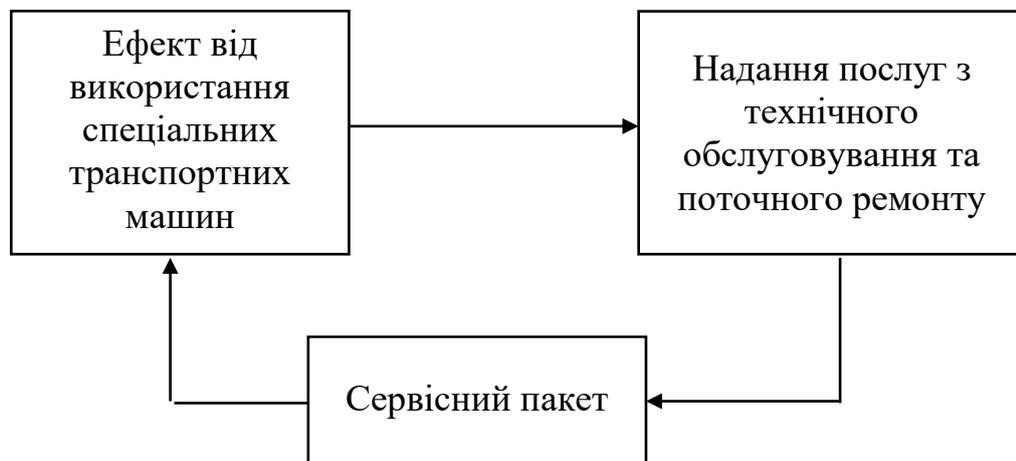


Рисунок 1.1 – Рівні робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту спеціальних транспортних машин

На першому рівні визначається ефект, який дає використання спеціальних транспортних машин - це послуга для вирішення певної проблеми військового підрозділу, забезпечення ефективного виконання бойових задач.

На другому рівні визначається реальне виконання робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту спеціальних транспортних машин та вплив оперативності виконання робіт на ефективність їх використання.

На третьому рівні формується інтегрована якість спеціальної

транспортної машини за рахунок виконання робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту фахівцями ремонтного підрозділу з використанням спеціального обладнання.

Таким чином, розвиток системи технічного обслуговування та поточного ремонту спеціальних транспортних машин слід розглядати як сукупність транспортного засобу і ремонтних послуг.

В сучасних умовах функціонування системи технічного обслуговування та поточного ремонту зразків озброєння та військової техніки під роботами, які проводяться в ремонтних підрозділах військових частин, доцільно розуміти комплекс послуг, пов'язаний з використанням спеціальних транспортних машин. Сутність робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту полягає в тому, що фірми-виробники запасних частин і витратних матеріалів беруть на себе відповідальність за працездатність і надійність своєї продукції протягом всього терміну експлуатації.

Крім того, важливим критерієм постачання запасних частин та витратних матеріалів для спеціальних транспортних машин, є вчасне та повне проведення робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту, що забезпечує ефективне виконання машинами транспортної роботи.

З точки зору боєготовності військових підрозділів, ефективність виконання бойових завдань характеризується здатністю забезпечити надійне функціонування отриманих запасних частин та витратних матеріалів та оперативне реагування на заявку про заміну або ремонт деталей, що вимагає значного запасу деталей та технічної компетентності фахівців ремонтних підрозділів. Так, питання надійності функціонування спеціальних транспортних машин виникає одним з перших при розгляді транспорту як елемента логістичної системи. Саме цим показником значною мірою визначається надійність роботи всієї логістичної ланцюга [1].

Підтримка високого рівня надійності робіт, які виконуються, зниження витрат на технічне обслуговування та поточний ремонт спеціальних

транспортних машин повинні забезпечуватися ефективним функціонуванням ремонтного підрозділу військової частини. Удосконалення організаційних форм і систем управління технічним обслуговуванням і ремонтом спеціальних транспортних машин на базі ремонтних підрозділів із залученням сучасних інформаційних технологій та моделювання дозволяє скоротити витрати та тривалість на технічне обслуговування та поточний ремонт і тим самим знизити експлуатаційні витрати на використання спеціальних транспортних машин. Компоненти, на основі яких мають формуватися стратегії управління технічним обслуговуванням та поточним ремонтом спеціальних транспортних машин, утворюють три великі блоки (рис. 1.2) - інформаційний, модельний і розрахунково-технологічний [1,2,13].

Перший блок - інформаційний - є спеціалізована база даних, яка об'єднує інформацію про характеристики експлуатаційних матеріалів, номенклатуру ремонтно-відновлювальних та профілактичних впливів, деталях, що лімітують надійність вузлів і агрегатів і сполучених з ними. У цій же або пов'язаної з нею базі збирається і узагальнюється в статистичній формі інформація про напрацювання до граничного стану деталей і витратних матеріалів або про параметри, що характеризують зміну їх технічного стану в залежності від пробігу спеціальних транспортних машин.

Другий блок об'єднує моделі розрахунку трьох рівнів - періодичності технічного обслуговування, напрацювань до проведення попереджувальних ремонтів (супутнього і вузлового) і напрацювань до капітальних ремонтів і списання спеціальних транспортних машин. Це дозволяє залежно від наявної інформації вибирати ту чи іншу розрахункову модель. В цілому цей блок можна представити у вигляді бази спеціалізованих додатків для вирішення задач моделювання ремонтно-профілактичних стратегій.

Третій блок являє собою спеціалізовану базу додатків, що реалізують безпосередні процедури формування ремонтно-профілактичних стратегій. Розрахунки виконуються на основі результатів моделювання шляхом коригувань і узгодження напрацювань з оцінкою фінальних показників для

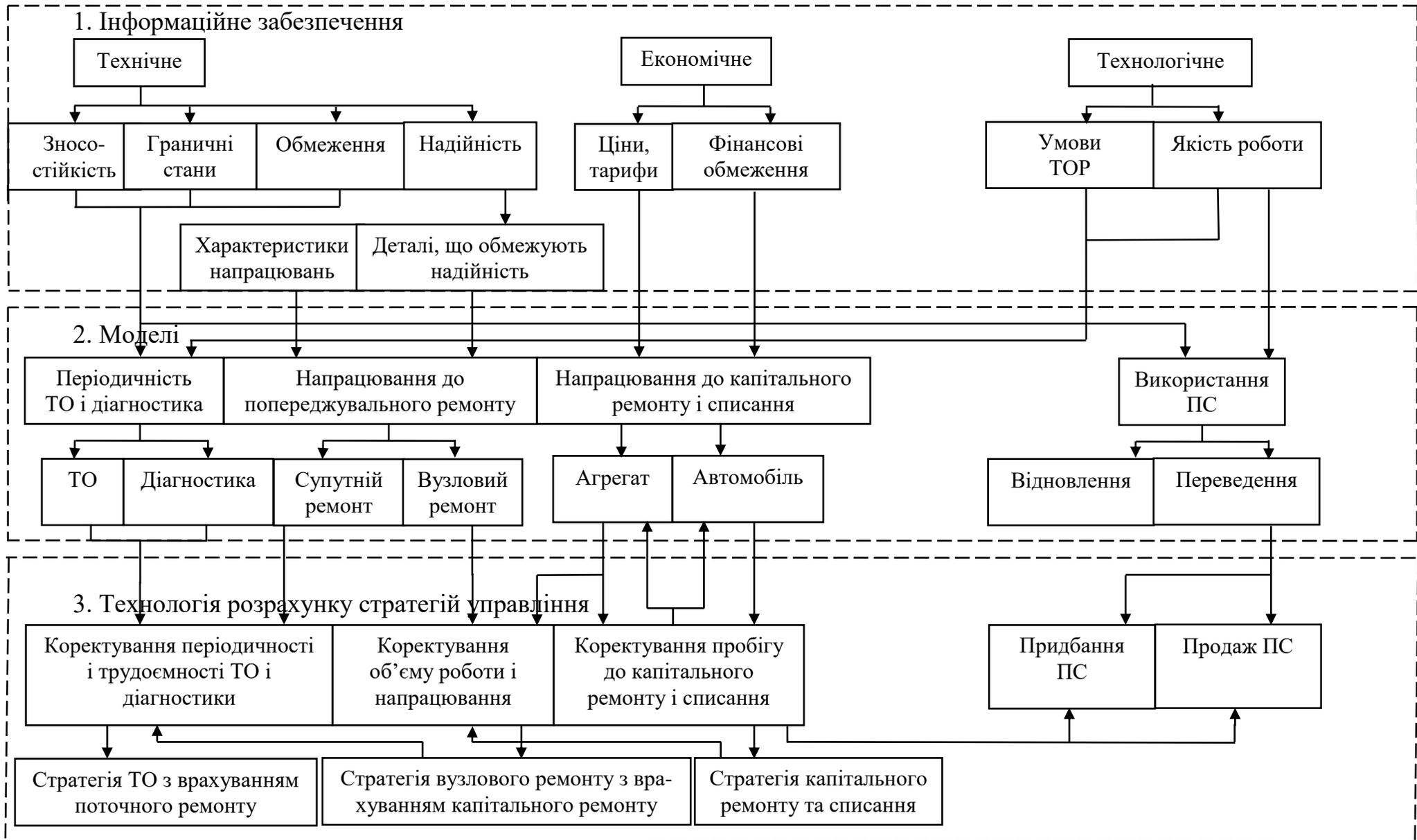


Рисунок 1.2 – Схема формування стратегії управління системою технічного обслуговування та поточного ремонту спеціальних транспортних машин

конкретних стратегій. Передбачається можливість реалізації як прямого, так і зворотного алгоритму формування стратегій управління, а також ітераційного пошуку глобально-оптимальної стратегії при достатності інформації [3,4,8].

Для забезпечення ефективної роботи ремонтних підрозділів потрібно вдосконалення існуючої системи технічного обслуговування та поточного ремонту, так як вона відповідає сучасним вимогам не в повному обсязі: економічності, можливості забезпечення безперебійної роботи, надійності, індивідуального підходу, точності та деяким іншим, менш значущим. Нова система повинна бути заснована на сучасних логістичних принципах, повинна задовольняти більш високі вимоги до якості виконуваних операцій і забезпечувати безперебійність виконання бойових задач. Як відомо, прогнозування необхідно для управління надійністю спеціальних транспортних машин, їх вузлів, агрегатів. Відомо, що управління надійністю спеціальних транспортних машин є основною проблемою в системі технічного обслуговування та поточного ремонту транспортних засобів. Прогнозування технічного стану спеціальних транспортних машин забезпечує безперервність, точність і наукову обґрунтованість планування, підвищує оперативність і якість прийнятих рішень. Разом з тим, прогнозування буде впливати не тільки на планування, а й на інші функції управління (контроль, регулювання і т.д.). Функція прогнозування реалізується в наступних функціональних підсистемах управління: оперативного управління ремонтним підрозділом; перспективного та поточного планування; управління технічною підготовкою робочих місць. В цьому сенсі прогнозування є одним з головних резервів розвитку адаптивних властивостей системи управління працездатністю спеціальних транспортних машин, основою більш повного використання їх потенційних можливостей.

Прогнозування потреби в запасних частинах для спеціальних транспортних машин і їх вузлів та агрегатів, безсумнівно, повинно ґрунтуватися на вивченні тенденцій, що спостерігаються в змінах їх поточного стану. В теорії технічної діагностики автомобілів цей стан представляється

сукупністю значень деяких діагностичних параметрів. Таким чином, прогнозування потреби в запасних частинах та витратних матеріалах повинно ґрунтуватися на прогнозуванні значень ресурсу вузлів та агрегату за відповідними діагностичним параметрам.

Це може здійснюватися на базі математичного апарату екстраполяції процесів, що описують закономірності змін діагностичних (структурних) параметрів. В свою чергу використання апарату екстраполяції вимагає формалізованого опису процесів зміни діагностичних параметрів, тобто вимагає створення якоїсь математичної моделі процесу основних з'єднань агрегатів, створення методики, алгоритму прогнозування потреби в запасних частинах та витратних матеріалах для вузлів, агрегатів і спеціальної транспортної машини в цілому.

Оцінка технічного стану сполучень ґрунтується на використанні деяких залежностей між діагностичними і структурними параметрами. Такі залежності відрізняються рядом особливостей. По-перше, вони повинні з достатньою точністю представляти технічний стан діагностованого сполучення; по-друге, повинні допускати вимір з необхідною точністю.

Таким чином, задача виділення сукупності прогнозованих параметрів практично збігається із завданням виділення структурних параметрів і в зв'язку з цим є однією з загальних задач теорії діагностики технічного стану спеціальних транспортних машин.

Прогнозування потреби в запасних частинах та витратних матеріалах і ресурсу вузла або агрегату є багатокроковим, ітераційним процесом, який не повинен бути розімкнений по відношенню до результатів прогнозування, так як вони піддаються логічному аналізу і можуть служити засобом для внесення відповідних поправок і змін в математичну модель потреби в запасних частинах та витратних матеріалах і ресурсу автомобіля.

Таким чином, прогнозування вимагає застосування переважно нової тактики управління ремонтним підрозділом та суттєво підвищує ефективність

систем керування технічним станом спеціальних транспортних машин.

Застосування методів прогнозування в період експлуатації спеціальних транспортних машин (двигунів, трансмісії, ходової частини) вирішує ряд важливих завдань і дозволяє:

- обґрунтувати терміни профілактичних робіт, так як визначається час майбутньої відмови об'єкта;

- оптимізувати програму пошуку несправностей у зв'язку з визначенням вузлів та агрегатів, в яких очікується відмова;

- обмежити кількість фахівців шляхом автоматизації процесу прогнозування і визначення стану спеціальних транспортних машин на деякий майбутній певний період часу;

- визначити кількість запасних частин, обчислюючи число агрегатів, вузлів, в яких очікується відмова на заданому інтервалі експлуатації спеціальних транспортних машин.

Рішення поставлених завдань доцільно здійснювати за допомогою індивідуальних методів прогнозування ресурсу силового агрегату, ходової частини, трансмісії спеціальної транспортної машини, які передбачають визначення потреби в запасних частинах та витратних, виходячи з фактичного стану вузлів, агрегатів, механізмів та умов експлуатації. Індивідуальні методи прогнозування, використовувані в даний час для визначення ресурсу агрегатів і вузлів, відрізняються великою різноманітністю, як за типом, так і за іншими ознаками: по точності, по використовуваних математичних моделях і параметрах, за ступенем складності обчислень і т.д. [1,2,3].

Доцільність застосування існуючих індивідуальних методів прогнозування ресурсу силових агрегатів, трансмісії, ходової частини можна оцінити шляхом порівняння та аналізу переваг та недоліків використовуваних підходів. В даний час застосовуються методи прогнозування можна розділити на дві групи [14]:

- методи прогнозування, засновані на екстраполяції тенденцій зміни агрегатів - прямі методи;

- методи прогнозування, де в якості вихідного пункту береться не тільки значення окремих параметрів, але також враховується вплив зовнішніх умов на систему в цілому - системні методи.

В даний час найбільш розроблені прямі методи прогнозування. Прогнозування за цими методами ґрунтується на перенесення зміни технічного стану вузла та агрегату, наявного в недалекому минулому, на майбутнє. До них відносяться різні модифікації методів, що виникли у зв'язку з особливостями експлуатації вузлів та агрегатів. Крім того, для користування прямими методами потрібно незначна кількість даних про напрацювання та зміни технічного стану агрегатів, вузлів. Ці методи дають більш достовірні результати при малому часу попередження, коли не передбачаються суттєві зміни у зовнішніх умовах роботи вузла, агрегату спеціальних транспортних машин.

За останній час методи прогнозування, засновані на екстраполяції, зазнали суттєвої критиці. Чисто тимчасова екстраполяція, яку дає прямий метод, вельми сумнівна, так як математична модель відображає зовнішню формалізовану картину загального впливу всіх факторів на інтенсивність зношування об'єкта і не дає уявлення про характер взаємодії їх причин.

Для оцінки прямих методів прогнозування вирішальним є застосування на основі теорії процесів і їх внутрішніх закономірностей. Безперервні зміни діагностичних параметрів спеціальних транспортних машин у функції напрацювання висловлюють реалізаціями. Реалізації апроксимують відповідними рівняннями, що відображають зв'язок параметра з напрацюванням. Користуючись цими рівняннями, екстраполують надійність спеціальних транспортних машин в часі або по пробігу.

Однак використовувати такі динамічні моделі для цілей прогнозування залишкового ресурсу деталей і сполучень двигуна, трансмісії, ходової частини важко, так як вони мають багато коефіцієнтів, що змінюються при екстраполяції. Тому в загальному випадку імовірнісний характер зв'язку величини зміни параметра з напрацюванням висловлюють часто іншими

залежностями з меншим числом коефіцієнтів, наприклад, статичної функцією [2]. Значення коефіцієнтів можуть бути визначені різними способами, наприклад, графічним, точковим, лінійного програмування, розбиттям сукупності рівнянь ряду на групи та ін.

Дослідження показують [3,5], що всі перераховані методи при апроксимації досить великого числа кривих зношування дають приблизно однакову точність. Крім того, характер зміни показника, визначального характеру зміни швидкості зношування, є випадковим залежно від реальних умов праці не піддаються обліку, тому використовувати функціональну залежність для прогнозування не представляється можливим.

Розроблено спосіб визначення ресурсу по середньостатистичним закономірностям зміни параметра від напрацювання. Ці закономірності з деяким наближенням представлені у вигляді статичної функції, але замість змінного в часі показника, визначального характеру зносу сполучення, в розрахунках приймаються постійні середні його значення, встановлені для даного параметра на основі статистичної обробки.

Середньостатистичний залишковий ресурс сполучення визначається за результатами однієї перевірки. Якщо напрацювання з початку експлуатації невідома, то залишковий ресурс визначається між двома напрацюваннями.

Запропоновано методи прогнозування за показниками моторного масла і по віброакустичними показниками. При прогнозуванні за названими показниками також використовується лінійний спосіб прогнозування залишкового ресурсу силових установок, ходової частини, трансмісії. Застосування лінійного способу прогнозування по двох вимірах не дає високої точності, але при залишковому ресурсі 1000-1500 мотогодин похибка методу складає 6% [7]. Похибка прогнозування на основі використання наведеної концентрації заліза в картерному мастилі становить близько 20%, а на основі балансу надходження і витрати заліза - близько 13%.

Для використання лінійного методу прогнозування потрібно значно менше даних про напрацювання і зміні параметрів з моменту початку експлуатації

спеціальних транспортних машин, ніж при всіх інших способах. Сутність цього способу в тому, що закономірність показника зміни параметра вузла або агрегата розглядається за законом спадної швидкості зміни, у зв'язку з чим лінійна екстраполяція процесу на деякий проміжок часу дає величину залишкового ресурсу завжди дещо менше дійсною.

Такі методи прогнозування, як двухальтернативний, параболічного інтерполювання, екстраполяційний, градієнтний, метод Бокса-Вільсона, метод узагальненого параметра по суті є варіантами прямих методів прогнозування.

Системні методи дозволяють з відносно високим ступенем надійності розробити прогнози комплексних процесів, на які впливають практично нескінченне число факторів. При прогнозуванні ресурсу спеціальних транспортних машин та їх агрегатів доводиться завжди мати справу з такими складними комплексними системами, агрегатами, в яких переважають інтердепенденції, тобто взаємодіючі залежності. Велике значення системні методи мають в тому, що системний аналіз прогнозованих процесів, зовнішніх умов дозволяє прогностично оволодіти випадковими процесами. Вплив динамічного характеру поведінки систем дозволяє врахувати при постановці прогнозу не тільки зовнішні впливи, а й внутрішні. Ці впливи виявляють ряд взаємопов'язаних внутрішніх можливостей, які сприймаються системою в цілому, а окремі елементи цієї системи випадково реалізують ту чи іншу з цих можливостей. Отже, за допомогою системного методу, можливо розробити прогнози, що охоплюють внутрішнє і зовнішнє розподіл випадковостей. Цей метод призводить до передбачення векторів стану, оточуючих розподіл ймовірностей.

Також пропонується метод прогнозування ресурсу, який обумовлюється трьома групами факторів:

- початковим технічним станом вузла, агрегату, сполучення в момент прогнозування;
- зовнішніми умовами, в яких буде експлуатуватися агрегат від моменту прогнозування до повного вичерпання ресурсу;

- закономірностями протікання процесів зносу вузла, агрегату, які можуть бути задані у вигляді диференціальних рівнянь.

Початковий технічний стан вузла, агрегату суто індивідуально в зв'язку з умовами виготовлення, складання, тому для отримання значень початкового і поточного стану вузла, агрегату вирішується комплекс завдань з організації індивідуального діагностування. Цей метод прогнозування не використовується через недостатню інформацію про його практичну реалізацію.

Істотний інтерес при системному підході до визначення ресурсу силових агрегатів, трансмісії, ходової частини представляють методи і моделі адаптаційного прогнозування стану спеціальних транспортних машин.

Відмінність адаптивних моделей від інших прогностичних моделей полягає в тому, що вони відображають поточні властивості ряду і здатні безперервно враховувати еволюцію динамічних характеристик досліджуваних процесів, тобто відбувається подальше коригування параметрів моделі, їх адаптація до нових, безперервно змінних зовнішніх умов роботи вузла, агрегату. Біля витоків адаптивного напрямку лежить найпростіша модель експоненціального згладжування. Модифікації та узагальнення цієї моделі привели до появи цілого сімейства адаптивних моделей з різними властивостями.

Недоліком системних методів є те, що ефективність прогнозування залежить від обраного мінімуму інформативних параметрів спеціальних транспортних машин.

### 1.2 Аналіз методів визначення потреби в запасних частинах та витратних матеріалах при технічному обслуговуванні та поточному ремонті спеціальних транспортних машин

Вихідним і головним моментом рішення задачі по забезпеченню запасними частинами та витратними матеріалами є планування потреби в них. У цьому зв'язку розглянемо існуючі методи визначення потреби в запасних частинах та витратних матеріалах, які можуть бути зведені в кілька груп:

- середні значення ресурсів вузлів, агрегатів [7, 10];
- асимптотичні формули процесів відновлення [11, 14];
- характеристики потоку відмов [15, 16];
- імовірнісний критерій [17, 18];
- економіко-математичний критерій [10, 11];
- фактична витрата запасних частин та витратних матеріалів за минулий період експлуатації [9,10];
- швидкість зношування сполучень [6, 18].

Найбільш широке застосування для визначення потреби в запасних частинах та витратних матеріалах отримали методи, що використовують середні значення ресурсів деталей, вузлів, агрегатів спеціальних транспортних машин. В основу методу покладено залежність

$$N = \frac{(L_{cn} - R_n) \cdot 100 \cdot n}{R_{зч} \cdot T_{cn}}, \quad (1.1)$$

де  $N$  - норма витрат запасних частин, шт/100 спеціальних транспортних машин на рік;

$L_{cn}$  - середній пробіг спеціальній транспортній машини до списання, тис. км.;

$R_{зч}$  - середній ресурс деталі, вузла, агрегату до наступної заміни, км;

$T_{cn}$  - середній термін служби спеціальної транспортної машини до списання, років;

$R_n$  - середній ресурс деталі, вузла до першої заміни, тис. км;

$n$  - число деталей, вузлів, агрегатів даного найменування на спеціальній транспортній машини, од.

Недоліком такого підходу є неможливість оперативно враховувати зміну витрати запасних частин для парку спеціальних транспортних машин у зв'язку із зміною умов експлуатації, що визначають швидкість зношування деталей, вузлів, агрегатів, а також те, що в основу визначення потрібного кількості запасних частин покладений середній по Збройним Силам України ресурс

деталей. При визначенні норм припущено, що число замін постійно в часі і не змінюється в міру збільшення терміну служби спеціальних транспортних машин. Але це не відповідає дійсності. Проведені дослідження [11] показали, що фактична потреба спеціальних транспортних машин в запасних частинах змінюється в залежності від терміну експлуатації, пробігу з початку експлуатації і від умов експлуатації.

В формулі (1.1) введено поправочні коефіцієнти, що характеризують конкретні умови і запропонована наступна залежність [11]

$$N_{\phi} = N \cdot K_{\Gamma} \cdot \frac{L_{cn} \cdot K_{ам} - R_{zn} \cdot K_p}{(L_{cn} - R_n) \cdot K_p \cdot K_{ам}} \quad , \quad (1.2)$$

де  $N_{\phi}$  - фактична потреба в запасних частинах, шт на 100 спеціальних транспортних машин на рік;

$K_{\Gamma}$  - поправочний коефіцієнт, що враховує річний пробіг;

$K_{ам}$  - коефіцієнт, що враховує фактичний пробіг спеціальних транспортних машин за термін їх експлуатації;

$K_p$  - коефіцієнт, що враховує термін служби деталей у конкретних умовах.

Коефіцієнт  $K_p$  визначається як

$$K_p = K_{\delta} \cdot K_{np} \cdot K_{ед} \cdot K_p \cdot K_{кэ} \quad , \quad (1.3)$$

де  $K_{\delta}$ ,  $K_{np}$ ,  $K_{ед}$ ,  $K_p$ ,  $K_{кэ}$  - поправочні коефіцієнти, які враховують, відповідно, дорожні умови, ступінь використання спеціальних транспортних машин в якості автомобілів-тягачів, співвідношення в структурі парку між новими і прошедшими капітальний ремонт спеціальними транспортними машинами, збільшення довговічності спеціальних транспортних машин, підвищення культури експлуатації спеціальних транспортних машин, природно-кліматичні умови.

Використання коефіцієнта  $K_p$  правомірно лише в разі рівності міжремонтного пробігу спеціальних транспортних машин і ресурсу їх деталей, але напрацювання до відмов для більшої частини деталей набагато менше

міжремонтного пробігу спеціальних транспортних машин. Крім того, прийняті спрощення знижують ефективність застосування даної методики для оперативного вирішення потреби в запасних частинах.

У ряді робіт для розрахунку потрібної кількості запасних частин використовується інтегральне рівняння для загального процесу відновлення [11,12]:

$$H(t) = F(t) + \int H(t - \tau) \cdot q(\tau) d\tau \quad , \quad (1.4)$$

де  $H(t)$  - функція загального процесу відновлення за період  $t$ ;

$F(t)$  - функція розподілу ресурсу початкового елемента;

$q(\tau)$  - щільність функції розподілу ресурсу запасного елемента.

Рішення даного рівняння утруднено через необхідність отримання апріорної інформації про експлуатаційну надійність деталей, вузлів. У зв'язку з цим пропонується використовувати спрощені моделі асимптотических формул теорії відновлення.

Методи визначення потреби в запасних частинах, що використовують асимптотичні формули процесів відновлення, розроблені в основному для виробів радіоелектронної техніки. Вони базуються на стаціонарних потоках замін, розподілених за законом Пуассона або з використанням процесу відновлення при обмеженому числі замін деталей та часу роботи даної системи, що прагне до нескінченності. Це положення не повністю відображає старіння механічних систем, стосовно яким потік замін деталей та вузлів за термін служби в період експлуатації не встигає стабілізуватися, оскільки процес відновлення стає стаціонарним тільки після п'яти і більше замін. Це обмежує застосування методу до розрахунку ресурсного фонду в запасних частинах до спеціальних транспортних машин.

Використання параметрів потоку відмов для розрахунку потреб у запасних частинах для проведення робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту дає задовільну оцінку, дозволяючи з деяким ступенем оперативності прогнозувати їх витрату для конкретного інтервалу пробігу.

Певний інтерес в цьому плані становить нормування витрат запасних частин що пов'язано з використанням розподілу числа відмов на певному пробігу по закону Пуассона:

$$P_m(L) = \sum \frac{(\lambda \cdot L)^m}{m!} \cdot e^{-\lambda L} \quad , \quad (1.5)$$

де  $P_m(L)$  - ймовірність появи  $m$  відмов (замін) деталей на пробігу  $L$ ;

$\lambda$  - інтенсивність відмов, 1/км.

Мають місце застосування моделі потоку відмов відновлені з перемінним параметром [12].

Число запасних частин залежить від групи спеціальних транспортних машин, оскільки є можливість маневрування запасними частинами всередині цієї групи, тобто має місце об'єднаний резерв. І число відмов групи спеціальних транспортних машин не перевершить загального числа запасних частин з рівняння

$$P\{v(t) \leq n\} = \sum_{s=0}^n \frac{[H(t)]^s}{s!} \cdot e^{-H(t)} \quad , \quad (1.6)$$

де  $v(t)$  - число відмов деталі в групі машин за напрацювання  $t$ ;

$n$  - необхідну для групи машин число ЗЧ;

$H(t)$  - середнє число відмов групи машин;

$s$  - число відмов деталі в інтервалі напрацювання.

Іноді пропонується витрату запасних частин визначати за виразом Муавра-Лапласа при відомих ймовірності відмови деталей і законі розподілу - нормального або експоненціального [12]. Насправді ж це розподіл витрати запасних частин підпорядковується та іншим законам розподілу, наприклад, Вейбулла-Гнеденко, Пуассона.

Допущення того, що ймовірність  $P$  відома, правомірно. Однак визначення цієї величини на практиці представляє певні труднощі. У пропонованих методиках не враховуються умови експлуатації спеціальних транспортних машин в явному вигляді.

В цілому розглянуті роботи представляють методологічний інтерес. Запропонований підхід в них використовується при дослідженні надійності спеціальних транспортних машин.

Інтерес представляє методика прогнозування потреби в запасних частинах, яка враховує умови експлуатації і технічне обслуговування спеціальних транспортних машин. Заснована вона на тому, що в сталому експлуатаційному режимі розподіл потоку відмов описується експоненціальним законом. Запропонована залежність має наступний вигляд:

$$P_{зч} = N \cdot \lambda \cdot l \cdot K_j \cdot \sqrt{N_d \cdot \lambda \cdot l} \quad , \quad (1.7)$$

де  $K_j$  - гамма-відсотковий квантиль стандартного нормального розподілу;

$N_d$  - кількість спеціальних транспортних машин;

$\lambda$  - інтенсивність відмов, 1/км;

$l$  - пробіг спеціальних транспортних машин, тис.км.

Цінність даної методики незаперечна. Але результати вирішення поставлених задач зважаючи на їх специфічне призначення і прив'язки до одиничного транспортного засобу не можуть бути використані при визначенні потреби в запасних частинах на рівні ремонтних підрозділів. Основна причина полягає в тому, що не береться до уваги вплив ряду важливих факторів умов експлуатації: навантажувального і швидкісного режимів роботи, інтенсивності використання спеціальних транспортних машин і ін.

Спроба врахувати в розрахунковій формулі потреби, крім параметрів, що характеризують технічний стан спеціальних транспортних машин, такі фактори, як дорожні та кліматичні умови експлуатації. При цьому очікувану середня витрата запасних частин даного найменування пропонується визначати як

$$Z_{cp} = K_H \cdot K_v \cdot K_z \cdot \lambda_{\max} \cdot \sum l \quad , \quad (1.8)$$

де  $K_H$ ,  $K_v$ ,  $K_z$  - коефіцієнти, що враховують, відповідно, дорожні умови, кліматичні умови (вплив пори року) і запас запасних частин;

$\lambda$  - інтенсивність відмов;

$l$  - середній пробіг всіх спеціальних транспортних машин, тис. км.

Одним з недоліків запропонованої методики є те, що значення коефіцієнта  $K_n$  визначено тільки для ґрунтових і асфальтових доріг, тоді як типів дорожніх покриттів значно більше. Крім того, всі види асфальтних доріг відносяться до одного типу. Насправді ж вони поділяються на кілька класів, що залежать від якості дорожніх покриттів. Таке допущення при визначенні величини коефіцієнта  $K_n$  може привести до грубих помилок. Адже інтенсивність відмов на дорогах з різними типами покриттів буде неоднакова, що в свою чергу впливає на точність результатів розрахунку потреби в запасних частинах.

У запропонованій методиці враховуються в певній мірі лише фактори, що характеризують стан спеціальних транспортних машин. А між тим на величину витрат запасних частин впливають і такі важливі фактори, як абразивність середовища, навантажувально-швидкісний режим, інтенсивність експлуатації спеціальних транспортних машин і ряд інших.

Таким чином, як показав аналіз, методи визначення потреби в запасних частинах на основі використання параметрів потоку відмов, що базуються на інформації, одержуваної в реальних умовах експлуатації, багато в чому об'єктивно відображають процес їх витрати. Разом з тим, такого роду методи вимагають тривалих випробувань, порівнянних за часом з величиною амортизаційного терміну служби спеціальних транспортних машин, що не дає можливість застосовувати їх на етапах проектування та введення в експлуатацію нових моделей спеціальних транспортних машин, а також ускладнює і застосування їх в процесі експлуатації.

На сьогоднішній день основні розрахункові формули засновані на використанні положень теорії масового обслуговування, тобто за критерій застосовності приймається теоретико-імовірнісний підхід до визначення потреби в запасних частинах, чим, в основному, і визначається привабливість таких методів для формалізації процесу споживання запасних частин. Так,

очікуване число замін, тобто потрібну кількість запасних частин пропонується визначати за формулою

$$\Delta = N' \cdot \pi \cdot \sum_{x=1}^h P_x \cdot h \quad , \quad (1.9)$$

де  $N'$  - кількість спеціальних транспортних машин;

$\pi$  - пробіг, тис. км;

$P_x$  - емпірична величина ймовірності появи відмови в  $x$ -м інтервалі пробігу;

$h$  - число інтервалів пробігу.

Тут слід зауважити, що запропонований метод визначення запасу запасних частин для спеціальних транспортних машин, застосований для випадку, коли процес виникнення потреби в запасних частинах виходить від об'єкта з послідовною структурою надійності і зі взаємно незалежними частинами, що мають експонентний закон розподілу часу безвідмовної роботи. Кожне відступ від зазначених вище пропозицій, що відносяться до обслуговуваних через склади запасних частей для спеціальних транспортних машин, може привести до значного утруднення розрахунків.

Розглядаючи застосування розрахунків кількості запасних частин, проведених тільки на основі ймовірностей без урахування економічних наслідків, вказує, що отримане в результаті розрахунку середня кількість запасних частин значно нижче оптимального запасу. Хоча це і забезпечує прибуток, але менший, ніж при оптимальній стратегії, тобто з урахуванням економічного критерію.

Ймовірнісні методи розрахунку також не враховують економічний критерій. Тут ймовірна кількість відмов  $\Pi(x)$ , замін, або запасних частин визначається через підсумовування ймовірностей відмов  $F(x)$ .

Загалом вигляді це представляє наступне:

$$\Omega(x) = \sum_{k=1}^{\infty} F_k(x) = \sum_{k=1}^{\infty} \Phi\left(\frac{x - k \cdot \eta \cdot \bar{x}_t}{\sigma \cdot k}\right) \quad , \quad (1.10)$$

де  $\Phi(x)$  - нормована функція для  $z = \frac{x - k \cdot \eta \cdot \bar{x}_t}{\sigma \cdot \sqrt{k}}$  ;

$x$  - пробіг спеціальних транспортних машин, тис.км;

$\bar{x}_t$  - середнє напрацювання до першої відмови, тис.км;

$k$  - число відмов (замін);

$\eta$  - коефіцієнт відновлення ресурсу;

$\sigma$  - середнє квадратичне відхилення, тис.км.

Таким чином, використовуючи в деякій мірі значення параметра потоку відмов, можна визначати конкретний витрата деталей за будь-який заданий період і планувати роботу системи постачання. Однак, імовірнісні методи, на даний час знаходять незначні застосування з огляду на те, що для їх здійснення необхідна велика попередня робота з вивчення відмов і несправностей спеціальних транспортних машин, що виникають через зношування або поломки кожної з численних деталей даного автомобіля.

Пропонуються розрахункові залежності для визначення потрібній кількості запасних частин для ремонтних підрозділів, які отримані на теорії додавання і множення ймовірностей, враховують кількість відновлень деталей, але, явно не пов'язані з пробігом вузлів і агрегатів спеціальних транспортних машин і, отже, з формулами, заснованими на композиції законів розподілу.

На закінчення слід зауважити, що в більшості випадків результат розрахунку малодостовірний через припущення і обмеження, які необхідні для ведення розрахунку. Цим в основному і обмежено застосування імовірнісних методів розрахунку потреби в запасних частинах для проведення робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту спеціальних транспортних машин фахівцями ремонтних підрозділів.

Широке поширення в області прогнозування потреби в запасних частинах отримали методи економіко-математичного моделювання на основі застосування методів кореляційно-регресійного аналізу. На основі методів множинної кореляції встановлена залежність між витратою запасних частин в гривнях на один автомобіль і факторами, що впливають на його величину -

пробіг з початку експлуатації та кількості спеціальних транспортних машин в військовій частині, що знаходяться на різних циклах експлуатації, тобто до капітального ремонту і після нього. Звертається увага на те, що витрата запасних частин залежить також від трудомісткості технічного обслуговування.

Іноді витрата запасних частин в різних дорожньо-кліматичних умовах досліджується через витрату палива, тобто виходячи з припущення, що між витратою палива і запасних частин існує залежність. Тут також враховувалися і пробіг спеціальних транспортних машин з початку експлуатації, рівень організації технічного обслуговування та поточного ремонту в ремонтному підрозділі, середня періодичність технічного обслуговування, кваліфікація водіїв і т.д.

Аналіз ряду робіт показав, що авторам не вдалося дослідити повною мірою закономірність витрати запасних частин від комплексного впливу досліджуваних факторів, хоча і були вивчені в деякій мірі залежності між окремими факторами і величиною витрат на запасні частини. Крім того, роботи були присвячені вивченню потреби для окремих груп спеціальних транспортних машин, а не всього парку транспортних засобів у військовій частині.

Спільним недоліком зазначених робіт є й те, що всі вони не враховували такі характеристики умов експлуатації, як навантажувально-швидкісний режим, інтенсивність використання спеціальних транспортних машин, вплив зовнішнього середовища і т.д. Однак методи економіко-математичного моделювання, засновані на використанні кореляційно-регресійного аналізу, в деяких випадках дають непогані результати. При цьому необхідно мати на увазі, що застосування складних методів і моделей, як показали ряд досліджень і практика впровадження в розвинених країнах, часто не дають достатніх результатів. Таким чином, вивчення такого роду методів можливо і доцільно на рівні Центрального автомобільного управління Збройних Сил України.

В даний час поряд з нормативними методами прогнозування на основі середньостатистичних даних про ресурс деталей, розглянутих вище, широке

застосування мають методи, розрахункові залежності яких засновані на використанні даних по фактичній витраті запасних частин за попередні періоди експлуатації та коригування цих даних з урахуванням запасів, що знаходяться на складі ремонтних підрозділів, а також з урахуванням надходження і списання спеціальних транспортних машин.

Так, норма витрати запасних частин за даними про фактичну кількість замін, виявленому при проведенні спостережень, визначається по формулі

$$N = 100 \cdot \left( \bar{P} + t_{\beta} \cdot \frac{\sqrt{D}}{\sqrt{P^{\theta}}} \right) , \quad (1.11)$$

де  $P^{\theta}$  - загальна кількість обслуговуваних спеціальних транспортних машин;

$$\bar{P} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^{n^0} P_j$$

- середня кількість замін елементів на одній машині,

виявлене при експлуатації та ремонті;

$t_{\beta}$  - квантиль розподілу Стюдента для односторонньої довірчої ймовірності;

$P_j$  - кількість замін елементів на  $j$ -й машині;

$\sqrt{D}$  – несмещенная оцінка середнього квадратичного відхилення.

Пропонується норму витрати запасних частин за фактичною витратою деталей і вузлів рекомендує визначати по формулі

$$N_a = \frac{(M_e + M_k) \cdot 100 \cdot L_{\Gamma}}{L_0} , \quad (1.12)$$

де  $N_a$  - норма витрати запасних частин в ремонтному підрозділі на 100 спеціальних транспортних машин на рік;

$M_e$  - витрата деталей на експлуатаційні та капітальні ремонти в умовах ремонтному підрозділі військової частини;

$L_0$  - сумарний пробіг спеціальних транспортних машин, км;

$M_k$  - витрата запасних частин при капітальному ремонті.

$$\bar{M}_k = \eta \cdot k \cdot n \quad , \quad (1.13)$$

де  $\eta$  - коефіцієнт змінності деталей при капітальному ремонті;

$k$  - кількість капітальних ремонтів, виконуваних в ремонтно-відновлювальних полках або на авторемонтних заводах;

$n$  - кількість однойменних деталей;

$L_p$  - річний пробіг, тис.км.

В основу цих методів покладено апріорні оцінки зі спостереження за витратою запасних частин протягом деякого періоду експлуатації (зазвичай кілька років) і коригування цих витрат на майбутні періоди з урахуванням умов роботи ремонтних підрозділів і запасів запасних частин та витратних матеріалів, що знаходяться на складах і т.д. Як бачимо, такий підхід не враховує різні чинники, що впливають на зміну витрати запасних частин: динаміки зміни умов експлуатації, технічного стану спеціальних транспортних машин, сезонності робіт, інтенсивності використання та ін.

Як показала практика, на жаль, статистику витрати запасних частин за весь період амортизації спеціальних транспортних машин далеко не завжди вдається отримати і зберегти і, крім того, не завжди витрати минулих періодів дорівнюють майбутнім. Зокрема, при розгляді питань забезпечення запасними частинами ремонтних підрозділів необхідно відзначити нереальність отримання статистики за такий тривалий період часу, так як, по-перше, час морального старіння, припустимо, спеціальних транспортних машин становить 6-8 років, а фізичного - 8-10 років, фактично час експлуатації може складати 15-20 років. Крім того, потреба перших років, коли машини тільки почали випускатися, в розрахунки приймати не можна, так як в цей період потреба в запасних частинах надзвичайно мала.

Цим і пояснюється той факт, що для нових моделей спеціальних транспортних машин протягом перших 4-6 років експлуатації має місце гострий дефіцит одних деталей і надлишок інших.

По-друге, при визначенні норм витрати запасних частин не враховується характер і причини появи відмов деталей, а встановлюється їх середня витрата,

що забезпечує трохи більше половини потреби запасних частин.

Ці обставини вказують на недосконалість існуючих методів визначення кількості та номенклатури запасних частин. Разом з тим методи цієї групи представляють методичний інтерес, хоча характеризуються наближеністю розрахунків і великою трудомісткістю отримання вихідних даних.

На сьогоднішній день перспективним напрямком є розробка методів розрахунку потреби запасних частин, в основу розрахункових залежностей яких покладена закономірність зміни технічного стану спеціальних транспортних машин та їх елементів в процесі експлуатації [4,13,14].

В роботах [8,13] пропонується визначати потребу в запасних частинах, заміна яких викликається їх зносом, за даними про інтенсивність зношування за рівнянням

$$m(L) = \frac{L \cdot P_c(k)}{\delta \cdot P_1(k)} \cdot \left\{ 1 + x_\alpha \sqrt{\frac{P_2(k)}{P_1(k)} - \frac{P_1(k)}{P_2(k)}} \right\}, \quad (1.14)$$

де  $m(L)$  - потреба в запасних частинах на пробіг  $L$ ;

$\delta$  - знос деталей до граничного стану;

$k$  - інтенсивність зношування;

$x_\alpha$  - квантиль нормального розподілу;

$P_1(k)$ ,  $P_2(k)$ ,  $P_c(k)$  - інтегральні функції інтенсивного зношування.

Позитивною і дуже важливою стороною такого роду розрахункових методів є те, що вони дозволяють отримати більш достовірну оцінку при прогнозуванні, особливо по деталях, які виходять з ладу від поступових відмов, тобто по причині зносу.

Пояснюється це мабуть тим, що в основу методик покладена фізична закономірність виходу з ладу деталей. Такий підхід сприяє створенню моделей, що дозволяють найбільш достовірно прогнозувати потребу в запасних частинах.

На закінчення слід зазначити, що вказані методи мають недолік, загальний для всіх розглянутих вище методів прогнозування - всі вони, як правило, засновані на накопиченні та екстраполяції статистичних даних про ресурс або витраті запасних частин, або ж про знос в даних умовах експлуатації

спеціальних транспортних машин конкретної моделі, деталі якого виготовлені за певною технологією. Якщо ж змінюються чи умови експлуатації, або конструкція, технологія виготовлення, то в цілях визначення потреби в запасних частинах необхідні нові значні обсяги випробувань, які тягнуть за собою фінансові та трудові витрати.

1.3 Теоретичні підходи до визначення потреби в запасних частинах для спеціальних транспортних машин в залежності від технічного стану їх вузлів та агрегатів

В процесі експлуатації працездатність агрегатів спеціальних транспортних машин, втрачену в результаті зносу деталей, відновлюють послідовною заміною їх новими або відновленими запасними частинами.

Оцінка потреби в запасних частинах полягає у визначенні їх рівня, оптимального за конкретним критерієм, і в розробці умов, які забезпечують підтримку необхідної кількості запасів на цьому рівні. Управління потребою в запасних частинах здійснюється при обмеженнях: по термінах подання замовлень у ремонтному підрозділі та їх виконання, за економічним обсягом партій, по рівню запасів. Об'єми партій запасних частин і потреба не є постійними величинами, оскільки перебувають під впливом багатьох чинників, які необхідно враховувати при формуванні номенклатури і кількості запасних частин.

Перш ніж вирішити питання про розмір запасу цих запасних частин, необхідно визначити потребу в них. Проте потреба не єдиний критерій, необхідно визначити мету створення запасів по групах А, В, С запасних частин і у світлі поставлених завдань розглядати питання про потребу.

Суть методу АВС полягає в тому, що відповідно до мети аналізу вибирається класифікаційна ознака і здійснюється ранжирування в порядку убутання цієї класифікаційної ознаки. Так, при класифікації запасних частин за об'ємом здійснених в році закупівель, що вимагаються, необхідно усю

номенклатуру запасних частин розташувати в порядку зменшення вартості їх річного споживання. Потім в групу А відносять усі найменування в списку, починаючи з першого, сума вартостей яких складає 75-80% від сумарної вартості усіх спожитих запасних частин за цей період. Досвід показує, що зазвичай в цю групу потрапляє 10-20% усієї номенклатури. До групи В відноситься приблизно третина найменувань запасних частин, сума вартостей яких складає 10-15%. Інші позиції номенклатури, а це половина запасних частин, що залишилися, сумарна вартість яких складає лише 5-10%, відносяться до групи С.

Найбільший ефект дає застосування методу АВС в комбінації з іншим XYZ-аналізом. Метод XYZ дозволяє зробити класифікацію запасних частин за конкретними спеціальними транспортними машинами, наприклад, сировини і матеріалів, але залежно від характеру їх споживання і точності прогнозування змін в їх потребі. Угрупування ресурсів при проведенні XYZ-аналізу здійснюється в порядку зростання коефіцієнта варіації. При цьому до категорії Х належать ресурси, які характеризуються стабільною величиною споживання, незначними коливаннями в їх витраті і високою точністю прогнозу. Категорії Y - це ресурси, потреба в яких характеризується відомими тенденціями (наприклад, сезонними коливаннями) і середніми можливостями їх прогнозування. Нарешті, ресурси, відношені до категорії Z, споживаються нерегулярно, точність їх прогнозування невисока. Накладенням результатів XYZ-аналіза на дані АВС-методу отримуємо 9 груп ресурсів, для кожної з яких менеджери фірми повинні розробити свою техніку управління.

Групи А Y Z

X AX BX CX

Y AY BY CY

Z AZ BZ CZ

В управлінні цими підгрупами існують певні закономірності.

Підгрупи AX, AY і AZ вимагають індивідуального управління.

Підгрупи CX, CY і CZ управляються однаково - планування таких запасів можна виконати на рік з щомісячним контролем наявності.

У підгрупах VX, VY і VZ, можуть бути збіги і відмінності в методах контролю.

Аналізи ABC і XYZ виконуються щомісячно або щоквартально. До номерів деталей, віднесених до тієї або іншої групи, програмним шляхом «прив'язують» ознаки, що означають групи, тобто індекси A, B, C і X, Y, Z, а також коефіцієнт оборотності за рік. Набір ознак дозволяє судити про необхідність посиленого або слабкого контролю за роком і дозволяє судити про необхідність посиленого або слабкого контролю за формуванням запасу тієї або іншої деталі. Індекс групи попиту вказується при друкуванні накладних, статистики витрати, відомості зайвих запасів запасних частин. По індексу можна викликати друк необхідних для аналізу документів.

Очевидно, що групи AX, AY і AZ вимагають найбільшої уваги з логістичної точки зору, для них потрібне ретельне планування потреби, нормування витрати, скрупульозний (щоденний) облік і контроль, постійний аналіз відхилень від запланованих показників. Причому, для категорії AX ефективніше використати систему постачання по запитах з обов'язковим розрахунком величини страхового запасу. Для ресурсів категорії CX, CY, CZ застосовуються укрупнені методи планування, а функції контролю найчастіше делегуються нижчим щабелям управління.

Результатом спільного проведення аналізу ABC і XYZ є виділення ключових, найбільш важливих ресурсів ремонтного підрозділу і встановлення на цій основі пріоритетів в структуризації ремонтних процесів.

Заходи по забезпеченню нормативного ресурсу в експлуатації спеціальних транспортних машин мають бути доповнені науковою оцінкою швидкості зношування сполучень силових агрегатів, елементів трансмісії та ходової частини з тим, щоб створити необхідну безвідмовність вузлів, деталей, які підлягають заміні або відновленню в процесі ремонту.

Загальне рішення проблеми оцінки потреби в запасних частинах для силових агрегатів, елементів трансмісії та ходової частини вимагає самостійного розгляду швидкості зношування основних сполучень.

Швидкість зношування силового агрегату, елементів трансмісії та ходової частини обумовлюється: робочими режимами агрегату, які є функцією конкретних зовнішніх умов, інтенсивністю і характером його використання, культурою експлуатації і обслуговування, дорожніми і кліматичними умовами, а також технічним станом, якістю вживаних палив і олій, технологією виготовлення, складання і так далі.

У зв'язку з цим слід встановити закономірності оцінки швидкості зношування сполучень силових агрегатів, елементів трансмісії та ходової частини спеціальних транспортних машин.

Вплив часу роботи на сполучення, маючи зважаючи на початковий стан, прироблення, поступове зношування і прогресуюче зношування, для обґрунтування характеру зносу сполучення слід виділити не стільки провідні і супутні чинники, скільки групи чинників, що викликають той або інший вид зношування, що характеризують в сумі фізичні явища, що протікають в сполученнях, що труться силових агрегатів, елементів трансмісії та ходової частини спеціальних транспортних машин. У цьому плані пропонується наступне ділення чинників при оцінці швидкості зношування деталей і сполучень силового агрегату, елементів трансмісії та ходової частини спеціальних транспортних машин.

Усі чинники, що викликають знос сполучень і деталей, незалежно від класифікацій і назв не заперечуючи жодної з існуючих класифікацій, пропонується розділити на дві групи.

Перша група - чинники швидкісного та навантаження режиму, тобто тиск і швидкість відносного переміщення робочих поверхонь сполучень, що характеризуються середнім ефективним тиском і швидкістю обертання колінчастого валу, а для агрегатів трансмісії і середньозваженим передатним числом коробки передач.

Друга група - чинники, що мають технологічний і експлуатаційний характер, виготовлення, що характеризуються якістю, складки, регулювання, вживаних паливно-мастильних матеріалів, періодичності обслуговування, якості водіння і тому подібне.

Ці дві групи чинників викликають різні види зношування в кожен момент часу роботи сполучення силового агрегату, елементів трансмісії та ходової частини спеціальних транспортних машин, але прояв їх впливу на швидкість зношування по-різному в різні періоди зношування сполучень.

Швидкість зношування сполучень і деталей силових агрегатів, елементів трансмісії та ходової частини спеціальних транспортних машин встановлюється шляхом оцінки відділення металу, що призводить до спотворення геометричних форм, тобто і структурних параметрів стану силового агрегату, елементів трансмісії та ходової частини спеціальних транспортних машин. Особливо слід сказати про такі зміни геометричних параметрів, як овальність, конусність, неперпендикулярність, неспіввісність та ін. Вони пов'язані із спотворенням макрогеометрії зв'язаних поверхонь тертя і є узагальнювальним параметром при оцінці лінійного зносу сполучення.

В силу викладеного дуже важливо встановлювати закономірності зміни не лише максимального зносу по абсолютних значеннях конусності, овальності і тому подібне, але і зміни приведенного сумарного зносу поверхонь тертя, який включає абсолютні значення їх конусності, овальності і тому подібне. У зв'язку з цим при оцінці залежності між структурними і діагностичними параметрами стану силового агрегату, елементів трансмісії та ходової частини спеціальних транспортних машин необхідно визначати значення приведенного сумарного зносу, встановлюючи при цьому величину і характер зношування деталей і сполучень силового агрегату, елементів трансмісії та ходової частини.

На швидкість зношування сполучень при фіксованому швидкісному для навантаження режимі роблять також вплив технологічні ( $K_m$ ) і експлуатаційні ( $K_e$ ) чинники. Ці чинники для цих зовнішніх умов є випадковими величинами.

Тоді швидкість зношування сполучень силового агрегату, елементів трансмісії та ходової частини спеціальних транспортних машин матиме вигляд

$$I = f(P_e, n, \cdot K_T \cdot K_E) \quad , \quad (1.16)$$

де  $P_e$  - середній ефективний тиск, кПа;

$n$  - швидкість обертання валу,  $\text{хв}^{-1}$ ;

Таким чином, швидкість зношування будь-якого силового агрегату, елементів трансмісії та ходової частини спеціальних транспортних машин в загальному випадку - безперервна однозначна функція швидкісного для навантаження режиму, технологічних і експлуатаційних чинників.

Усі численні дослідження [2,9,11] підтверджують, що швидкість зношування будь-якого сполучення силового агрегату, елементів трансмісії та ходової частини спеціальних транспортних машин також безперервна і однозначна функція швидкісного для навантаження режиму, технологічних і експлуатаційних чинників. Якщо для усіх основних сполучень силових агрегатів, елементів трансмісії та ходової частини спеціальних транспортних машин, що визначають їх ресурс, знайти подібні функції швидкості зношування в єдиних вимірниках, то стане можливим визначити потребу в запасних частинах на цей період роботи.

#### Висновки по першому розділу

Проведений аналіз показав, що існуючі нормативні та методичні матеріали не враховують повною мірою такі найважливіші чинники, що впливають на витрату запасних частин, як режим і інтенсивність експлуатації спеціальних транспортних машин, технологія виготовлення, зовнішня середа. Це призводить до значного розриву між нормативною і фактичною потребою в запасних частинах.

В даний час у зв'язку з оснащенням ремонтних підрозділів військових частин засобами діагностування, а також при розробці різних методів індивідуального прогнозування надійності силових агрегатів, елементів

трансмисії та ходової частини спеціальних транспортних машин, доцільно визначати потребу в запасних частинах, і встановлювати обсяги і терміни поставки в залежності від фактичного технічного стану конкретного силового агрегату, елементів трансмісії та ходової частини спеціальних транспортних машин.

Це дозволить суттєво зменшити витрати на простій в ремонті та експлуатацію спеціальних транспортних машин.

Результати огляду і аналізу дозволяють зробити наступні висновки:

- розбіжності між поточною потребою і нормою запасних частин, а також між розрахунками по аналізованих методах досягають в деяких випадках більш 100%;

- спостерігається добре співпадіння розрахункових значень з фактичними при використанні методів розрахунку за даними інтенсивності зношування;

- немає обліку фізичних параметрів умов експлуатації в розрахункових залежностях, що в значно спотворює результати розрахунку нормативної потреби;

- застосування здебільшого методів прогнозування вимагає проведення тривалих випробувань з метою отримання необхідної інформації для розрахунку потреби в запасних частинах, що не дає можливості застосовувати їх на етапах проектування або введення в експлуатацію нових моделей спеціальних транспортних машин.

Отже, вельми актуальна проблема розробки методів прогнозування потреби в запасних частинах для силових агрегатів, елементів трансмісії та ходової частини спеціальних транспортних машин по енергетичним параметрам, це потребує вирішення цілого ряду теоретичних і практичних завдань.

## РОЗДІЛ 2

### ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПОТРЕБИ В ЗАПАСНИХ ЧАСТИНАХ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ З ТО І ПР СПЕЦІАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

#### 2.1 Математичний опис потреби в запасних частинах для проведення робіт з ТО і ПР спеціальних транспортних машин

За конкретними умовами експлуатації слід оцінювати спеціальних транспортних машин потребу в запасних частинах, оскільки вони визначають швидкість руху спеціальних транспортних машин, ступінь їх завантаження, витрату палива, швидкісний для навантаження режим роботи силових агрегатів, конструктивні особливості машини та її вузлів та агрегатів і т.п.

Експериментальні, аналітичні (розрахункові), розрахунково-статистичні методи застосовуються при оцінці потреби в ЗЧ.

Для визначення ресурсу деталей силових агрегатів, а потім і їх потреби в запасних частинах, виходимо з наступних передумов.

При роботі механізмів силових агрегатів усі деталі, що труться, схильні до зносу і розміри робочих поверхонь деталей ЦПГ, КШМ і зубів шестерень поступово змінюються до деякого граничного значення  $\delta_{np}$ , встановленого технічними умовами на ремонт, після досягнення якого вважаємо, що станеться відмова і, отже, подальша експлуатація не раціональна.

Процеси зношування деталей, що труться, включають явища механічного, фізичного і хімічного походження. Незважаючи на різноманіття тимчасових явищ, їх можна описати у рамках єдиної напівемпіричної теорії, що зв'язує швидкість зношування сполучень (деталей) силових агрегатів з діючим швидкісним для навантаження режимом, технологічними і експлуатаційними чинниками. Жодна з моделей цієї теорії не ставить метою пояснити або детально описати явища. Напівемпіричні моделі служать для вирішення

інженерних завдань, пов'язаних з оцінкою і прогнозуванням потреби в запасних частинах для транспортних засобів.

По суті, усі деталі беруть участь в процесі зменшення ресурсу силового агрегату транспортного засобу на заданому періоді експлуатації. У зв'язку з цим структурна модель силового агрегату виглядає так: приймаючи міру зношеності базових деталей, як початкові, встановлюють технічний стан усього агрегату. За допомогою побудованої моделі прогнозують або оцінюють потреби в запасних частинах для силового агрегату на встановлений термін. Вибираючи початковий ресурс силового агрегату, необхідно встановлювати ресурс деталі і надалі до переходу ресурсу силового агрегату.

Структурні моделі потреби в ЗЧ до силових агрегатів, елементів трансмісії та ходової частини включають напівемпіричні моделі ресурсу базових деталей і енергетичні витрати при виконанні транспортної роботи, оскільки в основі напівемпіричних моделей лежать результати достовірних емпіричних досліджень.

Ресурс силових агрегатів залежить, як відзначалося вище, значно залежить від частоти обертання колінчастого валу, та навантажувальних режимів на елемента трансмісії та ходової частини. Це також впливає на витрату палива. Якщо швидкісний режим руху спеціальних транспортних машин не змінюється взаємозв'язок між витратою палива та ресурсом силового агрегату, що значною мірою залежить від середнього ефективного тиску. Між швидкісним навантажувальним режимом вузлів та агрегатів ресурсом і витратою палива та середнім ефективним тиском в надпоршневому просторі існує певний функціональний зв'язок [1].

По сумарній витраті палива можна оцінювати за цей період часу такий взаємозв'язок що дозволяє висловити наступне припущення: при експлуатації автомобілів за витратою палива в певних умовах можна оцінювати ресурс силових агрегатів. Пробігу автомобіля відповідає сумарна витрата палива, відповідність витрати палива може означати повне вичерпання ресурсу силового агрегату. Таким чином, множиння лінійної витрати палива в л/100 км

на пробіг автомобіля, при якому силовому агрегату знадобиться капітальний ремонт, на сумарну витрату палива визначає повне вичерпання ресурсу силового агрегату, трансмісії та ходової частини. Ця величина для конкретного силового агрегату буде постійною. Наскільки збільшується витрата палива настільки зменшується ресурс двигуна і трансмісії при експлуатації автомобіля. В основу оцінки ресурсу деталей силового агрегату по сумарній витраті палива кладеться ця закономірність, це також визначення потреби в ЗЧ.

Для визначення ресурсу базових деталей груп АВС силового агрегату початкове рівняння повністю можна записати:

$$L = \frac{\delta_{np} \cdot V_a}{60 \cdot I} \text{ км}, \quad (2.1)$$

де  $L$  - пробіг до граничного значення деталей двигуна, км;

$\delta_{np}$  - граничне значення зносу, г;

$V_a$  - середня швидкість руху спеціальних транспортних машин, км/год;

$I$  - швидкість зношування деталей, г/хв.

Рівняння швидкостей зношування деталей груп В, С силових агрегатів відповідно [13]:

для силових установок

$$I_{ДВС} = \frac{C_D \sqrt[3]{V_h}}{L_{ЗД}} \left\{ \mu \cdot Q \cdot V_a (0.7 \cdot V_{\max} + B \cdot V_a) [1 + A_D \cdot \mu \cdot Q \cdot V_a (0.7 \cdot V_{\max} + B \cdot V_a)] + \left[ \frac{B_D \cdot q}{1 - C_D \cdot q} \right]^2 \right\}, \text{Г/ХВ}$$

для коробки передач

$$I_{КП} = \frac{C_K \sqrt[3]{V_h}}{L_{ЗД}} \left\{ \mu \cdot Q \cdot V_a (0.7 \cdot V_{\max} + B \cdot V_a) [1 + A_K \cdot \mu \cdot Q \cdot V_a (0.7 \cdot V_{\max} + B \cdot V_a)] + \left[ \frac{B_D \cdot q}{1 - C_E \cdot q} \right]^2 \cdot 10^{-3} + \frac{D_K}{V_a} \right\}, \text{Г/ХВ} \quad (2.2)$$

для редуктора ведущого моста

$$I_P = \frac{C_P \sqrt[3]{V_h}}{L_{3Д}} \{ \mu \cdot Q \cdot V_a (0.7 \cdot V_{\max} + B \cdot V_a) [1 + A_P \cdot \mu' \cdot Q \cdot V_a (0.7 \cdot V_{\max} + B \cdot V_a)] + \left[ \frac{B_P \cdot q'}{R - 10^{-4} \cdot q' \cdot V_a} \right]^2 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - D \cdot V_a^3) \}, \text{Г/ХВ} \quad (2.3)$$

$$\text{де } \mu = \frac{6.3 \cdot \rho_T \cdot r_K}{A \cdot V_h \cdot V_{\max}^2 \cdot i_0 \cdot g_{e \min}}; \mu' = \frac{4.41 \cdot g_T \cdot r_K}{A \cdot V_h \cdot V_{\max}^2 \cdot i_0 \cdot g_{e \min}}; Z = 0.7 V_{\max}.$$

Розрахунковим шляхом можна визначити сумарний допустимий знос силових агрегатів, їх деталей і механізмів. Встановлено розрахункові значення зносу циліндрів, шийок колінчастого валу, зубів шестерень редуктора ведучого моста і коробки передач.

Основними початковими даними, які за допомогою коефіцієнтів використання наводяться до єдиного часу праці до їх першої заміни для розрахунку значень фактичних ресурсів деталей груп АВС спеціальних транспортних машин які експлуатуються. Потім число таких замін деталей обчислюється для кожної групи за ремонтний цикл і за рік експлуатації спеціальних транспортних машин. Це дає можливість, залежно від періоду експлуатації спеціальних транспортних машин, визначити необхідну потребу в заміні деталей відповідної групи. Необхідно відмітити, що спеціальні транспортні машини знаходяться в змішаному по пробігу і віку експлуатованих групах транспортних засобів. Облік зміни по віку і пробігу чисельному рухомому складу дозволяє встановити потребу в ЗЧ по усіх групах АВС щорічну (квартальну, місячну і тому подібне).

Це методологічна основа визначення необхідності в запасних частинах. Визначений ресурс деталей при розрахунку надійності спеціальних транспортних машин може бути початковими даними для визначення ЗЧ. При визначенні потреби деталей для кожного вузла, системи, агрегата спеціальних транспортних машин можна використовувати про ресурси деталей груп А і С статистичні дані.

Як відомо, в кожному подальшому ремонтному циклі транспортної роботи спеціальних транспортних машин міняються характеристики чисельних потоків заміन деталей. Тому за увесь термін служби спеціальних транспортних машин в першому наближенні необхідно знати до списання машини число ремонтних циклів  $T_a$ .

Формула визначення числа ремонтних циклів спеціальних транспортних машин

$$\Omega' = \frac{Q_a}{Q_{plk}} \leq \Omega, \quad (2.4)$$

де  $Q_a$  - сумарна до списання спеціальних транспортних машин витрата палива, л;

$\Omega$  - закруглене число ремонтних циклів спеціальних транспортних машин збільшене до найближчого більшого цілого числа;

$Q_{plk}$  - сумарна до першого ремонту спеціальних транспортних машин витрата палива, л.

Для кожній  $j$ -й деталі число замін можна вчислити по формулі, яка враховує увесь термін служби спеціальних транспортних машин:

$$F_i' = \frac{Q_{plk} \cdot K_i \cdot K_j \cdot \Omega'}{Q_{pj}} - 1 \leq F_j, \quad (2.5)$$

де  $K_i K_j$  - коефіцієнти використання в  $i$ -м агрегаті  $i$ -го вузла і  $j$ -й деталі;

$Q_{pj}$  - сумарна витрата палива, при якій вичерпано ресурс  $j$ -й деталі, л;

$F_j$  - число замін  $j$ - й деталі, яке закруглене до найближчого цілого значення.

В кожному ремонтному циклі визначають середнє число замін  $j$ -й деталі, які розраховуються по (2.4) і (2.5):

$$Y_i = \frac{F_j' + 1}{\Omega'} . \quad (2.6)$$

Тоді, в кожному ремонтному циклі номери  $F_j$  замін  $j$ -й деталі будуть розподілені з номером  $k = 1, 2, \dots, \Omega$  таким чином:

для  $k = 1$   $0 < f_j \leq Y_j$ ;

для  $k = 2$   $Y_j < f_j \leq 2Y_j$ ;

для  $k = \Omega$   $(\Omega - 1) Y_j < f_j \leq F_j$ .

В кожному ремонтному циклі буде визначений порядковий номер заміни  $j$ -й деталі за рівнянням

$$B_k = f_j - (k - 1) \cdot Y_j \quad . \quad (2.7)$$

Тут значення  $F_j$  приймають в інтервалі  $(k - 1)Y_j < F_j \leq k \cdot Y_j$

В інтервалі  $0.8 < Y < 0.95$  приймають коефіцієнт скорочення кожного ремонтного циклу спеціальних транспортних машин.

По формулі можна визначити сумарну витрату палива, коли знадобиться перша заміна деталі, що потрібно для обчислення часу заміни деталей

$$t_i^{(1)} = \frac{Q_{pj}}{Q_o \cdot K_u \cdot K_i \cdot K_j} \quad . \quad (2.8)$$

Тоді в кожному ремонтному циклі визначають термін заміни  $j$ - й деталі. При цьому враховуються умовний порядковий номер заміни деталі і зменшення тривалості транспортної роботи спеціальних транспортних машин в кожному подальшому ремонтному циклі. Використаємо формулу

$$t_{y,i} = t_j^{(1)} \cdot B_k \cdot C^{k-1} \quad . \quad (2.9)$$

Якщо з початку експлуатації спеціальних транспортних машин обчислювати періодичність замін, то після чергового капітального ремонту необхідно знати тривалість транспортної роботи спеціальних транспортних машин до початку її використання за призначенням. Сумарне скорочення попередніх ремонтних циклів враховують для визначення цієї величини через коефіцієнт

$$S_k = \frac{1 - C^{k-1}}{1 - C}. \quad (2.10)$$

Сумарний термін служби спеціальних транспортних машин із деталями, які замінюються,  $j$ -го найменування у випадку якщо  $Y_j > 1$ ,

$$t_{\Sigma,j} = t_j^{(1)} \cdot Y_j \cdot S_k = t_j^{(1)} A_k, \quad (2.11)$$

де  $A = Y_j \cdot S_k$ .

Тоді буде визначений періодичностями потік замін деталей  $j$ -го найменування

$$t_i^{(f_j)} = t_{\Sigma,j} + t_{o,j}, \quad t_i^{(1)} = (A_k + B_k C^{k-1}) \quad (2.12)$$

Термін служби до першої заміни  $j$ -й деталі перевищуватиме тривалість першого ремонтного циклу, у випадку якщо  $Y_j < 1$ . Потік замін таких деталей визначатиметься за формулою

$$t_i^{(f_j)} = t_i^{(1)} + f_j \cdot C^{f_j-1}. \quad (2.13)$$

у якому враховується не число ремонтних циклів, а скорочення терміну заміни деталей  $j$ -го найменування.

В циклі загальної витрати палива спеціальної транспортної машини, при розрахунку потреби запасних частин виконаємо перший крок, що визначає моменти замін деталей.

Необхідно враховувати для визначення потреби в ЗЧ не лише значення періодів замін, але і, відносно середніх періодів, характеристику розкиду значень можливих замін. Тому обчислюють, за наведеною формулою, середнє квадратичне відхилення тривалості роботи спеціальних транспортних машин до кожної чергової заміни  $j$ -й деталі

$$\sigma_i^{(f_j)} = \sigma_i^{(1)} \sqrt{f_j} \quad (2.14)$$

де  $\sigma_i^{(1)}$  отримують з врахуванням даних про тривалість роботи спеціальних транспортних машин до першої заміни кожної деталі. Рекомендується приймати  $\sigma_i^{(1)} = 0,25$  року в разі, якщо така інформація відсутня.

З урахуванням можливого терміну заміни  $j$ -й деталі підраховують щорічну потребу в запасних частинах  $j$ -го найменування для конкретної марки спеціальних транспортних машин. Нормальний розподіл терміну для заміни деталі можна вважати термін постановки спеціальних транспортних машин в ремонт зважаючи на багатofакторний вплив на ці деталі.

Шляхом інтеграції в межах  $m$ -го року експлуатації кривої розподілу терміну чергової заміни  $j$ - й деталі розраховують щорічну потребу:

$$\Delta\Phi_{m,j}^{(f_j)} = \frac{1}{\sigma_j^{(f_j)} \sqrt{2\pi}} \times \int_{m-1}^m e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{t-t_j^{(f_j)}}{\sigma_j^{(f_j)}} \right)^2} dt. \quad (2.15)$$

Величина  $z = \frac{t-t_j^{(f_j)}}{\sigma_j^{(f_j)}}$  в інтегралі (2.15) є квантилем нормованої величини терміну служби деталі до заміни  $t$ . Розрахувавши для усіх років експлуатації  $m = 1, 2, \dots, a$ , значення квантиля  $z$ , по таблиці інтегралів імовірності  $\Phi(z)$  можна визначити значення щорічної потреби у запасних частинах, як різницю інтегралів імовірності:

$$\Delta\Phi_{m,j}^{(f_j)} = \Phi\left(\frac{m-t_j^{(f_j)}}{\sigma_j^{(f_j)}}\right) - \Phi\left(\frac{m-1-t_j^{(f_j)}}{\sigma_j^{(f_j)}}\right). \quad (2.16)$$

Щорічна потреба для однієї спеціальної транспортної машини в межах  $k$ -го року експлуатації в  $j$ -й деталі по усіх замінах визначається сумою по усіх замінах

$$\Delta\Phi_{m,j}^{(f_j)} = \sum_{f_j=1}^{F_j} \Delta\Phi_{m,j}^{(f_j)}. \quad (2.17)$$

Потреба (за вартістю) у замінюваних деталях  $j$ -го найменування на спеціальну транспортну машину в поточному році її експлуатації визначається формулою

$$g_{m,j} = \omega_j \cdot n_{3j} \cdot \Delta\Phi_{m,j}, \quad (2.18)$$

де  $\omega_j$  - ціна  $j$ -й деталі, грн;

$n_{3j}$  - число деталей  $j$ -го типоміналу замінюваних одночасно.

Загальна потреба в ЗЧ на спеціальну транспортну машину в  $m$ -й рік експлуатації по усіх найменуваннях деталей вузлів та агрегатів визначається сумою

$$g_m = \sum_{j=1}^S g_{m,j}. \quad (2.19)$$

Потреба у ЗЧ, яка розрахована за виразом (2.19) щорічно росте до зняття з експлуатації спеціальної транспортної машини. Це зростання має експоненціальний характер.

Визначення потреби в запасних частинах передбачає встановлення потенційного ресурсу як силового агрегату, трансмісії, ходової частини в цілому, так і кожного вузла, агрегату, деталей окремо, а також стан деталей групи А, а саме прокладок, сальників і інших, що пов'язані з заміною зношених деталей-складанням-розбиранням.

Ресурсні відмови складають основну масу відмов, тому при аналізі рівня надійності трансмісії, ходової частини, силового агрегату та при визначенні потреби в ЗЧ основну увагу доцільно зосередити на відмовах, які найчастіше пов'язані зі зносостійкістю деталей трансмісії, ходової частини, силового агрегату.

Оцінка потреби в ЗЧ може ґрунтуватися на встановленні технічно обґрунтованої норми, яка забезпечує оптимальну ефективність виробництва, використання, ремонту та обслуговування силових агрегатів, трансмісії,

ходової частини та виготовлення ЗЧ, також зобов'язувала використовувати прогресивні методи ремонту і експлуатації агрегатів.

Для такого підходу має бути забезпечений економічний ефект з метою зацікавленості виробників у виробництві запасних частин та витратних матеріалів, організації експлуатації і проведення робіт з ТО і ПР спеціальних транспортних машин.

Тоді визначення потреби в ЗЧ в умовах військових частин та ремонтних підрозділів здійснюється тільки для внесення корективів у встановлені норми і те лише за результатами евристичного, статистичного прогнозу, або по реалізації запасних частин.

На практиці потреба в запасних частинах залежить від ряду організаційних і експлуатаційних чинників.

У кожному ремонтному підрозділі військової частини фактори поєднуються найрізноманітнішим чином. Від організації постачання запасними частинами, режимів і методів ТО, загального рівня організації ТО і ПР автомобілів, ремонтно-обслуговувального персоналу і кваліфікації водіїв та ін. залежить попит на ЗЧ та його зміну впродовж певного періоду.

Сукупність факторів, що впливають на витрату ЗЧ змінюється зі зміною умов експлуатації спеціальних транспортних машин. Це такі фактори, як ступінь використання вантажопідйомності спеціальних транспортних машин, шляхо-кліматичні умови, використання причепів, умови вантаження і вивантаження вантажів і т. д.

Методика визначення витрати ЗЧ силових агрегатів, елементів трансмісії та ходової частини застосовується шлях, який враховує одночасно сезонні умови і реальні шляхо-кліматичні умови, організацію вантажних перевезень, пробігу спеціальних транспортних машин, ступінь використання вантажопідйомності машин та ін.

Можна встановити технічний стан агрегатів, вузлів залежно від кількості витраченого палива на 100 км пробігу, також визначити необхідність в потребі в ЗЧ, яка під час зносу втратить експлуатаційні якості.

Для трансмісії, ходової частини, силових агрегатів прогнозування потреби в ЗЧ робиться на основі наявної інформації (кількість автомобілів в військовій частині, різномарочність спеціальних транспортних машин, регіони експлуатації таке інше, з початку експлуатації спеціальних транспортних машин сумарна витрата палива і середній возраст автомобілів за останній рік експлуатації на початок року, кварталу або місяця визначається за виразом

$$N_{зч} = \frac{0,01 \cdot Q_{mp} \cdot m_з \cdot K_в}{L_{зам}^H \cdot H_л}, \quad (2.20)$$

де  $Q_{mp}$  - сумарна на транспортну роботу витрата палива планованого періоду роботи спеціальних транспортних машин, л;

$m_з$  - норма витрати деталей на 100 спеціальних транспортних машин;

$L_{зам}^H$  - нормативне значення до відправки в капітальний ремонт або заміни ресурсу деталі, км;

$K_в$  - коефіцієнт, що враховує тривалість використання спеціальних транспортних машин;

$H_л$  - лінійна норма для I категорії умов експлуатації витрати палива, л/100 км.

Це рівняння (2.20) не відображає зміну надійності протягом тривалого періоду експлуатації спеціальних транспортних машин та рівень технологіко-конструкторських рішень по наявному рухомому складу ув військовій частині. Потреба в ЗЧ для трансмісії, силових агрегатів ходової частини спеціальних транспортних машин може коригуватися з урахуванням названих положень.

Це обумовлює введення в рівняння (2.20) коефіцієнту якості технологіко-конструкторських рішень по спеціальних транспортних машин, який визначається формулою

$$K_к = \frac{3,6 \cdot Q_{min} \cdot V_{max} \cdot t_p \cdot \rho_T}{100 \cdot G_n}, \quad (2.21)$$

де  $Q_{min}$  - витрата палива мінімальна, л/100 км;

$t_p$  - час розгону спеціальної транспортної машини до швидкості  
 $V_a = 60$  км/год;

$G_n$  - порожня вага спеціальної транспортної машини, кг

$\rho_T$  - питома вага палива, т/м<sup>3</sup>.

У табл. 2.1. приведені значення коефіцієнта якості конструкторсько-технологічних рішень по ряду моделей автомобілів КамАЗ.

Таблиця 2.1 - Значення коефіцієнта якості конструкторсько-технологічних рішень автомобілів КрАЗ

Марка автомобіля	КрАЗ-255	КрАЗ-260	КрАЗ-5233	КрАЗ-6322	КрАЗ-6446
Коефіцієнт	0,36	0,31	0,40	0,40	0,42

Потреба в запасних частинах, з урахуванням сказаного вище, для трансмісії, силового агрегату, ходової частини на майбутній період використання складе

$$N_{зч} = \frac{100 \cdot Q_{mp} \cdot m_3 \cdot H_l \cdot K_k}{L_{зам}^H \cdot H_{л1}^2 \cdot K_{к\ min}}, \quad (2.22)$$

де  $Q_{mp}$  - сумарна на транспортну роботу витрата палива під час планованого періоду роботи спеціальних транспортних машин, л;

$m_3$  - норма витрати ЗЧ на 100 спеціальних транспортних машин;

$L_{зам}^H$  - нормативне значення до заміни або відправлення в капітальний ремонт ресурсу деталі, км;

$H_{л1}^2$  - значення норми витрати палива мінімальне, л/100 км.

Значення коефіцієнта якості технолого-конструкторських рішень по для групи спеціальних транспортних машин знаходиться в діапазоні 0,31-0,32.

Сумарна на транспортну роботу витрата палива за планований період використання спеціальних транспортних машин визначається формулою

$$Q_{TP} = L_{ПЛ} \cdot H = L_{ПЛ} \cdot (H_0 + H_0 \cdot q_{cp} \cdot \gamma \cdot \beta), \quad (2.23)$$

де  $L_{ПЛ}$  - пробіг спеціальних транспортних машин на планований період, км;  
 $H_{\delta}, H_o$  - відповідно додаткова і основна норми використання спеціальних транспортних машин;

$q_{cp}$  - середня вантажопідйомність спеціальних транспортних машин, тони;  
 $\beta, \gamma$  - коефіцієнти використання до пробігу і вантажопідйомності, відповідно.

Для порожньої спеціальної транспортної машини основна норма витрати палива розраховується за виразом [13]

$$H_o = (K_1 / V_a + K_2 \cdot V_a^2) \cdot Q_l / 100 \text{ км}, \quad (2.24)$$

де  $K_1, K_2$  - постійні для конкретної моделі спеціальних транспортних машин коефіцієнти;

$V_a$  - середня технічна швидкість спеціальних транспортних машин, км/год.

Витрата палива - додаткові норми на перевезений вантаж для дизельних та бензинових спеціальних транспортних машин розраховується за виразами

$$H_{\delta}^{\delta} = 0,64 \cdot V_{\max} / V_a. \quad (2.26)$$

$$H_{\delta}^{\kappa} = 1,12 \cdot V_{\max} / V_a; \quad (2.25)$$

Значення коефіцієнта числові визначаються за виразом

$$K = (A_{\kappa} \cdot K_c \cdot V_{\max} \cdot i_{КП} + B_{\kappa} \cdot K_c^2 \cdot V_{\max}^2 \cdot i_{КП}^2 + 0,01 \cdot C_{\kappa} \cdot G_o \cdot V_{\max}) / \eta_i, \quad (2.27)$$

де  $A_{\kappa}, B_{\kappa}, C_{\kappa}$  - постійні коефіцієнти спеціальних транспортних машин;

$i_{КП}$  - передатне число передачі КП прямої або такої, що підвищує.

Коефіцієнти  $A_{\kappa}, B_{\kappa}, C_{\kappa}$  розраховуються так:

для бензинових

$$A_{\kappa} = \frac{358 \cdot V_h \cdot i_0}{H_u \cdot \rho_T \cdot r_k} \quad B_{\kappa} = \frac{9 \cdot V_h \cdot S_{II} \cdot i_0^2}{H_u \cdot \rho_T \cdot r_k^2}; \quad C_{\kappa} = \frac{100}{H_u \cdot \rho_T \cdot r_k}; \quad (2.28)$$

для дизелів

$$A_{\kappa} = \frac{381 \cdot V_h \cdot i_0}{H_u \cdot \rho_T \cdot r_k} \quad B_{\kappa} = \frac{11 \cdot V_h \cdot S_{II} \cdot i_0^2}{H_u \cdot \rho_T \cdot r_k^2}; \quad C_{\kappa} = \frac{100}{H_u \cdot \rho_T \cdot r_k}; \quad (2.29)$$

де  $H_u$  - нижча теплота згорання палива (для дизельного палива  $H_u = 43$  МДж/кг, для бензину  $H_u = 44$  МДж/кг);

$\rho_m$  - щільність палива, для дизеля - 0,825, для бензину 0,74.

Значення постійного коефіцієнта для конкретної моделі спеціальної транспортної машини визначається по формулі

$$K_2 = 0,077 \cdot C_{\kappa} \cdot F / \eta_i. \quad (2.30)$$

На основі значень швидкісного режиму роботи спеціальних транспортних машин та пробігу з початку використання базується перспективний метод прогнозування потреби в ЗЧ та витратних матеріалах для трансмісії, силових агрегатів, ходової частини. Кількість ЗЧ в цьому разі визначається по формулі

$$N_{зч} = \frac{m_3 \cdot A_{сн} \cdot K_e \cdot \sqrt{1 + \gamma \cdot \beta}}{152 \cdot K_o}. \quad (2.31)$$

По відкритій категорії у посвідченні водія може бути встановлена кваліфікація водіїв.

Значення коефіцієнта кваліфікації водіїв представлено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Оцінка кваліфікації водіїв

Категорія транспортних засобів	Значення $K_{вод}$
В, С – транспортні засоби в яких кількість сидячих місць не перевищує восьми та які призначені для перевезення вантажів	0,8
В, С, Б – транспортні засоби, які призначені для перевезення вантажів і пасажирів	0,9
В, С, Б і Е – транспортні засоби, які призначені для перевезення пасажирів, транспортування грузів та транспортні засоби з тягачами	1,0

2.2 Обґрунтування зміни потреби в ЗЧ та витратних матеріалах для виконання робіт з ТО та ПР залежно від зовнішніх умов експлуатації спеціальних транспортних машин

В процесі тривалої експлуатації спеціальних транспортних машин зустрічається велике різноманіття експлуатаційних і технологічних чинників, вони викликають зношування сполучень, яке у декілька разів приводить до підвищення попиту на ЗЧ.

Зміна потреби в ЗЧ показана на рис. 2.1 і 2.2. Як бачимо зміну чисельності ЗЧ до двигунів і трансмісії спеціальних транспортних машин залежно від середнього ефективного тиску в надпорошковому просторі та середньої швидкості руху та при русі на різних передачах в КПП. Найменша потреба в ЗЧ для двигунів та трансмісії, як видно з рисунків, спостерігається при русі спеціальних транспортних машин на вищих передачах, тоді як рух на першій передачі викликає найбільшу потребу у ЗЧ. Можна відмітити, що кожній передачі КПП відповідає така швидкість руху спеціальних транспортних машин при якій найменша потреба в ЗЧ.

Визначимо швидкість руху спеціальних транспортних машин, при якій буде найменшою потреба в ЗЧ до двигунів та трансмісії. Якщо двічі продиференціювати рівняння швидкості зношування пар сполучень трансмісії або двигуна силової установок (2.3-2.5) по середній швидкості руху спеціальної транспортної машини та прирівняти їх до нуля, можна отримати рівняння передатного числа КПП трансмісії, що має два комплексно зв'язаних рішення і одне дійсне рішення.

Для вирішення кубічного рівняння можна використувати формулу Кардано при цьому враховуємо тільки дійсне рішення, тоді отримаємо

$$i_{cp} = \frac{z_k}{0,7 \cdot 10^{-2} \cdot V_{max}} \cdot \sqrt{\frac{1}{V_n \cdot \eta_{TP}} \left( \frac{0,14 \cdot k_r \cdot V_{max} \cdot V_a^3}{G_a} - 3,85 \cdot k \cdot F \right)}. \quad (2.32)$$

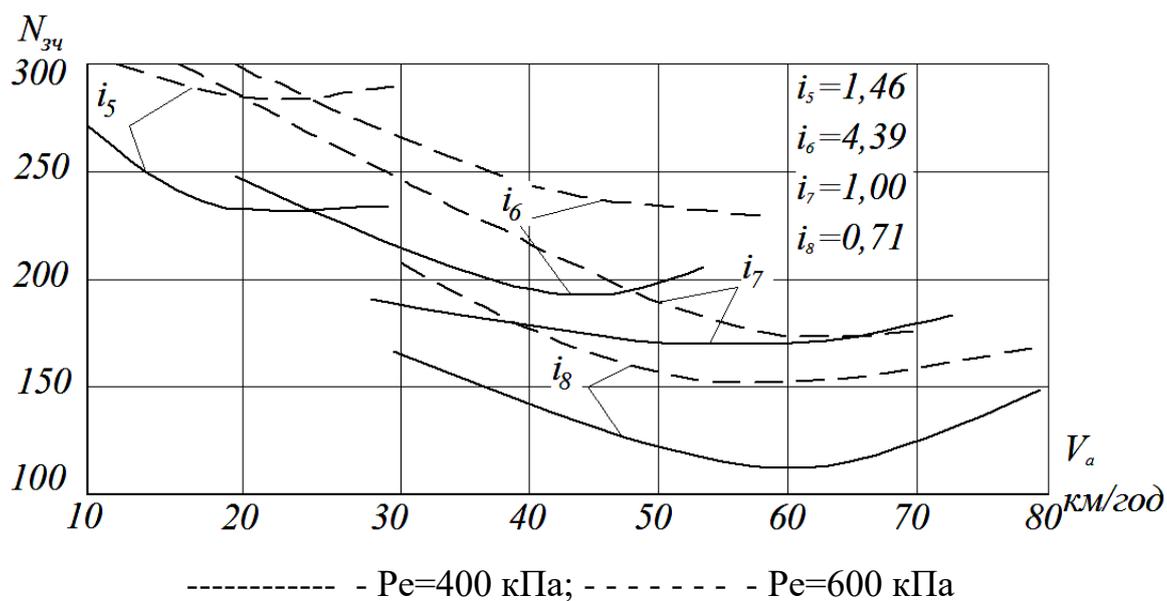
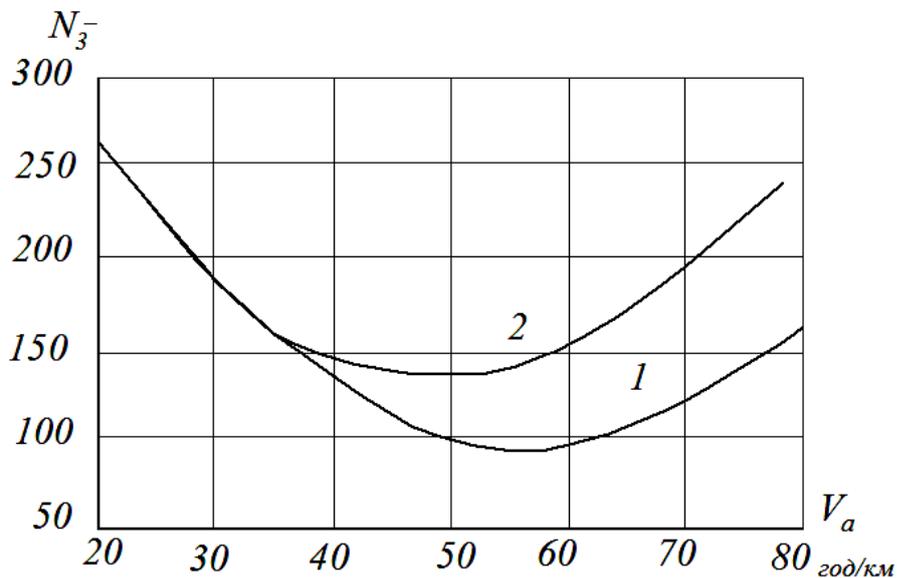


Рисунок 2.1 - Зміна потреби в запасних частинах до силових агрегатів спеціальної транспортної машини на базі КрАЗ-6322 при постійному навантаженні залежно від швидкості руху на різних передачах



1 - за наявності обтічника над кабіною; 2 - за відсутності обтічника

Рисунок 2.2 – Зміна витрати ЗЧ для двигуна спеціальної транспортної машини на базі КрАЗ-6322

Потреба в ЗЧ до двигунів силових агрегатів спеціальних транспортних машин, як виходить з отриманого рівняння, певною мірою залежить від головної передачі, її передатного числа. Найменша потреба в ЗЧ спостерігається при збільшенні передатного числа також при найменших швидкостях руху спеціальних транспортних машин. При призначенні умов експлуатації спеціальних транспортних машин це необхідно враховувати, особливо тому що вони мають різні значення передатного числа головної передачі.

Спеціальні транспортні машини, на яких перед коробкою передач встановлені ділянки, мають декілька значень швидкостей руху, при яких найменша потреба в ЗЧ спостерігається. При збільшенні передатного числа ГП на 18 %, швидкість руху спеціальних транспортних машин, при якій найменшою буде потреба в ЗЧ, зменшиться на 9...11 %.

Від радіуса кочення колеса також залежить потреба в ЗЧ. З аналітичних залежностей швидкості зношування пар сполучень силової установки або трансмісії можна бачити, що радіус кочення входить у рівняння визначення постійних коефіцієнтів для спеціальних транспортних машин. Зі зменшенням радіусу кочення, як показують розрахунки, навіть на 10% внаслідок зносу протектора або зменшення тиску повітря в шині збільшується на 8,9% потреба в ЗЧ.

Від технічного стану вузлів, агрегатів трансмісії також силової передачі залежить коефіцієнт корисної дії трансмісії. Для різних спеціальних транспортних машин він змінюється в межах 0,79...0,92, а ККД трансмісії в залежності від технічного стану спеціальної транспортної машини може змінюватися на 11...17%.

Потреба в ЗЧ знижується на 5...7% при збільшенні ККД трансмісії на 10%. Таким чином, при справному стані трансмісії спеціальних транспортних машин, та при використанні необхідних мастильних матеріалів потреба в ЗЧ до двигунів спеціальних транспортних машин знижується.

При русі спеціальних транспортних машин на високів швидкості частина

потужності двигуна на подолання опору повітря витрачається. Це обумовлює на силові агрегати додаткове навантаження.

Як добуток коефіцієнту опору повітря на лобову площу  $F$  спеціальних транспортних машин визначається фактор обтічності. З наведеного рівняння знаходимо коефіцієнт опору повітря:

$$K = \left[ \frac{\rho \cdot T_0 \cdot P}{(253 + t) \cdot \rho_0} \right] \cdot C_k \quad (2.33)$$

де  $\rho_0$  – щільність повітря, приймаємо  $\rho_0 = 0,125 \text{ кг} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4$ ;

$T_0$  – температура повітря, приймаємо  $T_0 = 288 \text{ К}$ ;

$C_x$  - безрозмірний аеродинамічного опору коефіцієнт;

$t$  – поточна температура повітря, °С.

В межах 0,075...0,100 знаходиться коефіцієнт опору повітря спеціальних транспортних машин.

Щільність повітря, відповідно і сила опору повітря, взимку, коли температура знижується до  $t = -24 \text{ °С}$ , на 18% більше, ніж при стандартній температурі  $t_{\text{н}} = 15 \text{ °С}$ . При цьому вона на 6% нижче влітку, при збільшенні температури до  $t = 30 \text{ °С}$ . Ці зміни доцільно враховувати при розрахунку потреби в ЗЧ.

Зміна тиску повітря в межах 738...779 мм.рт.ст. майже не впливає на величину  $\rho/\rho_0$ , її можна прийняти незмінною.

Залежно від силуету і форми кузова для спеціальних транспортних машин коефіцієнт  $C_x$  аеродинамічного опору знаходиться в межах 0,6...0,8.

Резервом зниження потреби в ЗЧ до двигунів силових агрегатів, трансмісії та ходової частини можна вважати поліпшення аеродинамічних якостей автомобіля.

При зниженні для спеціальних транспортних машин коефіцієнту опору  $C_x$  від 0,7 до 0,5 в ЗЧ потреба по двигуну і трансмісії знижується майже на 20%.

Зростає висота спеціальних транспортних машин при перевезенні контейнерів або великогабаритних вантажів, це призводить до збільшення

потреби в ЗЧ, оскільки збільшується опір повітря.

При переміщенні спеціальних транспортних машин з високими швидкостями руху (більше 60 км/ч) над кабіною машини для зменшення аеродинамічного опору встановлюють обтічники, що знижує потребу в ЗЧ для двигунів силових агрегатів, трансмісії та ходової частини до 14%.

Зміна потреби в ЗЧ до трансмісії, ходової частини двигунів силових агрегатів спеціальних транспортних машин КрАЗ показано на рис. 2.2, враховуються різні значення коефіцієнта обтічності  $k_F$ , які отримано розрахунковим шляхом.

Бачимо, що при малих швидкостях руху до 40 км/год потреба в ЗЧ не залежить від фактора обтічності (рис. 2.2) і її не враховують.

При великих більш 60 км/год швидкостях руху спеціальних транспортних машин потреба в ЗЧ збільшиться на 9...14% залежно від фактору обтічності, це необхідно враховувати при перевезенні вантажів.

Швидкість руху автомобіля значно впливає на потребу в ЗЧ до трансмісії, ходової частини, двигуна силової установки.

При збільшенні швидкості руху спеціальних транспортних машин, потреба в ЗЧ спочатку зменшується, а потім збільшується. Оскільки частота обертання колінчастого вала зменшується на 1 км шляху, але при цьому зростає середній ефективний тиск в циліндрах двигуна, збільшується крутний момент для подолання опору повітря.

На малих швидкостях руху при збільшенні навантаження на ходову частину машини швидкість зношування пар сполучень силових агрегатів зростає, це призводить до росту потреби в ЗЧ до трансмісії і двигуна.

При русі спеціальних транспортних машин за швидкістю  $0,6...0,7 V_{\max}$  найменша потреба в ЗЧ до трансмісії і двигуна.

В цілому спостерігається найменша потреба в ЗЧ при русі спеціальних транспортних машин з урахуванням їх завантаження з оптимальною швидкістю руху, яка розраховується за формулою:

$$V_{onm} = \sqrt[3]{z \cdot G_a} \quad (3.34)$$

де  $z = \frac{[V_h \cdot \eta_{TP} \cdot r_k \cdot (0,7 \cdot 10^{-2} \cdot i_k \cdot V_{max})^2 + 3,85 \cdot k \cdot F]}{0,14 \cdot k_T \cdot V_{max}}$  - постійний коефіцієнт

для конкретної спеціальної транспортної машини.

Залежність потреби в ЗЧ до трансмісії, двигуна, ходової частини спеціальних транспортних машин в залежності від завантаження показані на рис. 2.3.

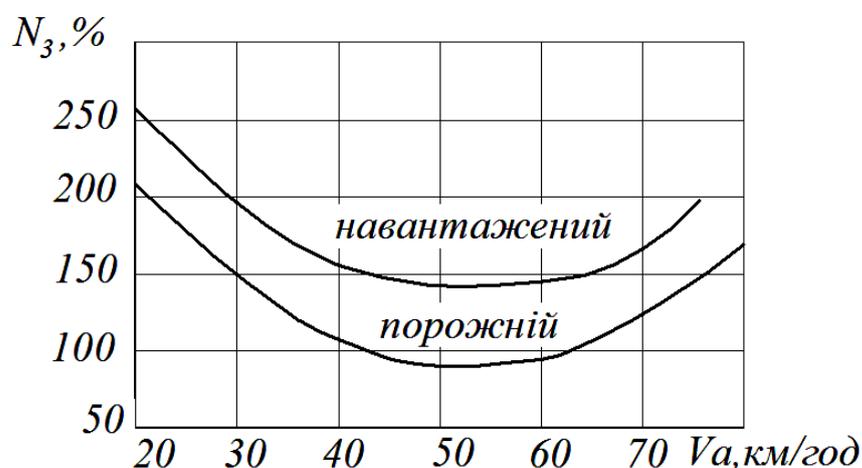


Рисунок 2.3 - Зміна потреби в ЗЧ до двигунів спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322 від швидкості руху та маси машини

При швидкості руху спеціальних транспортних машин більше  $0,6 \dots 0,7 V_{max}$  потреба в ЗЧ до трансмісії, двигуна, ходової частини збільшується, ніж при меншій швидкості.

Але потреба в ЗЧ до ходової частини, двигуна і трансмісії спеціальних транспортних машин при зменшенні швидкості також збільшується.

В ЗЧ до ходової частини, двигуна і трансмісії потреба збільшується, якщо швидкість машини 20 км/год, майже в 3,5 рази в порівнянні з потребою в ЗЧ при швидкості спеціальних транспортних машин 50...60 км/ч.

Таким чином, для зниження потреби в ЗЧ, збільшення ресурсу ходової частини, силових агрегатів, трансмісії, забезпечення безпеки руху та паливної економічності доцільно рухатись зі швидкістю  $0,55 \dots 0,72 V_{max}$ .

Якщо рухатися з максимальною швидкістю потреба в ЗЧ до трансмісії, ходової частини і двигуна збільшується в 1,4...2,2 рази.

Таким чином, зниження потреби в ЗЧ можна домогтися при правильному виборі швидкості руху спеціальних транспортних машин до двигуна і трансмісії., в першу чергу це стосується ходової частини, двигуна та трансмісії.

Маса автомобіля впливає на потребу в ЗЧ до ходової частини, трансмісії та двигуна. Розглянемо як саме.

Збільшенням маси спеціальних транспортних машин обумовлює збільшення потреби в ЗЧ до ходової частини, трансмісії і двигуна, також спостерегається зсув зони найменшої потреби в ЗЧ до ходової частини, силових агрегатів, трансмісії в сторону більших значень швидкості руху.

Оскільки зі збільшенням маси спеціальних транспортних машин змінюється на 1 км шляху частота обертання колінчастого вала двигуна та збільшується середній ефективний тиск в циліндрах двигуна.

Використання спеціальних транспортних машин з великим завантаженням можливо на дорогах з мінімальним коефіцієнтом сумарного дорожнього опору.

Таким чином, в процесі використання спеціальних транспортних машин можна знизити потреби в ЗЧ до ходової частини, трансмісії і двигуна завдяки вибору в співвідношення швидкості руху спеціальних транспортних машин, маршрутів по дорогах з якісним покриттям, маси машини.

В процесі використання за призначенням спеціальних транспортних машин працездатність їх вузлів та агрегатів відновлюють послідовної заміною або відновленими, або новими деталями. Одночасно, і інструментом, і базою резервування надійності спеціальних транспортних машин є запасні частини, оскільки мають місце нерівномірність агрегатів, вузлів, деталей.

У цьому зв'язку доцільно ґрунтуючись на обліку характеристик, що впливають на витрату ЗЧ, експлуатаційних, технологічних та конструктивних показників розробити методи розрахунку чисельності та номенклатури ЗЧ, які знаходяться в ремонтному підрозділі, також методи прогнозування їх потреби на визначений період часу виходячі зі швидкості зношування.

Запропоновано методи оцінки потреби в ЗЧ до ходової частини, силових агрегатів та трансмісії спеціальних транспортних машин, які відрізняються від існуючих принципово. Запропоновано підхід, що при оцінці потреби в ЗЧ враховує ступінь використання вантажопідйомності машин, атмосферно-кліматичні, дорожні, транспортні умови, умови навантаження та розвантаження, культуру використання спеціальних транспортних машин, швидкість руху машин, якість конструювання та виготовлення і т.п.

Потреба у ЗЧ встановлюється, залежно від умов використання спеціальних транспортних машин, для умов експлуатації при яких виконувався розрахунок. Для формування потрібної чисельності та номенклатури ЗЧ доцільно застосовувати показники зміни ресурсу вузлів та агрегатів в міському і магістральному циклах при різному навантаженні.

Зміну потреби в ЗЧ характеризують ці показники залежно від швидкісного та навантажувального режимів роботи спеціальних транспортних машин. Можна відмітити, що кількість факторів, які впливають на витрату ЗЧ для проведення робіт з ТО і ПР, дуже велике. Розрахунково-статистичний метод покладений в основу формування чисельності та номенклатури ЗЧ.

За допомогою аналізу роботи спеціальних транспортних машин проводиться оцінка потреби в ЗЧ, при цьому враховуються умови експлуатації. Це дозволяє в конкретних умовах визначити вплив особливостей роботи ходової частини, силових агрегатів та трансмісії на зміну чисельності та номенклатури ЗЧ.

Дослідно-експериментальний метод можна застосовувати тоді, коли в військовій частині використовується невелика кількість спеціальних транспортних машин конкретної моделі, в цьому випадку через відсутність даних про потребу в ЗЧ не застосовується розрахунково-статистичний метод.

Аналітичний метод визначення номенклатури та чисельності запасних частин, якій пропонується, відрізняється тим, що аналітичні вирази математичної моделі базуються на темпі зношування елементів трансмісії, силових агрегатів, ходової частини, це враховує при виконанні транспортної роботи індивідуальні особливості водія, енергетичні витрати силової установки,

технічний стан конкретної моделі спеціальних транспортних машин.

Кількість витраченого двигуном палива при виконанні транспортній роботі еквівалентна потребі в ЗЧ, що встановлюється за рівнянням

$$N_3 = \frac{0,01 \cdot H_l \cdot l_{cc} \cdot (1,045 - 0,003 \cdot t_g) \cdot n_3 \cdot D_{pn} \cdot \alpha_m}{Q_c \cdot K_p} \quad (2.35)$$

де  $H_l$  - норма витрати палива лінійна, л/100 км;

$l_{cc}$  - пробіг автомобіля середньодобовий, км;

$t_g$  - температура навколишнього повітря, °С;

$n_3$  - кількість, встановлених на спеціальних транспортних машинах, деталей одного найменування;

$K_p$  - коефіцієнт обліку витрати ресурсу сполучень;

$D_{pn}$  - дні діяльності військової частини в році, дні;

$\alpha_m$  - технічної готовності коефіцієнт;

$Q_c$  - сумарна, еквівалентна ресурсу деталей або ЗЧ, витрата паливал.

Для спеціальних транспортних машин потреба в ЗЧ ґрунтується на роботі машини в визначених умовах експлуатації, враховуючі вантажно-швидкісний режим. Відмічено, що визначення середнього ефективного тиску відбувається при мінімальній питомій витраті палива ( $g_e = g_{e\min}$ ), а швидкість руху спеціальних транспортних машин прийнята  $V_{\text{СТМ}} = 0,7V_{\text{max}}$ , тобто рівною крейсерській. Найбільшому ресурсу агрегатів, вузлів і деталей відповідають ці умови.

Тоді сумарна витрата палива спеціальних транспортних машин за весь період використання агрегату, деталі, вузла складає

$$Q_c = \frac{AL_H \cdot V_{\text{max}}^2 \cdot q_{e\min}}{V_h \cdot \eta_{mp}} \cdot (0,011 \cdot G_{II} + 0,003 \cdot kF \cdot V_{\text{max}}^2) \quad (2.36)$$

де  $A$  - для даній спеціальній транспортній машині постійний коефіцієнт;

$V_{\text{max}}$  - швидкість руху спеціальних транспортних машин найбільша, км/год;

$V_h$  - об'єм двигуна, л;

$g_{emin}$  - питома витрата палива найменша, г\*кВт/год;

$\eta_{mp}$  - ККД трансмісії;

$G_n$  - вага порожньої машини, н;

$k_F$  - фактор обтічності машини, н\*м<sup>2</sup>.

Розрахунок оптимальної чисельності та номенклатури ЗЧ один з важливих інструментів оптимізації розміру замовлення ЗЧ конкретного найменування.

На мінімізації витрат на збереження ЗЧ, що прямо пропорційно кількості необхідних ЗЧ, та витрат на складання замовлення, засновано визначення економічно доцільного розміру замовлення чисельності та номкнклатури ЗЧ, таким чином, загальні витрати складуть

$$C_{заг} = C_p + C_x + C_3, \quad (2.37)$$

де  $C_{заг}$  - за певний період часу сумарні витрати, грн.;

$C_p$  - на розміщення замовлення витрати, грн.;

$C_x$  - на зберігання ЗЧ витрати, грн. ;

$C_3$  - на закупівлю ЗЧ витрати, грн.

Формула (2.36) у розгорнутому вигляді буде наступною

$$C_{заг} = \frac{Z_3 \cdot N_3}{q} + \frac{Ц_3 \cdot r \cdot q}{2} + N_3 \cdot Ц_3 \quad (2.38)$$

де  $Ц_3$  - на розміщення і виконання замовлення витрати, грн. ;

$q$  - одноразової партії деталей розмір;

$r$  - на зберігання запасних частин процентна ставка;

$Q''_3$  - одиничної закупаваної деталі ціна, грн.

В пошуку значення функції (мінімального) шляхом дослідження полягає завдання визначення розміру (оптимального) поставки ЗЧ, який відповідає мінімальним затратам. Похідну функції при дослідженні залежності на визначеному інтервалі  $(0; L_{kp})$  і здійснюючі диференціювання її за розміром поставки ( $q$ ) (одноразової) даного найменування деталі, отримаємо у вигляді

$$C'_{\text{заг}} = \frac{Z_3 \cdot N_3}{q^2} + \frac{r \cdot Ц_3 \cdot q}{2} + 0 \quad . \quad (2.39)$$

Точка, де перша похідна дорівнює нулю, стаціонарна, а перша похідна має рішення, тоді можна стверджувати про знаходження екстремальної точки. В цьому випадку рівняння (2.39) буде мати вигляд

$$-\frac{Z_3 \cdot N_3}{q^2} + \frac{r \cdot Ц_3}{2} = 0 \quad . \quad (2.40)$$

Мінімум витрат, точка екстремуму функції і оптимальна кількість ЗЧ необхідних для транспортної роботи спеціальних транспортних машин, буде знаходитися в точці  $q_{\text{опт}}$  на визначений період роботи. Отримаємо значення  $q$  вирішуючи рівняння (2.40)

$$q_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{2 \cdot Z_3 \cdot N_3}{r \cdot Ц_3}} \quad (2.41)$$

Обмеження використання формули (2.41) полягає у безперервності та дифференцируемості на ділянці  $(0; L_{kp})$  функції витрат. На конкретний період вирішуватиметься знаходження ЗЧ – номенклатури та чисельності. У функції витрат можуть з'явитися точки розриву першого роду, якщо змінити алгоритм розрахунку. Не підлягає диференціюванню така функція.

В пошуку мінімальних витрат на кожному між точками розриву з інтервалів та в самих точках полягає рішення завдання. Цей метод є методом перебору значень, а не дослідженням функції. Враховуючи період роботи спеціальних транспортних машин та зовнішні умови експлуатації машин, оптимальна партія ЗЧ за групами складе

$$q_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{0,02 \cdot Z_3 \cdot H_{\text{л}} \cdot l_{\text{сг}} (1,045 - 0,003 t_B) n_3 D_p \alpha_m}{r \cdot Ц_3 \cdot Q_c \cdot K_p}} \quad , \quad (2.42)$$

де  $D_p$  - період роботи спеціальних транспортних машин, планований, дн.

Раціонально розраховувати показники активності використання ЗЧ для визначення їх потреби на складах ремонтного органу.

Показник активності (комплексний) ЗЧ  $A_k^t$  складається з попиту (S) та коефіцієнту активності поставок (q) для який-небудь ЗЧ в t-м інтервалі експлуатації спеціальних транспортних машин, для розрахунків використовуються формули:

$$A^t(q)_k = \sum_{i=1}^k \gamma^t(q) \cdot M^t(q)ik \quad , \quad (2.43)$$

$$A^t(S)_k = \sum_{i=1}^k \gamma^t(S) \cdot M^t(S)ik \quad , \quad (2.44)$$

де  $M^t(q)ik$ ,  $M^t(S)ik$  - пріоритет по i-й деталі k-го агрегату, системи відповідно процесам витрати і поставок;

$\gamma^t(q)i$ ,  $\gamma^t(S)i$  - коефіцієнти характеристики поставок і витрати відносної значимості i-й деталі.

Процеси витрат і поставок ЗЧ, як показав аналіз виразу комплексного показника, описується наступними характеристиками, як середньозважений інтервал ( $\bar{U}q$  і  $\bar{U}s$ ), об'єм ( $q, s$ ), частота ( $n_q, n_s$ ). Пріоритет конкретної деталі, щодо інших деталей, залежить від величини об'єма і частоти поставок конкретної деталі, вузла, оскільки вона активніше використовується при проведенні робіт з ТО і ПР спеціальних транспортних машин, для  $\bar{U}q$  і  $\bar{U}s$  - зворотна залежність.

Сумі коефіцієнтів активності витрати і поставок ЗЧ дорівнює коефіцієнт активності в i-м ретроспективному інтервалі експлуатації спеціальних транспортних машин використання k-й деталі:

$$A_k^t = A^t(q)k + A^t(S)k \quad . \quad (2.45)$$

Комплексний коефіцієнт активності використання k-го агрегату, системи в ретроспективному періоді має вигляд:

$$Ak = \sum_t A_k^t \quad . \quad (2.46)$$

Оцінка інтенсивності використання ЗЧ для ТО і ПР спеціальних

транспортних машин є умовою для обґрунтованої оцінки ступеня ЗЧ ремонтними підрозділами і прийняття рішення по потребі в номенклатурі та чисельності ЗЧ.

Для цього слід застосувати коефіцієнт інтенсивності використання ЗЧ, який визначається як відношення кількості ЗЧ, які отримано зі складу, до отриманих зі складів ЗЧ за визначений період

$$K_{из} = \frac{Q}{O_c + P_p}, \quad (2.47)$$

де  $Q$  - витрата ЗЧ;

$O_c$  - початковий залишок ЗЧ;

$P_p$  - надходження ЗЧ.

Коефіцієнт  $K_{из}$  більш об'єктивно відображає використання ЗЧ протягом року, у порівнянні з коефіцієнтом оборотності.

Наближення величини  $K_{из}$  від нуля може показувати активізацію використання ЗЧ, але до певної межі це зростання можна вважати позитивним. Якщо  $K_{из}=1,0$  це означає повне задоволення потреб у ЗЧ або повне використання ЗЧ, що отримано зі складу.

Рівність  $K_{из}$  одиниці може означати повне використання ЗЧ які були на складі та надішли за певний період, але може виявитися ця кількість ЗЧ недостатньо для задоволення попиту, виникає дефіцит.

На момент планування необхідності в ЗЧ з урахуванням витрати палива рівняння (2.46) представимо наступним чином

$$K_{викор} = \frac{H_{лсс} B}{Q_{випр} \cdot (O_c + P_p)}, \quad (2.48)$$

де  $B = \frac{0,01(1,045 - 0,003t_B)n_3 D_p \alpha_m}{Q_c \cdot K_p}$  - для заданих умов експлуатації

спеціальних транспортних машин постійна складова.

Ефективність системи поставок ЗЧ, як впливає з рівняння (2.47), буде позитивною, якщо  $K_{викор} > 1,0$ . Це припустимо у випадку

$$O_c = \frac{H_{л'cc} B}{Q_{вирп}} - P_p \geq 1,0 \quad . \quad (2.49)$$

Надходження ЗЧ на склад ремонтного підрозділу за визначений проміжок часу використання спеціальних транспортних машин не повинно перевищувати

$$P_p \leq \frac{H_{л'cc} B}{Q_{вирп}} \quad . \quad (2.50)$$

Доцільно у цьому зв'язку використовувати за певний період коефіцієнт попиту ЗЧ

$$K_{\tilde{N}} = \frac{N_{сн} - \dot{I}p}{\tilde{N}} \quad (2.51)$$

де  $N_{зс}$  - попит на запасні частини за визначений період;

$P_p$  - надходження за плановий період ЗЧ.

### 2.3 Нормативно-методичне забезпечення попиту на запасні частини до транспортних засобів

Однією з головних задач в організації транспортної роботи спеціальних транспортних машин є забезпечення ЗЧ ремонтних підрозділів військових частин. На сьогоднішній день основними завданнями вдосконалення забезпечення запасними частинами є: збільшення поставки запасних частин підвищеного попиту; створення і розвиток товаропровідної мережі нового рівня; вдосконалення обліку, звітності та інформаційного забезпечення.

В умовах ринку безперебійне постачання запасними частинами підприємств галузі можна забезпечити з урахуванням вирішення поставлених завдань при системі розподілу, виробництва і планування.

Виділимо вузлові моменти зазначеної проблеми в порядку їх значимості. До них відносяться:

- планування попиту в ЗЧ;
- формування плану виробництва ЗЧ;

- організація системи постачання ЗЧ;
- управління обсягами поставок ЗЧ і організація складського господарства.

Нормативно-методичне забезпечення планування попиту в запасних частинах представляє собою комплекс методичних матеріалів з планування потреби, розрахунку норм витрати і запасу запасних частин спеціальних транспортних машин в експлуатуючих, ремонтних і постачальницьких організаціях, а також ряд нормативних документів.

Структура нормативно-методичного забезпечення включає в себе:

- методичні матеріали з нормування витрат запасних частин в експлуатуючих і ремонтних підрозділах;
- методики планування потреби в запасних частинах для ремонтних підрозділів і військових частин, а також визначення обсягів їх виробництва для автомобільних заводів і спеціалізованих заводів з виготовлення запасних частин;
- методи визначення номенклатури запасних частин і оборотного фонду деталей, вузлів, агрегатів автомобілів в військовій частині;
- норма витрат запасних частин, матеріалів та інструменту на технічне обслуговування, поточний та капітальний ремонт спеціальних транспортних машин;
- номенклатурні зошити запасних частин до спеціальних транспортних машин по маркам;
- нормативні документи з організації порядку погодження, затвердження і впровадження норм запасних частин;
- методичні матеріали з нормування запасів запасних частин спеціальних транспортних машин в ремонтних підрозділах і складах ЦАВТУ;
- нормативно-методичні матеріали з визначення періодичності та кількості технічних обслуговувань, поточних і капітальних ремонтів і термінів служби спеціальних транспортних машин і агрегатів;
- методичні матеріали з контролю і регулювання рівнів запасів

автомобільних запасних частин в ремонтних підрозділах, на складах і системи постачання.

Основою для планування потреби в запасних частинах для експлуатуючих і ремонтних військових підрозділів на даний час поки ще залишаються норми їх витрати [13].

Норма витрати запасних частин є розрахунковою величиною, рівною середній (очікуваній) потреби в елементах для забезпечення ремонтно-експлуатаційних потреб протягом певного часу.

Обґрунтованість норм визначається, по-перше, правомірністю вибору методу розрахунку норм, по-друге, достовірністю що вимагається вихідної інформації для їх розрахунку, по-третє, повнотою і точністю обліку найважливіших факторів, що впливають на витрату запасних частин.

Існуюча схема техніко-економічних норм і нормативів передбачає встановлення наступних норм витрати автомобільних запасних частин:

#### 1. Подетальні норми:

- раніше використовувалися на 100 автомобілів на рік, призначені для планування запасних частин та їх централізованого виготовлення;
- середньогалузеві на капітальний ремонт 100 автомобілів, призначені для визначення потреби ремонтних підрозділів в запасних частинах;
- середньогалузеві на поточний ремонт спеціальних транспортних машин на рік, призначені для визначення потреби ремонтних підрозділів в запасних частинах для ремонтно-експлуатаційних потреб.

Перераховані подетально-середньогалузеві норми витрат запасних частин встановлювалися з середніх норм і разом з ними складають збірку диференційованих норм витрат запасних частин на капітальний та поточний ремонт спеціальних транспортних машин даної марки [12,13].

#### 2. Вартісні норми

- раніше використовувалися середні норми на одну спеціальну транспортну машину в рік;
- середньогалузеві витрати на капітальний ремонт однієї спеціальної

транспортної машини;

- середньогалузеві норми запасних частин на 100 км пробігу на поточний ремонт однієї спеціальної транспортної машини;

- середньогалузеві по інтервалах пробігу однієї спеціальної транспортної машини.

Вартісні норми витрат запасних частин визначаються в грошовому вираженні для цілей планування собівартості вантажних перевезень, капітального ремонту спеціальних транспортних машин, централізованого розподілу фондів та контролю за економічним витрачанням запасних частин.

Існування подетальних і вартісних норм, віднесення запасних частин одночасно до двох категорій - інженерно-технічної (натурально-речової) та бухгалтерсько-облікової (вартісної) - при відсутності науково обґрунтованого підходу до питань вибору номенклатури та розрахунку числа запасних частин і в поєднанні з прийнятим порядком лімітування фондів на запасні частини від кількості експлуатованого рухомого складу без урахування його вікової структури та умов експлуатації нерідко призводить на практиці до невідповідності встановлюваних нормативів на запасні частини в вартісному вираженні і фактичної потреби у вузлах і деталях для ремонтно-експлуатаційних потреб.

Очевидним є те, що врахувати все це різноманіття факторів при розробці нормативів попиту в запасних частинах практично неможливо, та й не доцільно. Тому вплив на потребу в запасних частинах таких факторів, як умови вантажно-розвантажувальних робіт, кваліфікація ремонтно-обслуговуючого і водійського персоналу, режими і організація ТО, якість виконання робіт з ТО і ремонту приймається рівнозначними для всіх економічних регіонів і розташованих в них ремонтних підрозділів при нормуванні витрати запасних частин не враховуються. Тим більше негативний вплив цих факторів на витрату запасних частин може бути усунуто у військовій частині за рахунок вдосконалення останніх. Тому при розробці методів нормування витрат запасних частин необхідно враховувати фактори, що найбільш істотний вплив

на витрату запасних частин: дорожні та транспортні умови інтенсивності використання спеціальних транспортних машин, вантажно-швидкісний режим роботи, конструктивні параметри і технологічні особливості виготовлення деталей.

Розрахунок потреби запасних частин для ремонтного підрозділу, що обслуговується складом, виробляється на основі інформації (кількість спеціальних транспортних машин у військовій частині грапи машин, що обслуговуються, сумарна витрата палива з моменту початку експлуатації спеціальних транспортних машин і за останній рік експлуатації, середній вік спеціальних транспортних машин по модифікаціям, що мають вік 10 років і більше, кількість розукомплектованих, аварійних машин) на початок місяця, кварталу або року, виходячи з діючих норм витрат запасних частин на експлуатаційні потреби згідно реальним можливостям складу.

Номенклатура запасних частин, збережених на складі, повинна на 80...85% задовольняти потребу в різних деталях при виконанні робіт з технічного обслуговування і поточного ремонту в ремонтному підрозділі військової частини. Вона повинна бути відносно невеликий, що пов'язано з обмеженістю нормативу оборотних коштів складу та розмірами приміщення.

Усі вхідні в номенклатуру запасні частини, що зберігаються на складі, з вимог експлуатації спеціальних транспортних машин, видів виконуваних послуг і умов роботи ремонтних підрозділів, діляться за їх функціональним призначенням на три групи: А, В і С. До груп А і В відносяться запасні частини, необхідні для проведення робіт з технічного обслуговування і поточного ремонту спеціальних транспортних машин та усунення несправностей вузлів і механізмів, що забезпечують безпеку руху, охорону навколишнього середовища та економію паливо-мастильних матеріалів. До групи С відносяться запасні частини, які необхідні для проведення робіт з усунення несправностей спеціальних транспортних машин, крім номенклатури, яка входить в групи А і В.

Критерієм віднесення деталі до відповідної групи є коефіцієнт оборотності

$$K_o = \frac{K_z}{K_{ск}}, \quad (2.52)$$

де  $K_z$  - кількість деталей, які потребують заміни за певний період;

$K_{ск}$  - кількість деталей даного найменування, що пройшли через склад.

При  $K_o=1,5...5,0$  деталь відноситься до групи В, а при  $K_o$  більше 5,0 - до групи А або при менших значеннях  $K_o$  - до групи С. Процентний вміст груп А, В, С, що знаходяться на складі, і чисельні значення коефіцієнта  $K_o$  уточнюється в ремонтному підрозділі після початку експлуатації складу та постійно коригується. Зношені деталі (агрегати) в процесі виконання технічного обслуговування та усунення несправностей попередньо дефектів і повертаються для подальшого відновлення (при можливості). Номенклатура запасних частин груп А і В, наявних на центральному складі за заявкою військової частини, витрачається в основному через склад ремонтного підрозділу. В окремих випадках допускається видача запасних частин зі складу ремонтного підрозділу з урахуванням вартості доставки.

Індивідуальний підхід до визначення потреби в запасних частинах недоцільно використовувати по всіх деталях, вузлах спеціальних транспортних машин, так як зазвичай це пов'язане з великими витратами часу та праці. Тому доцільно виробляти подібний розрахунок тільки по тих деталях, вузлах і агрегатах, які грають найбільш важливу роль в підтримці технічного стану спеціальних транспортних машин. За АВС - аналізу все деталі, що утворюють запасні частини до ходової частини, силових агрегатів, трансмісії поділяються на три групи:

А - нечисленні, але найбільш затребувані запасні частини, на які припадає більша частина коштів (75-80%).

В - запасні частини, які є другорядними і затребувані в меншому ступені, ніж запчастини групи А. Зазвичай на придбання деталей групи В витрачається до 20%.

С - складають значну частину номенклатури всіх використовуваних запасних частин, але ці деталі недорогі, і на них припадає менша частина

вкладень в запаси (5%).

Відповідно розділенню на три групи затребуваних запасних частин використовують три різні стратегії управління потребою запасними частинами. Для деталей групи А ретельно визначаються кількість і види деталей. Залежно від умов попиту на запасні частини переглядається величина витрат по деталях групи А, встановлюється строгий контроль рівня попиту за даними позиціях.

Для деталей, що входять в групу В, визначаються економічні розміри попиту на деталі, момент повторної видачі. Щодо попиту на деталі здійснюється звичайний контроль і збір інформації для виявлення змін і внесення коригувань.

По запасних частинах групи С ніякі розрахунки не проводяться, потреба в деталях планується в загальному обсязі на один рік, реєструється поповнення запасних частин, облік їх рівня не ведеться. Перевірка наявності запасних частин визначається методом інвентаризації один раз на рік. Відповідно по деталях, вузлах груп А і В контроль попиту на запасні частини здійснюється за допомогою безперервної або періодичної системи обліку зовнішніх умов експлуатації рухомого складу. Оскільки 75% витрат припадає на 10.15% всіх запасних частин, то найбільш ретельний контроль виконується саме в їх відношенні.

Аналіз XYZ використовується для оцінки значущості запчастин залежно від частоти їх споживання в ремонтному підрозділі. Він дозволяє виявити групи деталей і комплектуючих, на які є постійний і стабільний попит в ремонтному підрозділі, витрата яких піддана коливанням, а також ті, витрата яких носить випадковий характер.

На основі аналізу формуються групи X, Y і Z.

X - деталі, споживання яких носить постійний характер або схильне випадковим і незначним коливанням, а тому з високою точністю піддається прогнозуванню. Питома вага цих деталей в загальній номенклатурі зазвичай не перевищує 50%. Ці матеріали при розрахунках показують найнезначніші коефіцієнти варіації споживання (0-10).

Y - деталі, попит на які або здійснюється періодично, або в плинні року

зростає або спадає. Прогнозування попиту на ці деталі має нижчу ступінь точності. Питома вага їх у загальному обсязі - 30%.

Z - деталі, за якими неможливо виявити закономірність в споживанні, тому прогнозування їх витрати теж практично неможливо. Ці ресурси становлять 15% всієї номенклатури споживаних в ремонтному підрозділі.

Основним критерієм, за допомогою якого можна віднести ЗЧ до тієї чи іншої групи є коефіцієнт варіації:

$$v = (\delta / n_{cp}) \cdot 100, \quad (2.53)$$

де  $v$  - коефіцієнт варіації споживання матеріальних ресурсів (чим він нижче, тим більш прогнозованим є споживання);

$\delta$  - середньоквадратичне відхилення, що б ступінь фактичної витрати матеріальних ресурсів у порівнянні з його середньою величиною в звітному періоді;

$n_{cp}$  - середня величина витрачання матеріалів за період.

Методика проведення XYZ-аналізу включає етапи:

- встановлюється середня витрата кожної деталі за ряд місяців або кварталів;
- розраховується середньоквадратичне відхилення попиту на ЗЧ від його середньої величини;
- розраховується коефіцієнт варіації по кожній деталі;
- деталі, вузли розташовуються в міру спадання коефіцієнта варіації;
- дані про кількість деталей підсумовуються і розподіляються по групах залежно від значень коефіцієнта варіації.

Таким чином, XYZ-аналіз є засобом прийняття рішень при плануванні попиту на запчастини. В результаті аналізу для деталей, які потрапили до групи X, рекомендується здійснювати закупівлі відповідно до запланованих потреб, які розраховуються на підставі індивідуальних норм витрати запчастин при технічному обслуговуванні та поточному ремонті спеціальних транспортних машин.

Відносно деталей, які потрапили до групи Y, можливе створення сезонних запасів відповідно до нормативів.

В групі Z матеріали повинні купуватися тільки в міру виникнення потреби в них. Створення запасів цих ресурсів вважається неприпустимим.

Основним критерієм роботи складу ремонтного підрозділу є комплексний критерій термін - якість - вартість. Термін - своєчасність поставки запасних частин, гарантується співвідношенням

$$n_k \geq \lambda_k^{\max}, \quad (2.54)$$

де  $n_k$  - пропускна здатність ремонтного підрозділу (продуктивність);

$\lambda_k^{\max}$  - максимальна інтенсивність заявок (спеціальних транспортних машин, які прибули на обслуговування).

Пропускна здатність складу без урахування часу на доставку з центрального складу визначається по формулі

$$n_k = \frac{f_1 \cdot t_c \cdot i}{f_2 \cdot T_0}, \quad (2.55)$$

де  $f_1$  - коефіцієнт використання часу зміни (0,8...0,95);

$t_c$  - тривалість роботи ремонтного підрозділу, год;

$i$  - кількість виконавців, чел.;

$f_2$  - коефіцієнт синхронізації роботи виконавців (0,85...0,9).

При виконанні в ремонтному підрозділі ремонту двигунів та інших агрегатів номенклатура запасних частин групи С може розширюватися. Крім того, рекомендована номенклатура коригується для кожного складу в залежності від фактичної потреби в запасних частинах, виходячи з умов роботи ремонтної зони та рівня забезпечення ремонтного підрозділу запасними частинами.

Кількість складів при обслуговуванні спеціальних транспортних машин визначається за формулою

$$N_{nk} = \frac{Q_z}{\sum_{i=1}^m q_i \cdot Q_{н.зч.}}, \quad (2.56)$$

де  $Q_z$  - сумарна кількість палива, витраченого на планований період експлуатації, т;

$q_i$  - кількість деталей  $i$ -го найменування, що зберігаються на складі, од .;

$m$  - загальна кількість найменувань деталей складу, од .;

$Q_{н.зч}$  - нормативний сумарний витрата палива при якому потрібно заміну деталі  $i$ -го найменування, л.

Облік потреби в запасних частинах для спеціальних транспортних машин ведеться щодня, щотижня, а також наростаючим підсумком за місяць, квартал, рік і весь період експлуатації спеціальних транспортних машин. Ведеться облік економії і перевитрати запасних частин за групами для конкретної моделі спеціальних транспортних машин, проводяться розрахунки з економічного стимулювання конкретних водіїв і механіків.

Розроблене нормативно - методичне забезпечення потреби в запасних частинах до спеціальних транспортних машин забезпечує можливість інтеграції всіх видів обліку забезпечення виробничої бази ремонтного підрозділу: бухгалтерського, статистичного та оперативно-технічного.

#### 2.4 Дослідження впливу умов експлуатації та технічного стану спеціальних транспортних машин на потребу в ЗЧ для проведення робіт з ТО і ПР

Теоретичні положення з прогнозування потреби в ЗЧ ходової частини, сполучень двигунів і трансмісій спеціальних транспортних машин потребує перевірки та проведення досліджень, які дозволяють оцінити в реальних умовах експлуатації адекватність математичної моделі прогнозування ЗЧ.

Розрізняють дорожні, експлуатаційні, лабораторні методи дослідження. Аналіз існуючих методів досліджень показує, що за лабораторними дослідженнями та даними експлуатаційних випробувань, можна отримати інформацію про якість і властивості процесів або об'єктів, які досліджуються. Під час експлуатаційних випробувань спеціальних транспортних машин накопичуються данні про износ, відмови, несправності вузлів та агрегатів, це основа для побудови фізичної моделі процесу, які досліджується.

За отриманими значеннями параметрів обчислюється ряд параметрів, необхідних для оцінки умов транспортної роботи спеціальних транспортних машин. Так, можна визначити швидкість руху спеціальних транспортних

машин, шляхом диференціювання - витрату палива, за пройденим шляхом - витрата палива на 100 км.

В якості об'єкта дослідження в роботі прийняті деталі циліндро-поршневої групи (ЦПГ) і кривошипно-шатунного механізму (КШМ) двигуна ЯМЗ-238ДЕ2.

У двигунах автомобілів КрАЗ-6322 використовуються деталі ЦПГ і КШМ різного ремонтного розміру, а вартість замінних деталей становить 20...35% від вартості агрегату [11].

Як правило, деталями, знос яких впливає на експлуатаційні показники ЦПГ і КШМ зазначених двигунів, є поршневі кільця, поршні, гільзи циліндрів, вкладиші підшипників колінчастого вала [15]. До 86% двигунів виходять з ладу через зношування деталей ЦПГ і КШМ.

При заміні деталей ЦПГ і КШМ двигунів потрібна велика трудомісткість ремонтних робіт і заміна також прокладок, сальників та інших дрібних деталей. Це викликає простої автомобіля КрАЗ-6322в ремонті і витрата запасних частин до силових агрегатів.

Показники надійності спеціальних транспортних машин та їх силових агрегатів прийнято визначати стосовно базової моделі. В якості базового агрегату прийнятий двигун ЯМЗ-238ДЕ2. Його встановлюють на багатьох моделях спеціальних транспортних машин.

Доводиться мати справу з великим числом факторів різного характеру і різним ступенем їх впливу на окремі властивості при розгляді надійності, а так само інших якісних характеристик спеціальних транспортних машин, агрегатів, вузлів та їх елементів.

Як об'єкт дослідження спеціальні транспортні машини, є погано організованою системою при впливі різних факторів, в якій виділити ступінь впливу певних факторів важко.

Статистичний метод дослідження таких систем є основним [15].

Статистичні методи дослідження ресурсу деталей силових агрегатів транспортних засобів більш доступні для реалізації, оскільки не вимагають зупинки великого числа працюючих машин, їх розбирання, збирання і для цілей

досліджень є цілком надійними, т.к. ґрунтуються на великому числі вимірів.

Застосування статистичних методів, особливо для дослідження ресурсів або строків заміни деталей силових агрегатів, є цілком виправданим і відповідає досліджуваним процесам [13].

Мета дослідження є отримання статистичної інформації та її обробка для визначення фактичної потреби в ЗЧ та надійності ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин в різних умовах експлуатації, також для перевірки працездатності розробленого методу прогнозування потреби в ЗЧ.

Етапи для здійснення статистичного дослідження:

- формулювання та виявлення основних вимог до статистичної інформації та методики її збору;
- вибір методики обробки статистичної інформації;
- аналіз отриманих результатів.

Основним джерелом визначення статистичної інформації про причини і характер відмов, знос і ресурсі сполучень силових агрегатів спеціальних транспортних машин, потреби в ЗЧ до них, є підконтрольна експлуатація спеціальних транспортних машин в військових частинах, проведення робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту в ремонтних підрозділах.

Для отримання об'єктивних даних для побудови моделі прогнозування потреби в ЗЧ, інформація відповідає вимогам:

- достовірність інформації;
- повнота інформації, у статистичній інформації відображаються зовнішні умови (транспортні, атмосферно-кліматичні, дорожні, культура експлуатації), витрата палива двигуном, швидкість руху спеціальних транспортних машин, пробіг, завантаження, час виникнення відмови та ін;
- безперервність збору інформації;
- єдина форма обліку результатів спостережень.

Методика збору статистичної інформації побудована з урахуванням необхідності отримання повних і достовірних даних про знос та відмови деталей ходової частини, силових агрегатів, трансмісії, отримання даних про

зовнішні умови фактичної витрати ЗЧ до них.

Перевірка адекватності математичної моделі прогнозування потреби в ЗЧ полягає в істині припущення стосовно втрати працездатності ходової частини, силових агрегатів, трансмісії є знос сполучень механізмів, і визначення правильності результатів, які отримані при розрахунках.

Визначено два етапи проведення дослідження.

На першому етапі перевірка прийнятого припущення щодо критерію виходу з ладу деталей ходової частини, силових агрегатів, трансмісії, визначення швидкості зношування деталей, обґрунтування умов експлуатації спеціальних транспортних машин.

Другий етап - перевірка можливості використовувати розрахункові залежності прогнозування потреби в ЗЧ в реальних умовах експлуатації спеціальних транспортних машин.

Всі спеціальні транспортні машини, що досліджувалися, використовувалися в однакових кліматичних умовах (табл. 2.3). Що забезпечувало якісно однорідну інформацію для обробки методами математичної статистики.

Таблиця 2.3 - Структура дослідного парку спеціальних транспортних машин

Марка машини	Кількість, од.	Пробіг з початку експлуатації, тис. км	Тривалість експлуатації, роки	Категорія умов експлуатації
КрАЗ-6322	3	40	2	IV, V
	6	70	4	IV, V
	4	125	3	IV, V
	8	140	5	IV, V
	7	180	6	IV, V
	14	210	8	IV, V
	5	225	9	IV, V
	18	245	6	IV, V
	15	270	10	IV, V
	41	290	11	IV, V
	63	310	12	IV, V
	70	325	12	IV, V
КрАЗ-5233	6	190	8	IV, V
	29	270	10	IV, V
	34	315	14	IV, V

Буває невідомо під час проведення досліджень за яким законом відбувається зміна надійності вузлів, агрегатів ходової частини, двигуна і трансмісії. Тому визначаємо число досліджуваних  $N$  деталей за формулою:

$$N = \lg(1 - P_x) / \lg(1 - \varepsilon_x) \quad (2.57)$$

Дані про стан і умови експлуатації ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин оброблюються з використанням математичної статистики, для знаходження закону розподілу і визначення параметрів, з застосуванням статистичного матеріалу.

Таблиця 2.4 - Характеристика умов експлуатації підконтрольних спеціальних транспортних машин

Ознаки	Характеристика ознак по групах підконтрольних спеціальних транспортних машин	
	1 група	2 група
Марка автомобіля	КрАЗ-6322	
Кліматичні умови	Україна	
Дорожні умови	Міські дороги	Міжміські дороги
Рід перевезеного вантажу	Великі партії перевезень	
Навантаження:	Робота з причепом	
- середньодобовий пробіг, км	200	400
- коефіцієнт використання пробігу	0,79	0,81
- коефіцієнт використання вантажопідйомності	0,846	0,968
Рівень технічної оснащеності та організації ТО і ПР	Середні характеристики для ремонтного підрозділу військової частини	
Періодичність проведення робіт з ТО	Згідно нормативно-технічної документації заводу-виробника	

Надійність вузлів, агрегатів ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин оцінюється методикою обробки даних, яка поділяється на етапи:

- 1 - збір та систематизація технічного стану деталей;
- 2 - визначення законів розподілу на підставі статистичної обробки даних;

3 - визначення показників генеральної сукупності;

4 - розробка рекомендацій по номенклатурі ЗЧ.

На етапі 1 здійснюється аналіз статистичних даних по вибірці для однієї моделі спеціальних транспортних машин.

Подальша спеціалізація обчислювальних операцій проводиться у відповідності до типу вибірки. Для повних вибірок (етап 2) визначаються характер спостережень - не випадковий-випадковий); обґрунтовується закон розподілу здійснюється перевірка за критеріями згоди.

Порівняння вибірок, включаючи непараметричні і параметричні способи, відбувається на етапі 3. Непараметричні способи визначають варіанти порівнюваних вибірок, наявність первинної інформації. Параметричні способи – статистичні, поширюються на значення дисперсії.

У випадку коли обрані вибірки не належать одній генеральній сукупності, в цьому випадку перевіряються отримані результати. Тоді методика передбачає зворотні зв'язки (рис. 2.4).

На етапі 4 отримуються рекомендації по вибору чисельності та номенклатури ЗЧ для конкретної моделі ходової частини, силового агрегату, трансмісії.

Діаграми розподілу пробегу до заміни ЗЧ за групами А, В, С для ходової частини, силових агрегатів, трансмісії побудовані на підставі зібраних даних щодо потреби в ЗЧ у контрольних груп спеціальних транспортних машин КраЗ-6322 (28 одиниць) і КраЗ-5233 (33 одиниці), здійснено розподіл часу на поставки ЗЧ.

Для побудови графічних залежностей ЗЧ інтервали досліджуваної групи вузлів, агрегатів ходової частини, силового агрегату, трансмісії спеціальних транспортних машин визначаються за виразом

$$n = 1 + 1,44 \cdot \ln(N), \quad (2.58)$$

де  $N$  - число елементів ряду.

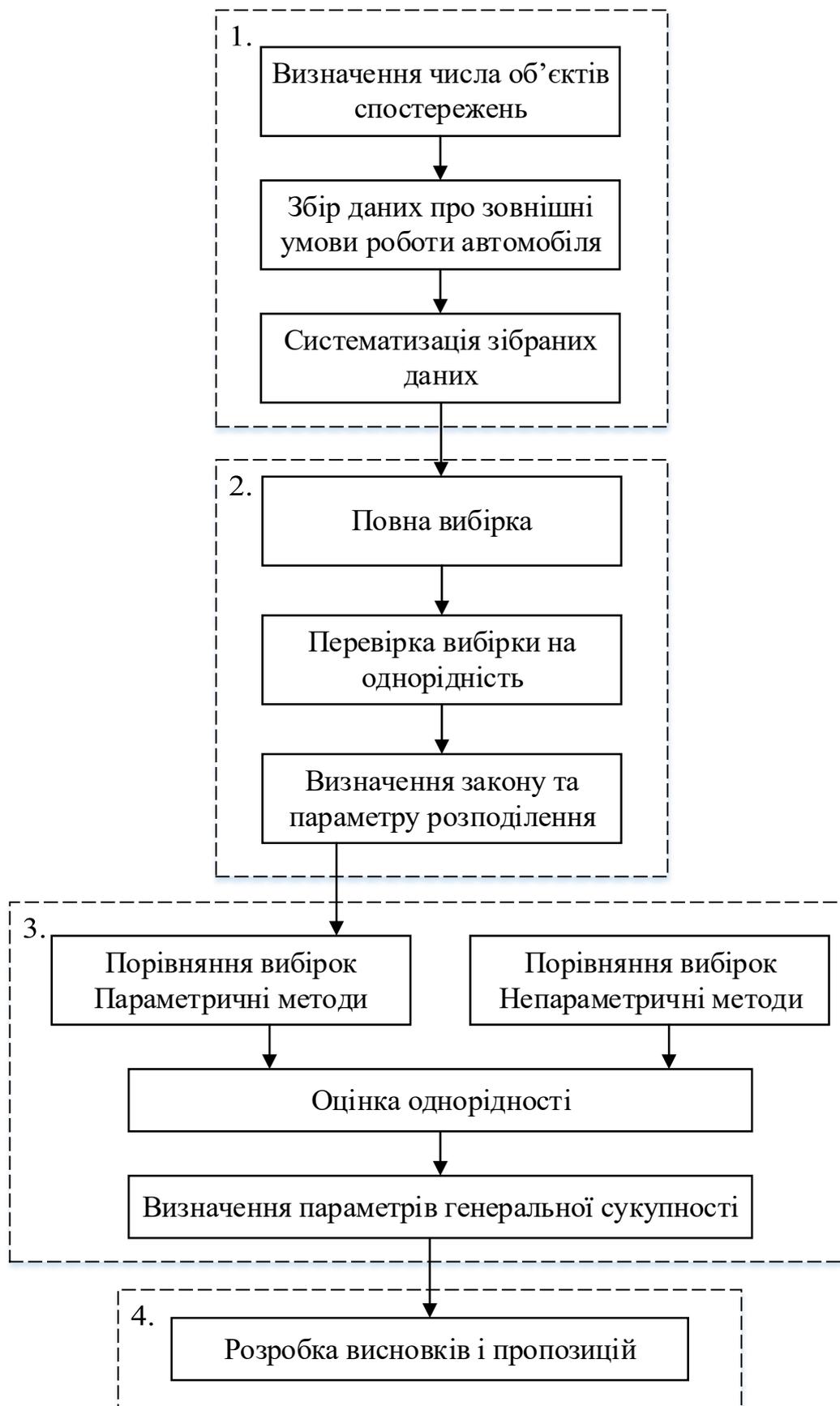


Рисунок 2.4 - Принципова схема обробки даних по вивченню потреби в запасних частинах спеціальних транспортних машин

Потрібна кількість ЗЧ визначається довжиною інтервала

$$A = \frac{П_{\max} - П_{\min}}{n}, \quad (2.59)$$

де  $П_{\min}$ ,  $П_{\max}$  - найменше та найбільше значення потрібного кількості ЗЧ в групі.

Пробіг 30 тис. км. прийнятий за початок першого інтервалу. З виразу визначається довірна ймовірність потрібної кількості ЗЧ

$$P_i = \frac{m_i}{N}, \quad (2.60)$$

де  $m_i$ - в  $i$ -му інтервалі дослідна частота.

Середні квадратичні відхилення, середні значення, і коефіцієнт варіації визначаються за виразами:

$$\bar{t} = \sum_{i=1}^n t_{ci} \cdot P_i; \quad \sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (t_{ci} - \bar{t})^2 \cdot P_i}; \quad \nu = \frac{\sigma}{\bar{t}}, \quad (2.61)$$

де  $t_{ci}$  - середини значення  $i$ -го інтервалу;

$n$  - в статистичному ряді число інтервалів;

$P_i$  - по групі деталей ходової частини, силових агрегатів, трансмісії дослідна ймовірність  $i$ -го інтервалу.

З параметрами  $(m, \sigma^2)$  випадкова величина  $\xi$  має нормальний розподіл, тоді

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi \cdot \sigma}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}, \quad x \in (-\infty, \infty). \quad (2.62)$$

При аналізі статистичних даних про номенклатуру та чисельність ЗЧ до ходової частини, силових агрегатів та трансмісії по групах А, В, С використовується випадкової величини нормальний розподіл.

Можно щільність нормального розподілу поряд з наведеним вище використовується вираз

$$f(x) = \frac{\rho}{\sqrt{\pi E}} \exp\left\{\frac{\rho^2(x-m)^2}{E^2}\right\}, \quad (2.63)$$

де  $\rho = 0,4769$  є сталою рівняння.

$$\int_0^s e^{-x^2/2} dx = \sqrt{\pi}. \quad (2.64)$$

$E = \rho\sqrt{2\sigma}$  визначається за формулою

$$P(|\xi - m| \leq E) = P(|\xi - m| > E) = 0,5, \quad (2.65)$$

це імовірнісне (або серединне) відхилення.

Функція характеристична:

$$\varphi(x) = \exp\left\{imt - \frac{t^2 \cdot \sigma^2}{2}\right\}. \quad (2.66)$$

Тоді моменти:

$$\mu_{2k+1} = 0, \quad \mu_{2k} = 1 \cdot 3 \cdot \dots \cdot (2k-1) \cdot \sigma^{2k}, \quad (2.67)$$

де  $D \cdot \xi = \sigma$ ,  $M \cdot \xi = m$ ,  $\mu_k = M \cdot (\xi - M \cdot \xi)^k$ ,

якщо  $k > 2$

$$M \cdot \xi = m \cdot M \cdot \xi^{k-1} + (k-1) \cdot \sigma^2 \cdot M \cdot \xi^{k-2}. \quad (2.68)$$

Медіана і мода збігаються, а коефіцієнти ексцесу та асиметрії дорівнюють нулю.

Нормальний розподіл відіграє важливу роль, тому що з ростом числа доданків при широкому діапазоні поведуться асимптотично нормально суми випадкових величин. Зміст центральної граничної теореми складають відповідні умови. До стандартного нормального закону зі значеннями (0,1) приводиться нормальний розподіл з параметрами  $(m, \sigma^2)$  за допомогою перетворення лінійного  $\eta = \frac{\xi - m}{\sigma}$ , при цьому функція розподілу визначається

за виразом

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^* e^{-\frac{z^2}{2d \cdot z}} . \quad (2.69)$$

З  $\Phi(x)$  пов'язана функція  $\Phi_0(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^* e^{-\frac{z^2}{2d \cdot z}}$ , яка, як правило, табулюється співвідношенням  $\Phi(x) = 0,5 + \Phi_0(x)$ .

Можна використовувати при малих  $x$  для обчислення  $\Phi(x)$

$$\Phi(x) = 0,5 + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left[ x - \frac{x^3}{2 \cdot 3} + \frac{x^5}{2! \cdot 2^2 \cdot 5} + \dots (-1)^n \frac{n \cdot x^{2n+1}}{n!(2n+1) \cdot 2^n} \dots \right] \quad (2.70)$$

або Міллса відношення

$$R(x) = \sqrt{2\pi} \frac{1 - \Phi(x)}{e^{-x^2/2}} = \int_*^{\infty} e^{(x^2 - y^2)/2} dy, \quad (2.71)$$

яке в безперервну дріб розкладається:

$$R(x) = \frac{1}{x+} \cdot \frac{1}{x+} \cdot \frac{2}{x+} \cdot \frac{3}{x+} \dots \frac{n}{x+} \dots, \quad (2.72)$$

З великою ймовірністю випадкова величина нормально розподілена та приймає близькі до математичного очікування, значення, це визначається правилом сигм:

$$P\{|\xi - m| \geq k \cdot \sigma\} = \begin{cases} 0,3173\dots, & k = 1 \\ 0,0455\dots, & k = 2 \\ 0,0027\dots, & k = 3 \end{cases} . \quad (2.73)$$

Правило трьох сигм використовують найчастіше.

Висновки по другому розділу

1. Встановлено індивідуально-детерміновані закономірності потреби в ЗЧ, що містять від зовнішніх умов коефіцієнт коригування.

2. Нормування витрати запасних частин базується на енергетичних затратах при виконанні транспортної роботи, а також враховує конструктивні особливості транспортних засобів, якість їх виготовлення і культуру експлуатації.

3. Розроблено за групами А, В, С закономірності потреби в ЗЧ для ходової частини, силових агрегатів, трансмісії, які базуються при транспортній роботі на енергетичних затратах також на конструктивних особливостях спеціальних транспортних машин.

4. Середня швидкість руху спеціальних транспортних машин, сумарна витрата палива, та обсяг перевезених вантажів прийняти на транспортну роботу в якості енергетичних затрат., Тому доцільно використовувати зміну ресурсу вузлів, агрегатів для формування номенклатури та визначення чисельності ЗЧ, які потрібні, при русі за міським і магістральним циклами з різним ступенем завантаження.

5. Як показали результати дослідження, доцільними для визначення потреби в ЗЧ за групами А, В, С є, засновані на явищах котрі викликають відмови, розрахункові методи.

## РОЗДІЛ 3

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ  
УДОСКОНАЛЕНОЇ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТРЕБИ В ЗЧ ДО ТО І  
ПР ДЛЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

3.1 Оцінка взаємозв'язку між появою відмов та визначенням переліку запасних частин для їх усунення

Метою роботи було дослідження причин появи відмов і несправностей в ходової частині, силових агрегатах, трансмісії і встановлення переліку необхідних замін деталей по групах на заданий період експлуатації.

Для досягнення поставленої мети вирішені наступні завдання:

- проведений збір інформації про виникнення дефектів і несправностей в ходової частині, силових агрегатах, трансмісії;
- встановлені закономірності потреби в ЗЧ, розраховано розподіл витрати палива та пробігу спеціальних транспортних машин коли потрібна заміна вузлів, агрегатів;
- здійснено аналіз та узагальнені отримані результати.

Попит на ЗЧ по групах А, В, С, під час експлуатації спеціальних транспортних машин викликаний втратою працездатності вузлів, агрегатів ходової частини, силових агрегатів, трансмісії, яку розділено на п'ять груп:

- підвищена токсичність ВГ (погіршення екологічних показників);
- зниження тягово-економічних показників, експлуатаційних якостей спеціальних транспортних машин;
- вихід з ладу систем мащення і охолодження, втрата колпресії, втрата мастильних властивостей мастила, підвищена вібрація або перегрів двигуна, вихід з ладу провідних мостів і коробки передач: зміна параметрів робочих і супутніх процесів;
- поява люфтів і зміна зазорів, перекося вісей ведучих мостів - зміна геометричних параметрів деталей;









Умови використання спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322 обумовлюють постійну зміну експлуатаційних факторів  $Q_{\text{пал}}$ ,  $V_{\text{СТМ}}$ ,  $G_{\text{СТМ}}$  навіть при русі спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322 на постійному маршруті. При роботі групи спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322 протягом року на визначеному маршруті швидкість руху, повна вага, витрата палива спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322 відрізняється на 11,7...16,3%, 14,2...22,8%, 14,6...13,8%, відповідно, тому потреба в ЗЧ групи А змінюється - на 12,6...19,7%.

Аналіз розрахунків – графіки рис. 3.6-3.9 підтверджує що від нагрузочно-індивідуальних особливостей конкретного агрегата і швидкісного режиму руху спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322 залежить попит на ЗЧ групи А. При зміні повної ваги машини, швидкості руху спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322, витрати палива визначена тенденція зміни попиту на ЗЧ під час експлуатації.

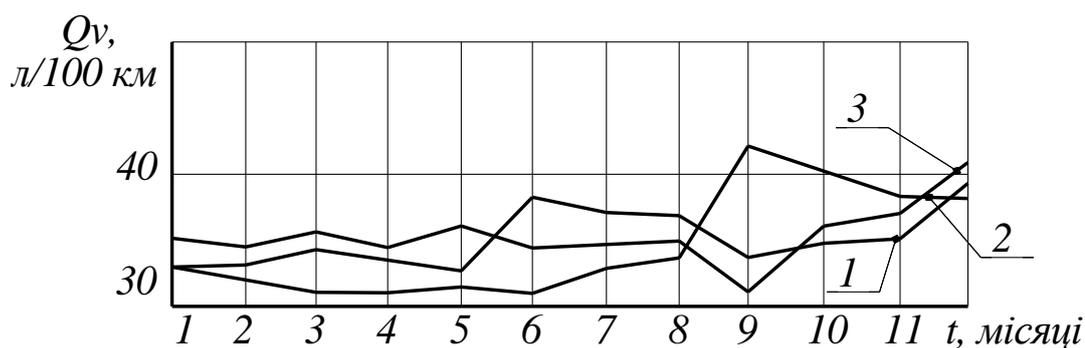


Рисунок 3.6 - Зміна витрати палива протягом року експлуатації спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322

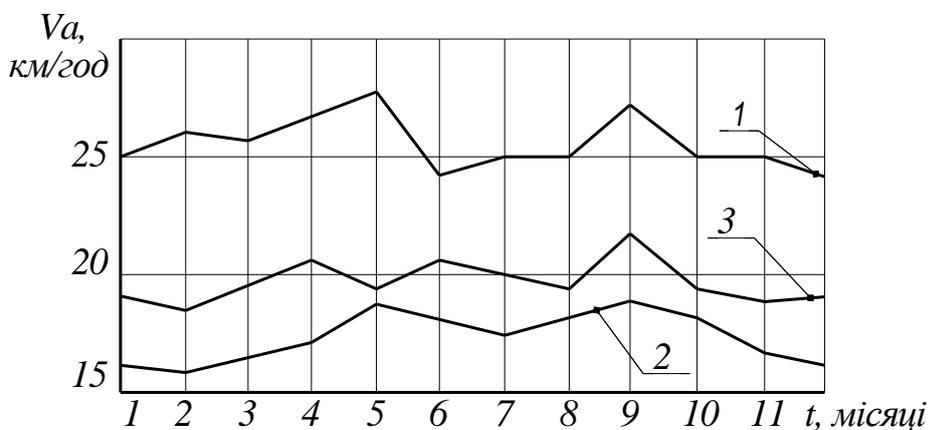


Рисунок 3.7 - Зміна середньої швидкості руху протягом року експлуатації спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322

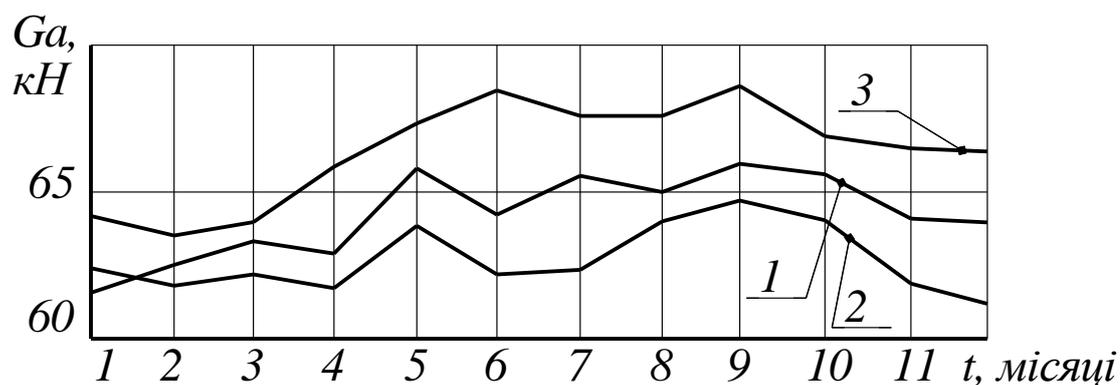


Рисунок 3.8 - Зміна повної ваги автомобіля протягом року експлуатації

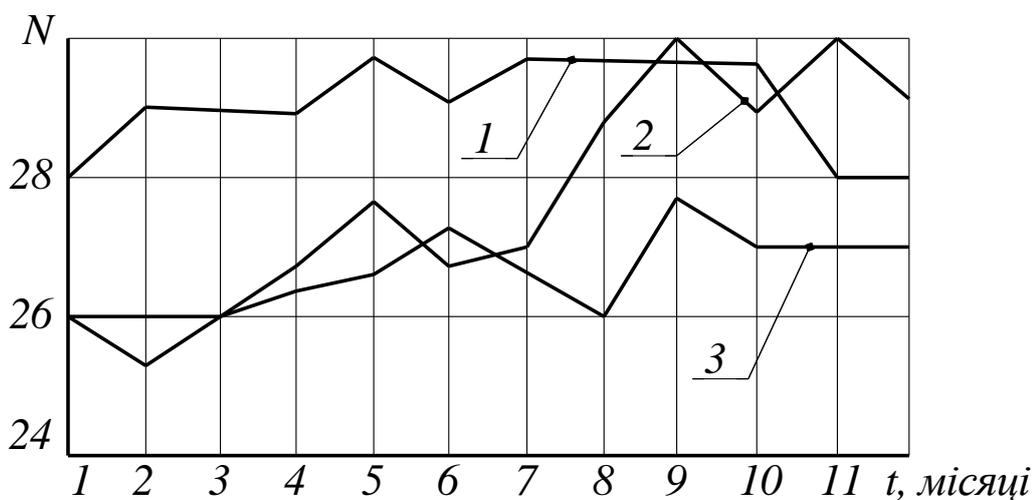


Рисунок 3.9 - Зміна потреби в запасних частинах групи А протягом року експлуатації спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322

Прогнозування попиту на ЗЧ по групах А, В, С для спеціальних транспортних машин обумовлено особливостями, пов'язаними з тим, що людська діяльність відбувається не за алгоритмом. Процес прогнозування значною мірою ґрунтується на інтуїції та досвіді експерта, а не на аналізі процесів, що протікають в вузлах, агрегатах ходової частині, силових агрегатах, трансмісії спеціальних транспортних машин.

Процедура пошуку рішення рлягає в утворенні евристичного підходу у створенні взаємопов'язаних компонент, яка починається при відсутності алгоритму дій і відомостей про існування потрібного рішення.

Однією з проблем, яка виникає у військових частинах, є аналіз інформації, що надходить від командирів підрозділів, командира ремонтного підрозділу та начальника складу, в умовах необхідності прийняття

оперативного рішення в обстановці, яка швидко змінюється. Для прийняття раціонального рішення потрібно проаналізувати інформацію, яка надходить, при цьому необхідно порівнювати з уже наявною інформацією. Використання теорії евристичного підходу дозволяє автоматизувати процес пошуку рішень.

Таблиця 3.1 - Характеристика розподілу потреби на ЗЧ групи С ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322, що працюють в різних умовах експлуатації

Найменування ходової частини, силових агрегатів, трансмісії	Характеристика розподілу потреби в запасних частинах до ходової частини, силових агрегатів, трансмісії						
	Середнє значення $Q_{сум}$ тис.	Границі при $P_k = 0,95$		Середнє квадратичне відхилення, $\delta$ тис. л	Коефіцієнт варіації, $V$	Критерій згоди, $\chi^2$	Теоретичний закон розподілу
		нижня $Q_{сум}^H$ тис.	верхня $Q_{сум}^B$ тис.				
Циліндро - поршнева група	109,0	88,26	116,72	25,0	0,23	1,4	Нормальний
	----- 135,0	----- 97,15	----- 128,84	----- 36,0	----- 0,40	----- 2,9	
Кривошипно-шатунний механізм	174,0	170,70	186,30	29,0	0,26	0,65	Нормальний
	----- 115,0	----- 96,72	----- 127,27	----- 37,0	----- 0,42	----- 1,2	
Коробка передач	166,0	162,58	192,42	32,0	0,29	0,5	Нормальний
	----- 124,0	----- 108,6	----- 128,42	----- 35,0	----- 0,38	----- 0,8	
Ведучий міст	118,0	108,67	127,33	24,0	0,28	2,6	Нормальний
	----- 153,0	----- 149,3	----- 165,7	----- 31,0	----- 0,30	----- 1,8	

В чисельнику значення, отримані при роботі спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322 в першій групі умов експлуатації, в знаменнику - у другій групі.

Евристичні методи визначення попиту на ЗЧ відображають індивідуальну думку експертів щодо майбутнього технічного стану вузлів, агрегатів ходової частини, силової установки, трансмісії спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322, що засновані на їх інтуїції та професійному досвіді. Евристичний підхід можна застосовувати для оцінки потреби на ЗЧ групи А для вузлів, агрегатів спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322, які не піддаються математичній формалізації, для яких важко адекватну математичну модель розробити.

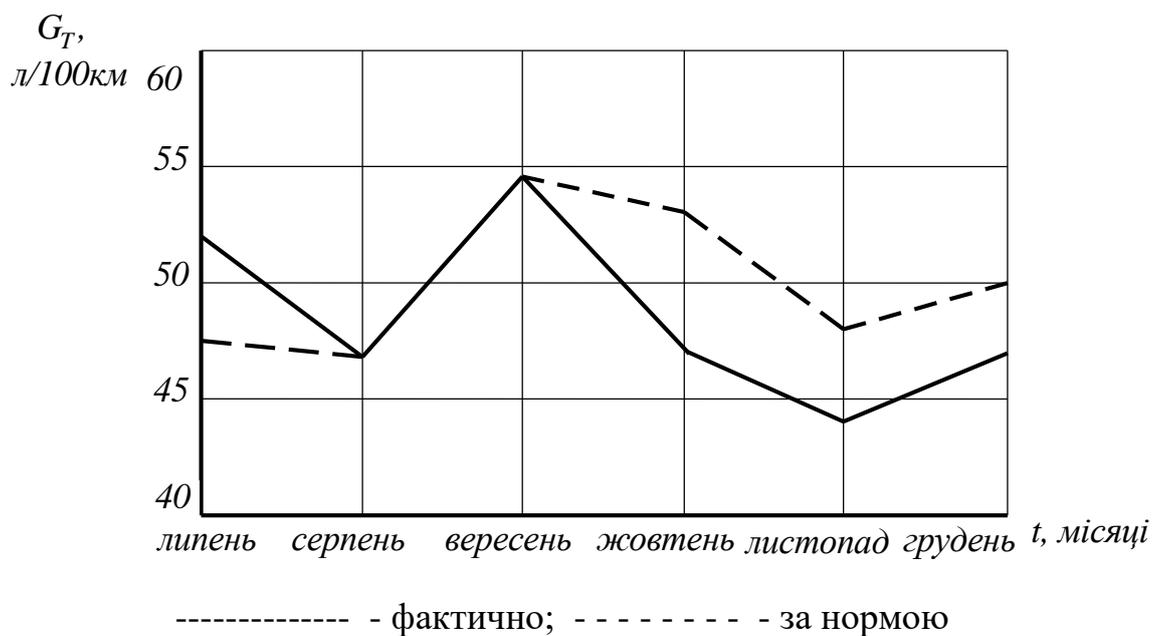


Рисунок 3.10 - Зміна лінійного витрати палива в л/100 км спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322 по місту

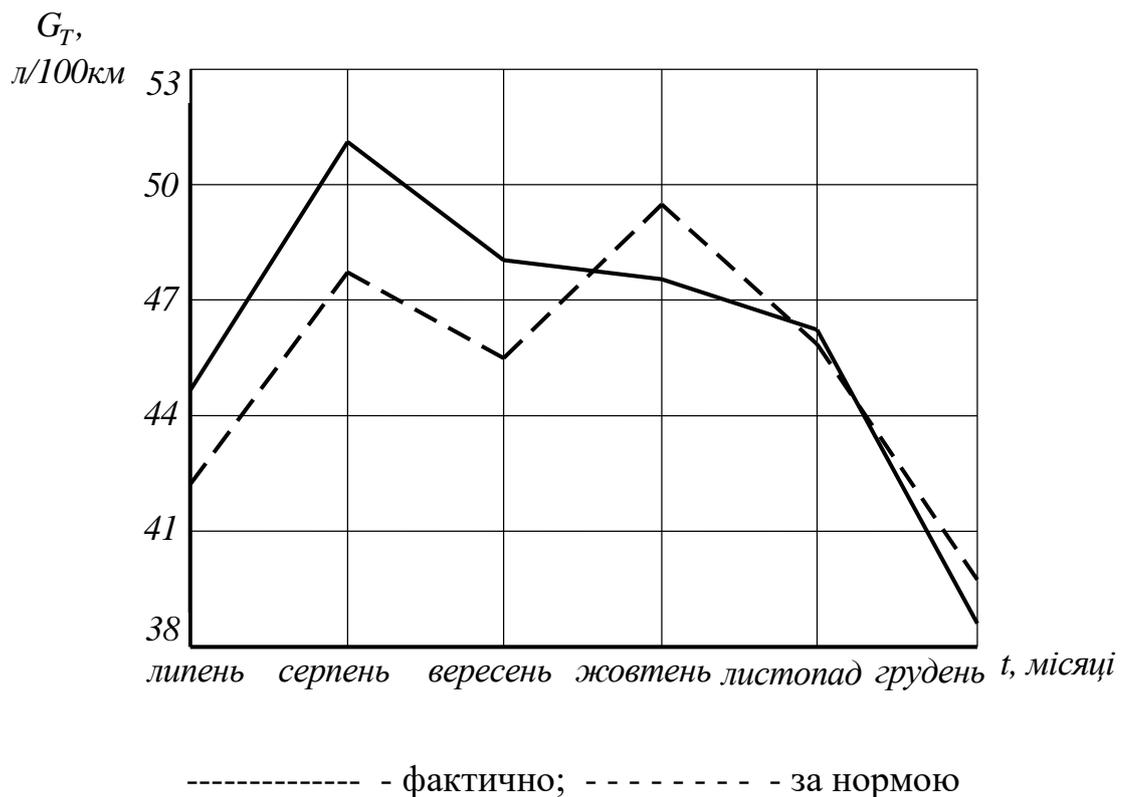


Рисунок 3.11 - Зміна лінійного витрати палива в л/100 км спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322 по місту

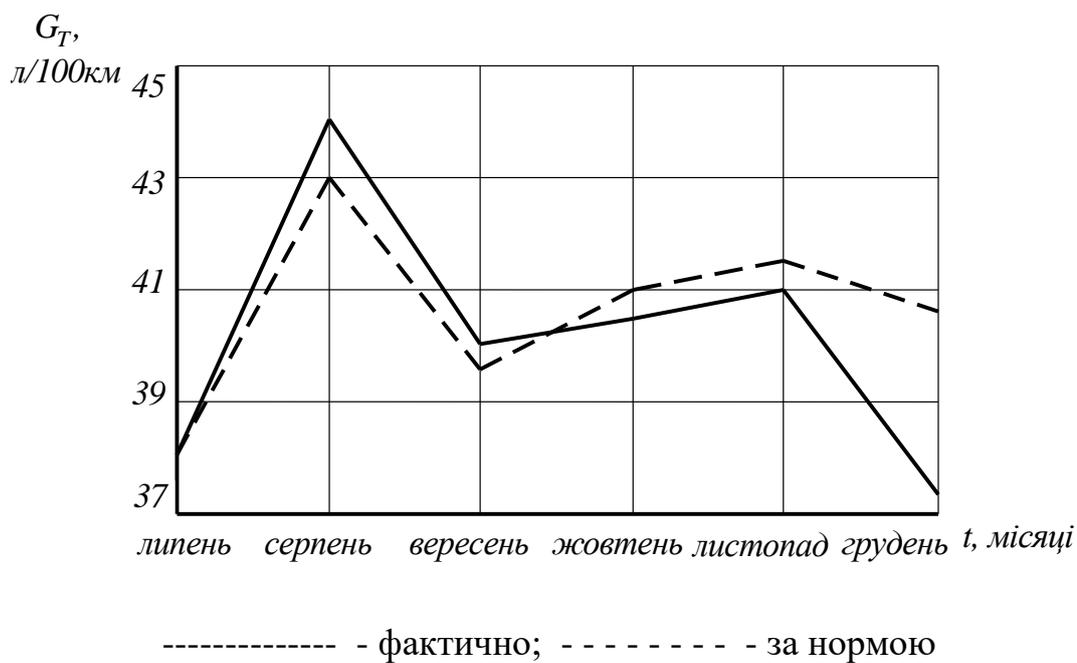


Рисунок 3.12 - Зміна лінійного витрати палива в л/100 км спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322 по місту



Рисунок 3.13 - Зміна лінійної витрати палива в л/100 км спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322 по місту

Індивідуальні методи засновані на використанні думок експертів-фахівців з технічної експлуатації спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322 незалежно один від одного. Робота з експертом ведеться за заздалегідь складеною програмою і перед експертом виникають питання щодо технічного стану двигуна і агрегатів трансмісії, а також про їх залишковому ресурсі. Якість прогнозу залежить від здатності експерта експромтом давати висновок про ступінь зношеності сполучень двигуна і агрегатів трансмісії. Що даються експертні оцінки ґрунтуються на ретельному самостійному аналізі експертом результатів діагностування технічного стану двигуна, коробки передач і редуктора ведучого моста спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322, зовнішніх умов їх роботи в минулому і на майбутній період експлуатації. Це дозволяє експерту в повному обсязі врахувати всю необхідну інформацію при прогнозуванні залишкового ресурсу силового агрегату. Основною перевагою індивідуального евристичного прогнозування є повне використання індивідуальних здібностей експерта та обмеження психологічного тиску.

Колективні експертні оцінки ґрунтуються на колективному думці експертів (спеціальної комісії) про технічний стан силового агрегату спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322. В цьому випадку група експертів обговорює ступінь зношеності сполучень і механізмів двигуна і трансмісії і приймають рішення про доцільність їх подальшої експлуатації. Недоліком такого підходу є те, що експерти в своїх судженнях враховують думку своїх колег.

Аналіз залежності зміни ресурсу вузлів, агрегатів ходової частини, двигуна і трансмісії від повної ваги спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322, середньої технічної швидкості руху машини, витрата палива на 100 км пробігу в літрах, та експлуатаційних і конструктивних показників спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322 показує вплив на прогноз залишкового ресурсу. При евристичній оцінці кількості та номенклатури ЗЧ груп А і В для ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322 доцільно використовувати закономірності зношування деталей від перелічених факторів. Тоді робота експерта над

оцінкою номенклатури та чисельності ЗЧ для ходової частини, силових агрегатів, трансмісії здійснюється за кількістю спеціальних транспортних машин на підставі виразу

$$N_{34}^H = \frac{m_3 \cdot A_{cn}}{100} K_{ey}, \quad (3.1)$$

або за рівнянням за сумарною витратою палива

$$N_{34}^H = \frac{100 Q_{сум}^H K_{ey}}{H}, \quad (3.2)$$

де  $N_{34}^H$  - нормативна потреба в ЗЧ груп А і В, ходової частини, силових агрегатів, трансмісії для визначених умов експлуатації;

$K_{ey}$  - коефіцієнт, який враховує зовнішні умови експлуатації на майбутні періоди використання спеціальних транспортних машин.

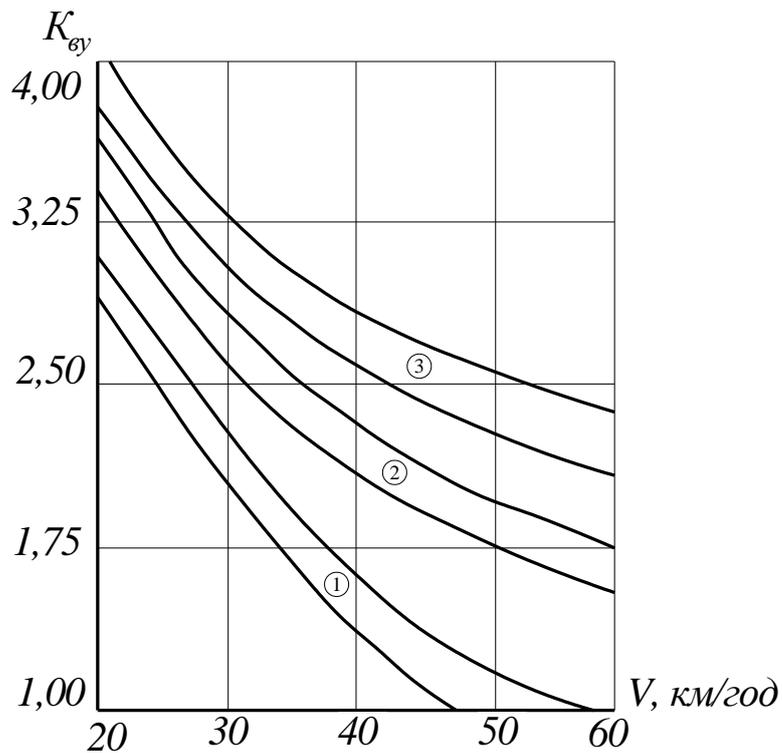
Встановити значення коефіцієнту, що характеризує зовнішні умови експлуатації ходової частини, силового агрегату, трансмісії спеціальних транспортних машин, можна по залежності:

$$K_{ey} = 1,1 V_{opt} / V_a - 0,1(G_a / G_n - 1). \quad (3.3)$$

Раціональне значення середньої швидкості руху спеціальних транспортних машин визначається з рівняння  $V_{opt} = (0,6...0,7)V_{max}$ .

Менше значення раціональної середньої швидкості руху спеціальних транспортних машин приймають для порожньої машини, а проміжні та великі значення для машини з причепом або з вантажем.

Фахівцями ремонтного підрозділу можуть використовуватися запропоновані евристичні методи прогнозування попиту ЗЧ для управління та планування роботи технічною службою ремонтного підрозділу, та при виборі зовнішніх умов експлуатації спеціальних транспортних машин з метою збільшення ресурсу ходової частини, силового агрегату, трансмісії.



1 – порожня спеціальна транспортна машина; 2 - повністю завантажена машина; 3 - повністю завантажена машина з причепом

Рисунок 3.14 - Залежність коефіцієнту зовнішніх умов експлуатації від завантаження та швидкості руху спеціальних транспортних машин

### 3.2 Удосконалена методика прогнозування номенклатури та чисельності ЗЧ для проведення робіт з ТО і ПР спеціальних транспортних машин

Теоретичні залежності, які отримані, охоплюють вплив чинників технологічного, конструктивного, експлуатаційного характеру на номенклатуру та чисельність ЗЧ вузлів, агрегатів спеціальних транспортних машин.

Методика прогнозування потреби в ЗЧ для вузлів та агрегатів розроблена на підставі проведених досліджень з урахуванням умов експлуатації і на стадії проектування її оцінки. Визначити напрями роботи та визначити шляхи зниження витра ЗЧ.

Для моніторингу процесу оцінки працездатності спеціальних транспортних машин та автоматизованого дослідження спеціальних

транспортних машин, їх агрегатів і вузлів при зміні зовнішніх впливів і змін умов використання призначена удосконалена методика.

Методика дозволяє встановити прогностичні значення працездатності ходової частини, двигуна та трансмісії на стадії проектування, також виявити слабкі вузли та визначити шляхи по підвищенню їх надійності окремих деталей і спеціальних транспортних машин в цілому.

Основу методики складають процеси роботи ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин, та роботи що пов'язані з втратою і підтримкою їх працездатності. Від якості аналізу умов експлуатації спеціальних транспортних машин та їх технічного стану залежить точність визначення номенклатури та чисельності ЗЧ і, як наслідок, ефективність управління надійністю спеціальних транспортних машин.

Система аналізу працездатності спеціальних транспортних машин включає основні блоки спеціальних програм.

Програма дає можливість визначити взаємозв'язки елементів системи, здійснювати їх інформаційне стикування. Програма передбачає введення даних і контроль за їх зміною, структура програми генерує постановку завдань і іноді піддається незначним змінам. Найважливіша функція програми - захист від випадкового руйнування внутрішніх блоків системи, та виведення інформації, яка отримана при розрахунку алгоритму управління.

Для розрахунків номенклатури та чисельності ЗЧ до силових агрегатів конкретного зразка спеціальних транспортних машин призначені проблемно-орієнтовані блоки, які несуть основну роль при аналізі використання спеціальних транспортних машин, складають її зміст. Окремі блоки наповнюються інформацією, яка постійно корегується, від керуючої програми, що підключає їх та управляє ними.

На стадії розробки методики блоки генеруються, але, на відміну від керуючої програми, мають не стаціонарну структуру, до них вносяться зміни при вдосконаленні математичних моделей швидкості зносу деталей ходової частини, силових агрегатів, трансмісії та засобів і методів їх діагностування.

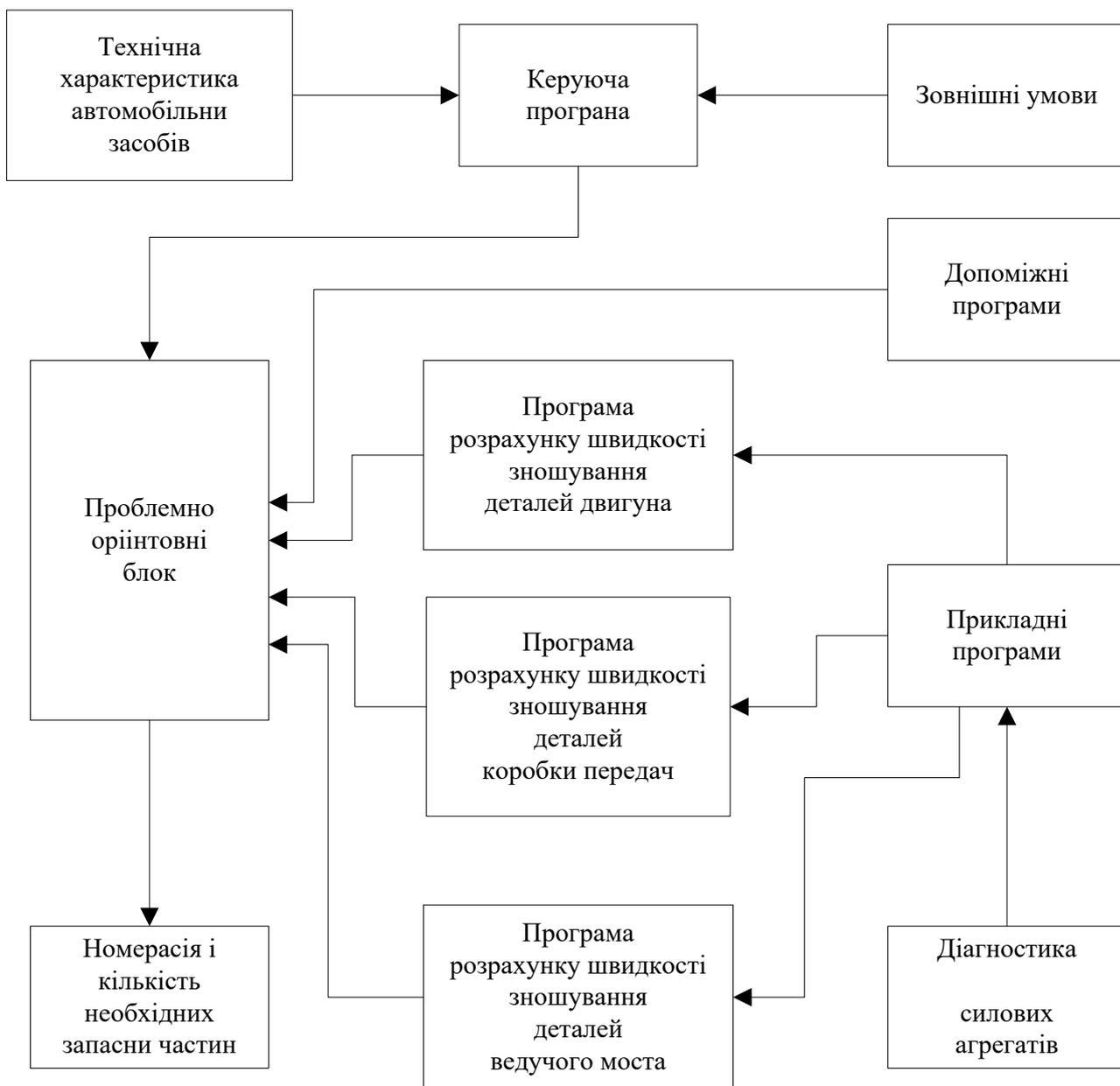


Рисунок 3.15 - Структурна блок-схема методу прогнозування номенклатури та чисельності ЗЧ до силових агрегатів спеціальних транспортних машин

Керуючою програмою здійснюється виведення інформації, яка отримана при роботі блоків. Щоб судити про правильність функціонування програми в блоках передбачено виведення контрольної інформації.

Для керування проблемно-орієнтованими блоками використовуються програми, що створюють структури, які дозволяють уточнювати чисельність і номенклатуру ЗЧ для ходової частини, силових агрегатів, трансмісії

спеціальних транспортних машин, з урахуванням шляхів модернізацій вузлів, агрегатів, систем і т.п.

Для оцінки міри зношеності сполучень ходової частини, силових агрегатів, трансмісії за результатами діагностичних впливів застосовується пакет прикладних програм.

При вдосконаленні засобів діагностування вузлів та агрегатів ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин склад пакету може розширюватися.

З вищевикладеного випливає, що основними в програмі є проблемно-орієнтовані блоки, що призначені для визначення необхідної кількості та номенклатури ЗЧ для конкретного зразка спеціальних транспортних машин та управлінні об'ємами поставок ЗЧ по моделях і марках ходової частини, силових агрегатів, трансмісії для парку конкретних спеціальних транспортних машин. При побудові системи визначення необхідної чисельності і номенклатури ЗЧ і прогнозування на певний проміжок часу їх потреби за попередніми оцінками доцільно об'єднувати до 4-5 окремих проблемно-орієнтованих блоків.

Для створення логіки машинного управління на ЕОМ, можна закласти в основу системи автоматизованого визначення чисельності та номенклатури ЗЧ по групах і конкретних спеціальних транспортних машинах, необхідно проаналізувати і встановити основні етапи розробки системи.

На початку розробки методики потрібно сформулювати перелік вузлів та агрегатів по групах А, В, С, для визначення чисельності та номенклатури ЗЧ. Перелік складає завод-виробник, він коригується користувачем спеціальних транспортних машин в період експлуатації з урахуванням зовнішніх умов.

На наступному етапі відбувається вибір підсистеми, що відповідає вимогам основної нормативної бази. Існує потреба в визначенні принципово нового методу діагностичної оцінки ступеня зношеності вузлів, агрегатів спеціальних транспортних машин. При удосконаленні методики визначення номенклатури та чисельності ЗЧ до ходової частини, силових агрегатів, трансмісії не завжди доцільно використовувати існуючі методи діагностики ступені зношеності сполучень.

Прогнозування чисельності та номенклатури ЗЧ на підставі енергетичної концепції обумовлює створення нових моделей визначення швидкості зношування вузлів, агрегатів ходової частини, силових агрегатів, трансмісії які базуються на діагностичній оцінці ступеня зношеності сполучень. Ці завдання відносяться до п'ятого і четвертого рівня складності та плохо підлягають автоматизації при розробці. З урахуванням класу складності завдань, що вирішуються на цьому етапі розробки методики, визначають можливий ступінь автоматизації оцінки кількості та номенклатури ЗЧ.

### Висновки по третьому розділу

1. Удосконалена методика статистичних досліджень по розрахунку номенклатури та чисельності ЗЧ до ходової частини, силових агрегатів, трансмісії по групах деталей. Обґрунтовано закон розподілу чисельності та номенклатури ЗЧ груп А, В, С деталей по обсягу виконаної транспортної роботи, середньої швидкості руху спеціальних транспортних машин і витраті палива - енергетичним параметрам.

2. Сформульовано закономірності розрахунку чисельності та номенклатури ЗЧ за групах деталей ходової частини, силових агрегатів, трансмісії за кількістю спеціальних транспортних машин та сумарною витратою палива, яка корегується коефіцієнтом враховуючий умови експлуатації спеціальних транспортних машин за визначений період.

## РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ  
ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ СПЕЦІАЛЬНИХ  
ТРАНСПОРТНИХ МАШИН АВТОМОБІЛЬНОЇ РОТИ БАЗИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
КОМАНДУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ  
УДОСКОНАЛЕННЯМ АЛГОРИТМУ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ

4.1 Розробка рекомендації щодо покращення ефективності системи ТО та ПР спеціальних транспортних машин автомобільної роти бази забезпечення командування Повітряних Сил Збройних Сил України

При зростаючих вимогах до виконання поставлених задач військовими частинами ремонтні підрозділи вимушені знаходити нові форми організації проведення робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту, нові способи визначення номенклатури та кількості запасних частин, орієнтованих на ефективне проведення робіт. Таким чином, в ремонтних підрозділах виник новий напрям, що активно розвивається, а саме використання інформаційних підходів.

Створення спеціального підрозділу служби забезпечення ЗЧ ремонтних підрозділів для проведення робіт з ТО і ПР спеціальних транспортних машин може бути сучасним рішенням сьогодення. Інструментом спеціального підрозділу є сайт, який розміщений на сервері ремонтного підрозділу з доступом до Інтернет. Можлива структура сайту наведена на рис. 4.1.

Розробка сайту і підтримка можуть проводитися із залученням установ, які спеціалізуються на випуску ЗЧ до спеціальних транспортних машин для Збройних Сил України. Для реалізації такого проекту потрібно вирішити завдання: розробка структурно-логічної структури служби забезпечення, формулювання основних принципів діяльності, розробка сайту, його розміщення, відладка та корегування, наповнення інформацією під час роботи, можливість надання замовлень та отримання ЗЧ через мережу Інтернеті т.д.

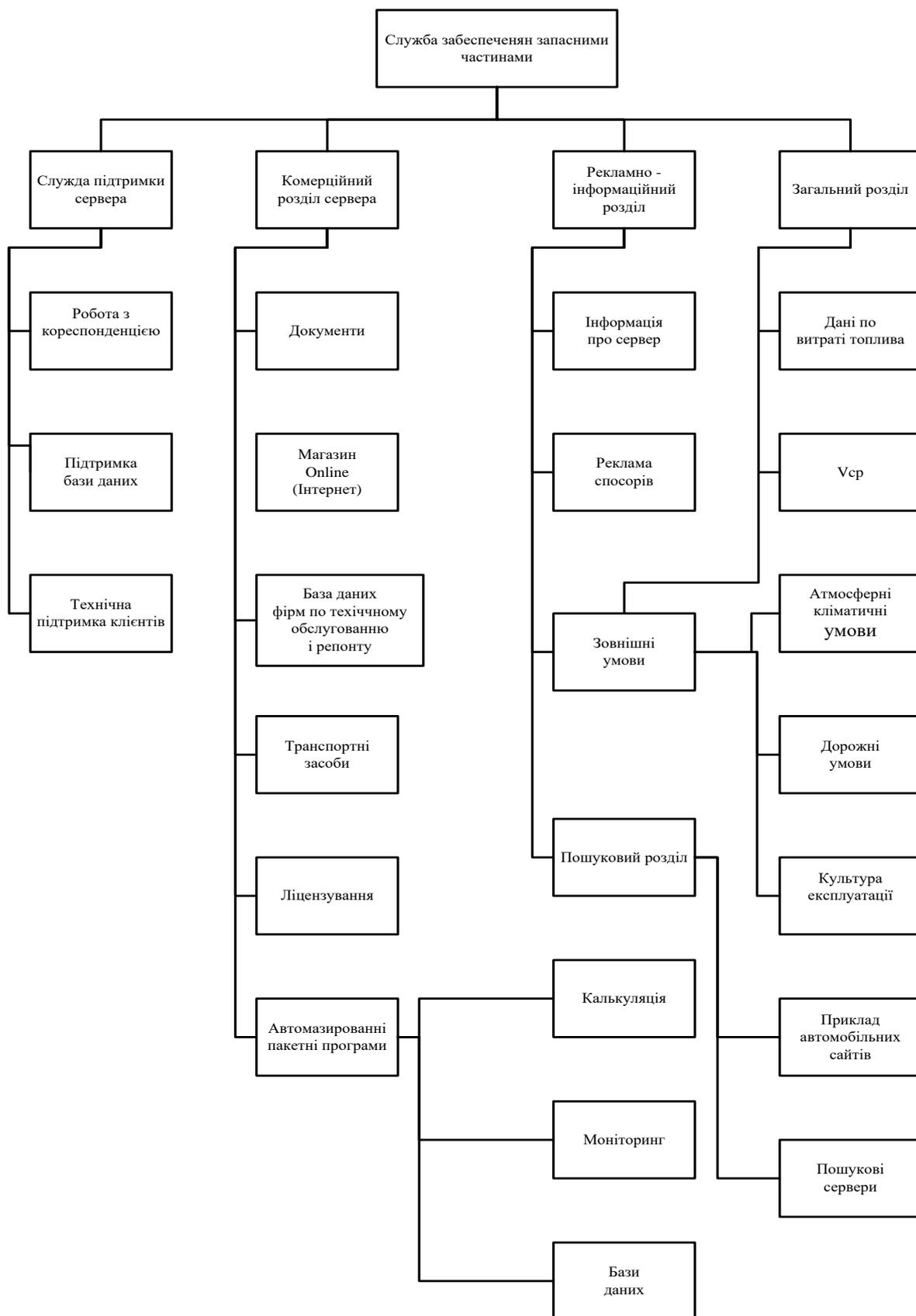


Рисунок 4.1 - Схема структури сайту розрахунку та забезпечення ЗЧ для проведення робіт з ТО і ПР спеціальних транспортних машин

При розвитку служби забезпечення, бригадних, корпусних складів, складів центрального підпорядкування обсяги руху ЗЧ можуть збільшуватись. В той же час, при зростанні обсягів запасних частин, не завжди можливо збільшувати потужності складів. Тому, при обмеженнях на об'єми зберігання ЗЧ, вузлів і агрегатів скорочується час на замовлення, та скорочуються час постачання ЗЧ. Тобто, на поповнення складу частота замовлень може збільшуватися.

Функції автоматичного складання накладних при програмній реалізації проекту обумовлює широке залучення ПК та особового складу, що займається розрахунком чисельності та номенклатури ЗЧ та замовленням їх в ремонтні частини для проведення робіт з ТО і ПР спеціальних транспортних машин. Це може призвести до затримок у замовленні та отриманні ЗЧ до ремонтних підрозділів. Звернемо увагу, що можливості ПК можна підвищити в разі застосування новітніх комп'ютерів та сучасного прикладного програмного забезпечення.

Проблема недостатньої потужності обчислювальної техніки може бути вирішена заміною застарілого устаткування, придбанням додаткового обладнання, використання програмного забезпечення з меншими системними вимогами. Це обумовлює наступний підхід до рішення задачі оперативної обробки даних щодо чисельності та номенклатури ЗЧ для ТО і ПР спеціальних транспортних машин.

Аналіз результатів досліджень по ряду ремонтних підрозділів військових частин дозволили з'ясувати стан використання потужностей більшості ПК, що мають в локальній мережі ремонтного підрозділу, а саме їх обчислювальні потужності використовуються не більше ніж на 14%, при цьому сервер майже повністю завантажений. Тому доцільно перерозподілити навантаження між ПК і серверами в мережі використовуючи модернізацію алгоритму вирішення задачі по розрахунку чисельності та номенклатури ЗЧ для проведення робіт з ТО і ПР спеціальних транспортних машин таким чином, щоб паралельно можна

було здійснити перерозподіл задач між багатьма комп'ютерами, а саме створити систему розподіленого обчислення.

На наявних сервері ремонтного підрозділу, складів запасних частин у бригаді та корпусі, сервері складів центрального підпорядкування та засобах комунікації може ґрунтуватися система розподіленого обчислення. Сервера можуть розподіляти завдання між ремонтними підрозділами, автомобільною службою, складами бригад та корпусів, кожен отримує частину загального завдання визначення номенклатури та чисельності запасних частин для проведення робіт з ТО і ПР спеціальних транспортних машин та узагальнюється отримана інформація в ЦАВТУ.

Програмне забезпечення сервера може бути побудоване на системі управління базами даних наявних та потрібних ЗЧ для проведення робіт з ТО і ПР спеціальних транспортних машин та виконує функції:

- розділення завдань з розрахунку ЗЧ на частини, та надання їх виконавцям;
- прийом від виконавців результатів розрахунку номенклатури та чисельності запасних частин для проведення робіт з ТО і ПР конкретної марки спеціальних транспортних машин;
- перевірка для виключення дублювання відповідності конкретної марки спеціальних транспортних машин кожного вузла, агрегату, деталі;
- узагальнення відомостей за номенклатурою та чисельністю запасних частин для проведення робіт з ТО і ПР;
- ведення статистики по ремонтних підрозділах щодо наявного стану по запасних частинах та по їх потребі в подальшому.

Цей вирішує проблему нестачі потужностей ПК та має переваги перед іншими варіантами, оскільки потребує менших витрат на реалізацію, достатню гнучкість, також можливість розширення.

Управління експлуатацією спеціальних транспортних машин здійснюється, в тому числі, через норми витрати ЗЧ для проведення робіт з ТО і ПР. Чим норми об'єктивніше, тим більш раціональне управління, та тим самим

краще результативність вантажних перевезень спеціальними транспортними машинами та менше витрати матеріальних, паливно-енергетичних і трудових ресурсів.

Під час експлуатації спеціальних транспортних машин нормується періодичність проведення ТО, витрата ЗЧ, термін служби машин, вузлів і агрегатів та ін. Залежно від умов експлуатації і тривалості використання спеціальних транспортних машин норми коригують, також можна прогнозувати витрату ЗЧ на майбутній період. При цьому рівень надійності спеціальних транспортних машин враховують. Різний рівень надійності мають машини різних марок і моделей, це вимагає уточнення значень коефіцієнтів коригування.

Збереження надійності спеціальних транспортних машин за умови економічного витрачання ресурсу трансмісії, силових агрегатів, ходової частини може бути одним зі способів підвищення ефективності вантажних перевезень. Шляхом зниження негативного впливу експлуатаційних, технологічних чинників і управління навантажувальними та швидкісними режимами роботи спеціальних транспортних машин при виконанні поставлених задач в конкретних зовнішніх умовах дозволяє досягнути позитивного ефекту.

За параметрами, які визначають навантажувальні процеси, а саме швидкісний режим роботи спеціальних транспортних машин можна оцінювати потребу в запасних частинах до , трансмісії, ходової частини, силових агрегатів Швидкість руху спеціальних транспортних машин, повна вага машини, витрата палива, конструктивні особливості спеціальних транспортних машин і тому подібне значно залежать від умов експлуатації.

В цілому витрата ресурсу вузла або агрегату складається з показників ресурсу окремих деталей ходової частини, силового агрегату, трансмісії  $L_{ni}$ . Це обумовлює утворення системи показників витрати ресурсу вузла або агрегату ходової частини, силового агрегату, трансмісії по групах А, В, С.

Вага  $\lambda$  показника ресурсу по окремих деталях ходової частини, силового агрегату, трансмісії спеціальних транспортних машин в загальному балансі

витрати ЗЧ потребує окремого роз'яснення. Усі  $\lambda_i$  складають загальну потребу в ЗЧ для виконання робіт з ТО і ПР спеціальних транспортних машин за період експлуатації, тому сума усіх складових показників ресурсу деталей ходової частини, силового агрегату, трансмісії спеціальних транспортних машин по усіх групах складає 100%, тобто  $\sum \lambda_i = 1$ .

До безрозмірних величин  $P_u$  доцільно перейти від  $L_{Pi}$  для зручності.

Рекомендується дотримуватися вимог:

- на початок введення в експлуатацію 0 дорівнює значення  $P_u$ , якщо  $L_{Pi}$  має початкове значення  $L_n$ ;

- значення  $P_u$ , дорівнює 1 у випадку коли  $L_{Pi}$  має значення  $L_{кр}$ , в цьому випадку потрібен ремонт ходової частини, силового агрегату, або трансмісії, тому потрібні всі деталі груп А, В, С;

- зростає величина  $P_u$  при витрачанні ресурсу  $L_{Pi}$ .

Величина  $L_{кр}$  може набути граничного значення  $R_{inped}$  при переході від  $L_{Pi}$  до  $P_u$ . При цьому, мінімально допустимим значенням  $P_u$  коли  $L_{кр} = 0$  в тому разі якщо дотримуватися рекомендованих вимог.

Розглянемо конкретний приклад переходу до  $P_u$  від  $L_{кр}$ . Можна використати в даному випадку різні варіанти: по сумарній витраті палива, по пробігу з початку експлуатації трансмісії, ходової частини, силового агрегату іншим разом, по ступеню зношеності деталей ходової частини, силового агрегату, трансмісії за результатами технічної діагностики.

переход до  $P_u$  від  $L_{крi}$  для агрегату складає:

по пробігу

$$R_i = \left( \frac{L_H}{L_{крi}} \right) \quad (4.1)$$

по сумарній витраті палива

$$R_i = \left( \frac{Q_{iзр}}{Q_{сум}} \right) \quad (4.2)$$

за результатами технічної діагностики ступеня зношеності сполучень

$$R_i = \left( \frac{\delta_{i3M}}{\delta_{\text{дон}}} \right), \quad (4.3)$$

де  $L_H$  - з початку експлуатації пробіг агрегату, км;

$L_{kpi}$  - до капітального ремонту нормативне значення ресурсу агрегату, км;

$Q_{i3p}$  - з початку експлуатації вузлів, агрегатів витрачена кількість палива, л;

$Q_{\text{сум}}$  - коли агрегат потребує капітальний ремонт сумарна витрата палива, л;

$\delta_{\text{дон}}$ ,  $\delta_{i3M}$  - допустиме і вимірне, відповідно, значення параметра діагностики ступеня зношеності деталей ходової частини, силового агрегату, трансмісії для деталей групи С.

Доцільно вибирати такі режими роботи силової установки при визначенні сумарної витрати палива, коли мінімальна величина питомої витрати палива, тобто  $g_e = g_{e\text{min}}$ . Середній ефективний тиск дорівнює  $P_e = 0,5P_{e\text{max}}$  при такому режимі, тоді частота обертання колінчастого валу -  $n = 0,6 \cdot n_{\text{max}}$ , в цьому випадку потужність складає  $N_{\text{дв}} = 0,3N_{\text{max}}$ , в цьому випадку буде мінімальна питома ефективна витрата палива. Найбільшому ресурсу ходової частини, силового агрегату, трансмісії відповідає така вибрана швидкість руху спеціальної транспортної машини тобто

$$V_a = D \cdot V_{\text{max}}, \text{ км} \quad (4.4)$$

Отже

$$Q_{\text{сум}} = \frac{0,3 \cdot N_{\text{max}} \cdot g_{e\text{min}} \cdot L_H}{\rho_m \cdot \delta \cdot V_{\text{max}}}, \text{ л.} \quad (4.5)$$

Для базових вантажних спеціальних транспортних машин на базі КрАЗ в табл. 4.1 представлені значення сумарної витрати палива.

За планований період роботи спеціальних транспортних машин сумарна витрата палива на виконання транспортної роботи визначається за виразом

$$Q_{од} = L_{mn} \cdot I \quad L_{mn} = (I_i + I_a \cdot q \cdot y \cdot \beta), \text{ л} \quad (4.6)$$

де  $L_{mn}$  - на планований період пробіг спеціальних транспортних машин, км;

$H_d, H_o$  - додаткова і основна норми, відповідно;

$G_{cp}$  - середня вантажопідйомність спеціальних транспортних машин, тонни;

$\beta, \gamma$  - коефіцієнти використання пробігу і вантажопідйомності, відповідно.

Таблиця 4.1 - Значення сумарної витрати палива спеціальних транспортних машин на базі КрАЗ

Марка автомобіля	Сумарна витрата палива, л
КрАЗ-255	88300
КрАЗ-260	74500
КрАЗ-5233	112500
КрАЗ-6322	85900
КрАЗ-6446	96572

Для бензинових і дизельних спеціальних транспортних машин розраховуються за перевезений вантаж додаткові норми витрати палива в л/100 ткм по формулах

$$H_{д}^K = 1,12 \cdot V_{\max} / V_a, \quad (4.7)$$

$$H_{д}^D = 0,64 \cdot V_{\max} / V_a \quad (4.8)$$

Показник потреби в ЗЧ для ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин в цілому розраховується за виразом

$$K_P^T = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot R_i, \quad (4.9)$$

Як суму частних показників  $P_u$  потреби в ЗЧ ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин з урахуванням коефіцієнту вагомості.

Показником потреби в ЗЧ коригується їх номенклатура, яка приведена на 100 спеціальних транспортних машин,

$$N_3 = n_3 \cdot K_n / A_{cn}, \quad (4.10)$$

де  $n_3$  - на 100 спеціальних транспортних машин кількість ЗЧ.

Значення вагомості показників ресурсу, як показала експертна оцінка, вузлів, агрегатів ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин розподіляється в співвідношенні, наведеному в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 - Значення вагомості показників ресурсу ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин

Кількість осей спеціальних транспортних машин	Групи деталей					
	Двовісний			Тривісний		
	А	В	С	А	В	С
ЦПГ	0,40	0,35	0,25	0,25	0,25	0,15
КШМ	0,15	0,15	0,25	0,15	0,15	0,30
КПП	0,15	0,20	0,25	0,15	0,30	0,25
Середній міст	-	-	-	0,15	0,15	0,15
Задній міст	0,30	0,30	0,25	0,20	0,15	0,25

З урахуванням швидкості  $f_{ur}$  спеціальних транспортних машин та витрати палива критерій потреби  $i_n$  в ЗЧ матиме  $A_{rt}$

$$K_n = 1 / \left[ Q_\phi \cdot V_a / 0.7 \cdot Q_{min} \cdot V_{max} \right] \geq 1.0, \quad (4.11)$$

де  $Q_{min}$ ,  $Q_\phi$ , - мінімальна і фактична сумарна витрата палива спеціальних транспортних машин, відповідно, л;

$V_a$ ,  $V_{max}$  - максимальна і середня технічна швидкість спеціальних транспортних машин, відповідно, км/год.

Нормативна витрата палива для вантажних спеціальних транспортних машин і сідельних тягачів на базі КрАЗ у складі машин-фургонів, вантажопасажирських машин, автопоїздів, здійснюють транспортну роботу, яка розраховується в тонно-километрах, розраховується за виразом

$$Q_H = 0.01(H_{san} \cdot S + H_W \cdot W) \cdot (1 + 0.01K_\Sigma), \text{ л} \quad (4.12)$$

$H_{san}$  - на пробіг витрати палива лінійна норма, л/100 км;

$H_W$  - на транспортну роботу норма, л/100 т-км;

$W$  - транспортної роботи об'єм, т-км.

$$W = q_H \cdot \gamma \times \beta \cdot L_H, \quad (4.13)$$

де  $q_H$  - вантажопідйомність номінальна, тонна;

$\gamma$  - використання вантажопідйомності коефіцієнт;

$\beta$  - використання пробігу коефіцієнт.

Критерій потреби в ЗЧ до ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин для сідельних тягачів і вантажних спеціальних транспортних машин у складі автомобілів-фургонів або автопоїздів, з урахуванням (3.16), (3.15), (3.13) після перетворень визначаються за виразом

$$K_{n_{ГЛ}} = 1 / \left[ \frac{0,05 \cdot V_a \cdot \rho_m \cdot \delta}{N_{\max} \cdot g_{e\min}} \times (H_{san} + H_W \cdot q_H \cdot \gamma \cdot \beta) \cdot (1 + 0.01 \cdot K_\Sigma) \right] \leq 1,0 \quad (4.14)$$

Для автопоїздів і машин-самоскидів за наведеним виразом визначається нормативна витрата палива

$$Q_H = 0.01H_{sanc} \cdot S \cdot (1 + 0,01K_\Sigma) + H_z \cdot Z, \quad (4.15)$$

де  $H_z$  - на їзду автомобіля-самоскида з вантажем норма витрати палива, л;

$Z$  - кількість маршрутів їзди з вантажем, ед.

З урахуванням виразів (3.8), (3.12) критерій потреби в ЗЧ для машин-самоскидів та автопоїздів має вигляд

$$K_{nc} = 1 / \left\{ \frac{0.05V_a \cdot \rho_m \cdot \delta}{N_{\max} \cdot g_{e\min}} \times [H_{sanc} (1 + 0.01K_{\Sigma}) + H_z \cdot Z] \right\} \leq 1.0 \quad (4.16)$$

Організацію транспортного процесу спеціальних транспортних машин характеризує приведений критерій, табл. 4.3.

Таблиця 4.3 - Характеристика для спеціальних транспортних машин організації транспортного процесу

Характеристика транспортного процесу	Відмінна	Хороша	Задовільна	Неудовлетворительная
Показник потреби в запасних частинах	1,05...1,15	1,09...1,45	1,39...1,76	1,69 і більше

Аналіз даних табл. 4.3, дозволяє відмітити, що заходи, які спрямовані на підвищення швидкості руху спеціальних транспортних машин або зменшення витрати палива силової установкою приведуть до зменшення потреби в ЗЧ для ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин.

Експлуатаційний показник ресурсу спеціальних транспортних машин встановлюється для ходової частини, силових агрегатів, трансмісії по мінімальному значенню  $R_{i\min}$ , тобто

$$K_P^C = R_{i\min} \quad (4.17)$$

Показник витрати ресурсу ходової частини, силових агрегатів, трансмісії для спеціальних транспортних машин, наприклад, у військовій частині, визначається по формулі

$$K_{ATП}^T = \frac{\sum_{i=1}^n K_{pi}^T A_i}{A_n} \quad (4.18)$$

де  $A_i$  - облікова кількість спеціальних транспортних машин.

Для спеціальних транспортних машин військової частини встановлюється експлуатаційний показник витрачання ресурсу ходової частини, силових агрегатів, трансмісії по експлуатаційному значенню спеціальних транспортних машин по формулі

$$K_{ATП}^C = \frac{\sum_{i=1}^n K_{ip}^C}{A_n} \quad (4.19)$$

Для оцінки технічного стану спеціальних транспортних машин військової частини застосовується коефіцієнт технічної готовності.

Коефіцієнт технічної готовності повною мірою не відображає реальний технічний стан спеціальних транспортних машин військової частини, а саме, пробіг, термін експлуатації, ступінь зношеності вузлів та агрегатів.

Доцільно використати для більш об'єктивної оцінки технічного стану спеціальних транспортних машин військової частини залежність

$$K_{П} = K_{ATП}^C / \alpha_T \quad , \quad (4.20)$$

де  $\alpha_T$  - технічної готовності коефіцієнт.

Аналіз результатів експериментальних і розрахункових досліджень вказують на доцільність списання спеціальних транспортних машин в разі  $K_{П} > 1,70$ .

Ефективність використання спеціальних транспортних машин є відношення показника потреби ЗЧ до ходової частини, силових агрегатів, трансмісії до показника  $З$  витрат на ТО, експлуатаційні матеріали, запасні частини, тобто

$$E = \frac{K_{П}}{З} \quad (4.21)$$

де  $Z$  - витрат на технічне обслуговування показник.

Отже, потреба в ЗЧ до ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин слід оцінювати за показником потреби в ЗЧ.

Показник потреби в ЗЧ до ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин на відміну від коефіцієнту технічної готовності спеціальних транспортних машин оцінює технічний стан спеціальних транспортних машин як на даний момент часу, так і на майбутній період використання спеціальних транспортних машин з урахуванням умов експлуатації.

4.2 Техніко-економічне обґрунтування доцільності застосування удосконаленої методики прогнозування потреби в ЗЧ для проведення робіт з ТО і ПР ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин

На підставі аналізу результатів експериментальних і теоретичних досліджень потреби в запасних частинах до ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин встановлено, що впровадження методів прогнозування і нормування витрати ЗЧ економічний ефект може досягатись за рахунок збільшення терміну роботи спеціальних транспортних машин на маршруті та зменшення втрат від простою внаслідок відсутності та дефіциту необхідного найменування ЗЧ. Економічний ефект від застосування результатів дослідження складе

$$E = (P_2 - P_1) \cdot A_{cn} = \Delta P \cdot A_{cn} \quad (4.22)$$

де  $E$  - економічний ефект річний, грн;

$P_1, P_2$  - прибуток від застосування отриманих результатів дослідження і при застосуванні методики прогнозування і нормування потреби в ЗЧ, грн;

$A_{cn}$  - кількість спеціальних транспортних машин облікова, од.

Прибуток при транспортній роботі спеціальних транспортних машин визначається за виразом

$$П = Д - З_m - З_c - З_{ш} - З_{то} - З_n - З_o - З_{зн} \quad , \quad (4.23)$$

де  $Д$  - від транспортної роботи спеціальних транспортних машин доход, грн;

$З_m$  - на паливо витрати, грн;

$З_c$  - на мастильні матеріали витрати, грн;

$З_{ш}, З_{ТО}$  - на технічне обслуговування і шини витрати, відповідно, грн;

$З_n$  - витрати накладні, грн;

$З_o$  - за основні фонди плата, грн;

$З_{зн}$  - водія без простою заробітна плата, грн

У вказану групу введення витрат на ТО і поточний ремонт пов'язане з несправностями та зносом сполучень ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин, які виникають внаслідок виконання транспортної роботи. Виконання робіт з ТО і ПР служить для підтримання та забезпечення працездатного стану спеціальних транспортних машин. У разі простою спеціальних транспортних машин робота не виконується, але при цьому мають місце витрати. А саме плату за основні фонди, амортизаційні відрахування на відновлення спеціальних транспортних машин, накладні витрати, зарплату водіїв, вона нараховується залежно від характеру виконаної нею роботи.

Збиток від простою спеціальних транспортних машин визначається за формулою

$$П = Д - З_a - З_n - З_o - З_{зн}^{np} \quad , \quad (4.24)$$

де  $З_n$  - при простое спеціальних транспортних машин в ремонті зарплата водія, грн;

$З_a$  - на відновлення спеціальних транспортних машин амортизаційні відрахування, грн.

Витрати на ТО і ПР при просте спеціальних транспортних машин дорівнюють нулю, оскільки спеціальні транспортні машини не зношується.

З виразу (3.26) віднімаючи вираз (3.27) отримаємо збиток від простою

$$П = Д - З_m - З_c - З_{ш} - З_{то} - З_{зн}^{np} - З_{зн} \quad (4.25)$$

Прямого доходу від використання спеціальних транспортних машин у військовій частині немає, але умовний дохід при використанні спеціальних транспортних машин визначається з вираження

$$D = l_c \cdot C_{км}, \text{ грн} \quad (4.26)$$

або

$$D = T_{роб} \cdot C_ч, \text{ грн} \quad (4.27)$$

де  $l_c$  - пробіг спеціальних транспортних машин, добовий, км;

$T_{роб}$  - тривалість роботи спеціальних транспортних машин, год;

$C_ч, C_{км}$ , - тариф вартості або однієї години роботи, грн/год, або одного кілометра, грн/км, відповідно.

Простої під час ТО і поточного ремонту, та збитки, що утворюються, це наднормативні витрати

$$П_y = П_ф - П_n, \quad (4.28)$$

де  $П_n, П_ф$  - нормативний і фактичний простой спеціальних транспортних машин, відповідно дн/тис.км.

Збитки внаслідок відсутності ЗЧ  $i$ -го найменування, які викликають простої, розраховуються за виразом

$$П_{y_{зч}} = П_ф \cdot П_i, \quad (4.29)$$

де  $К_i$  - частка простою спеціальних транспортних машин, яка викликана відсутністю ЗЧ  $i$ -го найменування на складі.

На одну спеціальну транспортну машину збитки за рік через відсутність необхідних деталей для ТО ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин складають

$$П_{z_{зч}} = П_{y_{зч}} \cdot \bar{L}_z, \quad (4.30)$$

де  $\bar{L}_z$  - спеціальних транспортних машин середній пробіг за рік, тис.км.

Величина збитку за рік від простою спеціальних транспортних машин внаслідок відсутності необхідного найменування деталей складає

$$P_2 = P_{2_{зч}} + \Delta P, \quad (4.31)$$

За умови вчасного постачання ЗЧ необхідної кількості та найменування за рахунок використання удосконаленої методики економічний річний ефект у розрахунку на одну спеціальну транспортну машину складе

$$P_2 = \epsilon_2 \quad . \quad (4.32)$$

У табл. 4.4 приведені на одну спеціальну транспортну машину вихідні дані і результати розрахунку ефективності економічної прогнозування і нормування потреби в ЗЧ.

Таблиця 4.4 - Економічна ефективність прогнозування і нормування потреби в номенклатурі та кількості ЗЧ для ТО ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин

Найменування показників	Умовні позначення	Кількісні показники
Величина втрат від простою спеціальних транспортних машин, грн/день	$\Delta P$	310
Нормативний простій спеціальних транспортних машин, дн/тис.км	$P$	0,40
Фактичний простій спеціальних транспортних машин, дн/тис.км	$P\Phi$	0,75
Доля простою спеціальних транспортних машин через відсутність деталей потрібного найменування, %	$Ki$	3,6
Простий через відсутність вузла, агрегата, деталей і-го найменування дн/тис.км	$P_{у_{зч}}$	0,1203
Середній річний пробіг спеціальних транспортних машин, км	$L_2$	50
Простий спеціальних транспортних машин за рік через відсутність деталей потрібного найменування, дні/тис.км	$P_{\epsilon_{у_{зч}}}$	0,21
Загальний економічний ефект, грн/рік	$\epsilon_{\Gamma}$	2200

Про високу економічну ефективність прогнозування і нормування необхідної потреби в ЗЧ ходової частини, силових агрегатів, трансмісії

спеціальних транспортних машин свідчать отримані результати, при цьому враховуються зовнішні умови транспортної роботи спеціальних транспортних машин та необхідності практичної реалізації удосконаленої методики призводить до значного резерву підвищення експлуатаційної надійності спеціальних транспортних машин.

### Висновки по четвертому розділу

1. Сформульовані вимоги до сучасних систем управління постачанням ЗЧ спеціальних транспортних машин. Встановлено, що визначення попиту ЗЧ, вузлів, агрегатів по конкретній спеціальній транспортній машини можна ефективно вирішувати індивідуальними методами за енергетичними витратами спеціальних транспортних машин на транспортну роботу. Це дозволяє реалізувати проекти по автоматизації складання замовлень по необхідних запасних частинах, збільшуючи швидкість обробки даних і точність постановки прогнозу потреби в запасних частинах на заданий період.

Встановлено, що потреба в запасних частинах до ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин слід оцінювати за показником потреби в запасних частинах. На відміну від коефіцієнта технічної готовності показник потреби в запасних частинах оцінює технічний стан спеціальних транспортних машин не лише в даний момент часу, але і на майбутній період експлуатації спеціальних транспортних машин.

2. Економічна політика ремонтних підрозділів, при якій потрібний перехід на наступний ступінь розвитку за допомогою ефективності нормування і прогнозування необхідної потреби в запасних частинах ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин на рік складає 2200 грн.

3. Потреба в запасних частинах до ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин оцінюється показником витрати запасних частин. При значеннях показника витрати запасних частин більше

1,70 виникає необхідність зняття з експлуатації або списання спеціальних транспортних машин.

## ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз показав, що наявні методика не враховують чинники, що впливають на витрату запасних частин, що призводить до розриву між нормативною і фактичною потребою в запасних частинах до ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин. Розбіжності між поточною потребою і нормою запасних частин досягають в деяких випадках більше 100%. При цьому відсутній облік фізичних параметрів умов експлуатації спеціальних транспортних машин в розрахунках, які спотворюють результати визначення нормативної потреби в запасних частинах до ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин за групами А, В, С.

2. Розв'язано наукове завдання з проблеми комплексного управління забезпечення запасними частинами до ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин, яке підвищує технічну готовність і продуктивність спеціальних транспортних машин. Наукове значення комплексних результатів полягає в підтримці працездатності ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин на основі методів і моделей, що встановлюють необхідну номенклатуру запасних частин.

3. Виявлено сукупність і зроблена кількісна оцінка конструктивних факторів, що викликають зміну потреби в запасних частинах до ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин. Встановлено аналітичні залежності потреби в запасних частинах за групами А, В, С, для ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин в заданих умовах експлуатації рухомого складу.

4. Розроблено аналітичні методи прогнозування потреби в запасних частинах до ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин за групами А, В, С, які враховують виконану транспортну роботу, технічний стан ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин, а також зовнішні умови експлуатації конкретної машини, які враховують транспортну роботу (швидкість руху, обсяг перевезеного вантажу і витрату палива), особливості конструкції і технічний

стан конкретного автомобіля.

5. Розроблено метод прогнозування оптимальної потреби в запасних частинах до ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин деталей А, В, С, який враховує комплексний вплив енергетичних затрат на виконання транспортної роботи, а також майстерність водіїв.

6. Отримано закономірності, на основі яких розроблена оцінка потреби в запасних частинах до ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин за групами з урахуванням енергетичних затрат на транспортну роботу, конструктивно-технологічні параметри, ступінь зношеності вузлів, агрегатів і культури експлуатації транспортних засобів.

7. Оцінено діяльність керівних органів, значимість факторів зовнішніх умов при експлуатації, як вони впливають на витрату запасних частин для ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин, при цьому виявлено, що істотний вплив на витрату запасних частин надає швидкість руху машини і лінійний витрата палива.

8. Визначено базовий режим експлуатації транспортного засобу в якому найменша потреба в запасних частинах спостерігається при середній швидкості руху транспортного засобу в період експлуатації  $(0,55 \dots 0,7) V_{\max}$  з мінімальною витратою палива. Цей режим експлуатації спеціальних транспортних машин слід приймати за базовий. Так, при відхиленні середньої швидкості руху спеціальних транспортних машин від оптимальної на 20 км/год і 30 км/ч спостерігається збільшення потреби в запасних частинах на 150-370%, а із збільшенням лінійного витрати палива - на 175-290%.

9. Конструктивні зміни спеціальних транспортних машин, такі як радіус кочення колеса, ККД трансмісії машини, передавальні числа головної передачі викликають підвищення попиту на запасні частини до 5...12%. Збільшення швидкості руху спеціальних транспортних машин в 1,5...2,0 рази призводить до зниження попиту на запасні частини груп А, В до ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин в 1,3...1,8 рази, а при роботі спеціальних транспортних машин при русі зі швидкістю нижче 20 км/год, спостерігається різке збільшення попиту на деталі групи С до ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Організація експлуатації озброєння та військової техніки. – К.: НАОУ, 1998. – 615 с.
2. Баранов А.М. Аналіз факторів, які впливають на формування номенклатури та кількості запасних частин для проведення робіт з технічного обслуговування і ремонту машин інженерного озброєння / А.М. Баранов, Ю.М. Баранов // Збірник наукових праць НА ДПСУ. Серія: військові та технічні науки. – 2018. – №2 (76). – С. 27–34
3. Поляков А.П. Математична модель визначення періодичності проведення та обсягів робіт технічного обслуговування / А.П. Поляков, О.Г.Чепак // Труди академії 2004. – № 57. – С. 325 – 331.
4. Сисоєв О.О. Проблеми, тенденції і перспективи розвитку систем технічного забезпечення військ (сил) у війнах і збройних конфліктах кінця ХХ і початку ХХІ століття. / О.О. Сисоєв. – Київ. НАО. 2004. – 39с.
5. Антонюк О.П. Обґрунтування вихідних принципів розробки методу формування номенклатури та кількості запасних частин / О.П. Антонюк, А. М. Баранов, С.С. Коробов, Б.С. Мар'яно. // Вісник ЖДТУ. – 2014. – №2 (69). – С. 10–14.
6. Кривцун В.І. Аналіз досліджень по визначенню номенклатури та кількості запасних частин для технічного обслуговування і ремонту машин інженерного озброєння / В.І. Кривцун, А.М. Баранов. // Збірник наукових праць ВІ КНУ. – 2016. – №51. С. 64–72.
7. Баранов А.М. Обґрунтування критерію оцінки ефективності застосування методики визначення номенклатури та кількості запасних частин для ремонту машин інженерного озброєння / А.М. Баранов. // Збірник наукових праць НА ДПСУ. – 2016. – №1 (47). С. 266–273.
8. Баранов А. М. Проведення експериментального дослідження впливу напрацювання та терміну перебування машин інженерного озброєння в експлуатації на ймовірність їх безвідмовної роботи / А.М.Баранов // Збірник наукових праць НА ДПСУ. Серія: військові та технічні науки. – 2018. – №2 (76). – С. 27–34
9. Караван А.А. Математична модель визначення додаткових впливів щодо підтримання машин спеціального призначення у працездатному стані/ А.А. Караван, А.М. Баранов, В.Й. Нагачевський. // Вісник машинобудування та

транспорту ВНТУ. – 2016. – №1. – С. 43–51.

10. Сирота В.І. Основи конструкції автомобілів: Навчальний посібник. / В.І. Сирота - К.: Арістей, 2005. - 280 с.

11. Біліченко В.В. Основи конструкції автомобілів. Трансмсія / В.В.Біліченко, В.Й.Зелінський, С.М.Севостьянов – Вінниця, ВНТУ, 2003. – 56 с.

12. Біліченко В.В. Основи конструкції автомобілів. Ходова частина / В.В.Біліченко, В.Й.Зелінський, С.М.Севостьянов – Вінниця, ВНТУ, 2006. – 60 с.

13. Автомобілі. Теорія експлуатаційних властивостей: навчальний посібник / В.В. Біліченко, О.Л. Добровольський, В.О. Огневий, Є.В. Смирнов – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 163 с.

14. Буренніков Ю.А. Автомобілі: робочі процеси та основи розрахунку: навчальний посібник МОНМС України / Ю.А.Буренніков, А.А.Кашканов, В.М.Ребедаєло. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 283 с.

15. Автомобілі. Робочі процеси та основи розрахунку. Проектування підвіски автомобіля / В.В.Біліченко, О.Л.Добровольський, Є.В.Смирнов, В.О.Огневий – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 78 с.

16. Автомобілі. Теорія експлуатаційних властивостей: лабораторний практикум / В.В.Біліченко, О.Л.Добровольський, Є.В.Смирнов, В.О.Огневий – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 86 с.

17. Стороженко Я. В. Теоретичні підходи до визначення потреби в запасних частинах для спеціальних машин військового призначення в залежності від їх технічного стану / А.П. Поляков, Л. В.Мороз, Я. В. Стороженко // Матеріали V Міжнародна науково-технічна інтернет-конференція «Актуальні проблеми бойового застосування, експлуатації і ремонту зразків озброєння та військової техніки» - 2025. Режим доступу до ел. ресурсу:

18. Стороженко Я. В. Обґрунтування зміни потреби в запасних частинах для спеціальних машин військового призначення залежно від зовнішніх умов експлуатації / А.П. Поляков, Л. В.Мороз, Я. В. Стороженко // Матеріали V Міжнародна науково-технічна інтернет-конференція «Актуальні проблеми бойового застосування, експлуатації і ремонту зразків озброєння та військової техніки» - 2025. Режим доступу до ел. ресурсу:

## ДОДАТКИ

## ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Покращення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту спеціальних транспортних машин автомобільної роти бази забезпечення Командування Повітряних Сил Збройних Сил України удосконаленням алгоритму проведення робіт

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism (КПІ) 13,2 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- У роботі виявлено ознаки академічного плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

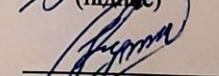
Цимбал С.В., завідувач кафедри АТМ

(прізвище, ініціали, посада)

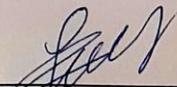
  
(підпис)

Кужель В.П., доцент кафедри АТМ

(прізвище, ініціали, посада)

  
(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку

  
(підпис)

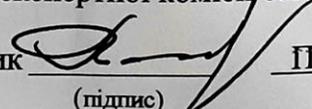
Цимбал О.В.

(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник

(підпис)

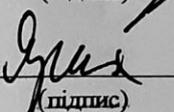


Поляков А.П., професор кафедри АТМ

(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач

(підпис)



Стороженко Я.В.

(прізвище, ініціали)

Вінницький національний технічний університет

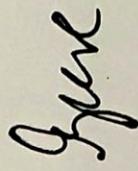
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

***Магістерська кваліфікаційна робота на тему: Покращення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту спеціальних транспортних машин автомобільної роги бази забезпечення Командування Повітряних Сил Збройних Сил України удосконаленням алгоритму проведення робіт***

**Керівник:** Д.Т.Н., професор А.П.Поляков



**Роботу виконав:** Стороженко Я.В., навчальна група ІАГ-24м



Вінниця 2025

## Мета роботи

- покращення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту спеціальних транспортних машин автомобільної роти бази забезпечення Командування Повітряних Сил Збройних Сил України удосконаленням алгоритму проведення робіт..

## Предмет дослідження

- узагальнення та розробка методів прогнозування потреби в запасних частинах силової установки, трансмісії та ходової частини спеціальних транспортних машин в різних умовах експлуатації.

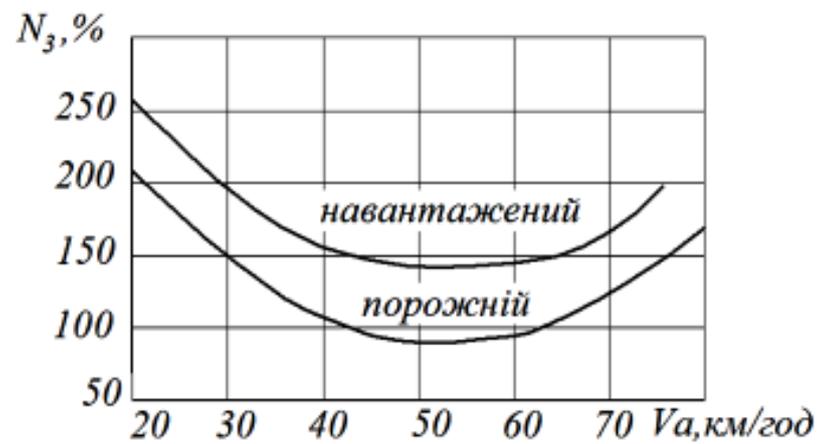
## Об'єкт дослідження

- прогнозування відмов елементів спеціальних транспортних машин і витрати запасних частин силової установки, трансмісії та ходової частини в різних умовах експлуатації.

## ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ МЕТИ НЕОБХІДНО ВИРШИТИ НАСТУПНІ ЧАСТКОВІ ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ:

- оцінити впливу робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту в ремонтному підрозділі автомобільної роти бази забезпечення на надійність спеціальних транспортних машин;
- обґрунтувати теоретичні підходи до визначення потреби в запасних частинах для спеціальних транспортних машин в залежності від технічного стану їх вузлів та агрегатів;
- обґрунтувати зміни потреби в ЗЧ та витратних матеріалах для виконання робіт з ТО та ПР залежно від зовнішніх умов експлуатації спеціальних транспортних машин на міцність;
- дослідити вплив умов експлуатації та технічного стану спеціальних транспортних машин на потребу в ЗЧ для проведення робіт з ТО і ПР;
- удосконалити методику прогнозування номенклатури та чисельності ЗЧ для проведення робіт з ТО і ПР спеціальних транспортних машин;
- розробити рекомендації щодо покращення ефективності системи ТО та ПР спеціальних транспортних машин автомобільної роти бази забезпечення командування Повітряних Сил Збройних Сил України;
- провести техніко-економічне обґрунтування доцільності застосування удосконаленої методики прогнозування потреби в ЗЧ для проведення робіт з ТО і ПР ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин.

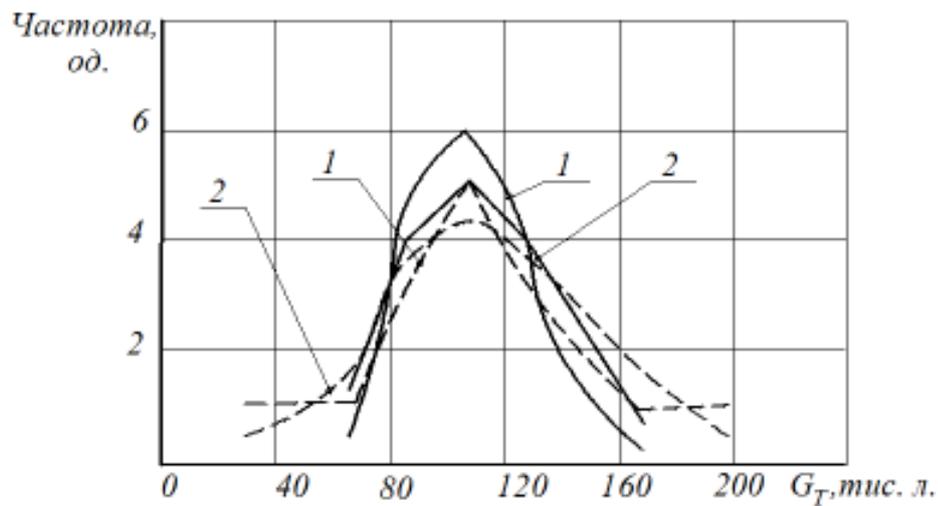




Зміна потреби в ЗЧ до двигунів спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322 від швидкості руху та маси машини

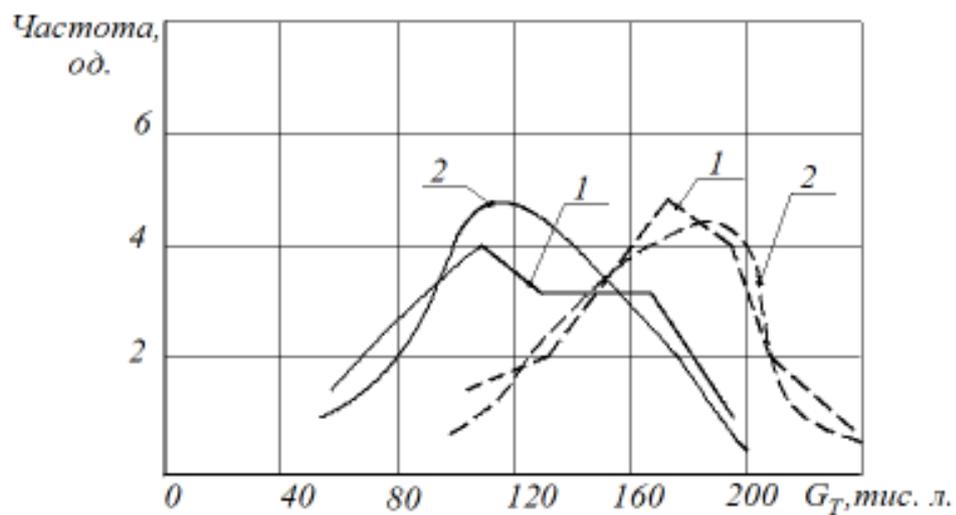


Принципова схема обробки даних по вивченню потреби в запасних частинах спеціальних транспортних машин



1-полігон розподілення; 2-диференційна функція закону розподілення  
 ----- - деталі заднього; - - - - - - - деталі переднього мостів

Розподіл попиту на ЗЧ групи А мостів автомобіля КрАЗ



1-полігон розподілення; 2-диференційна функція закону розподілення  
 ----- - деталі головної передачі; - - - - - - - деталі коробки передач

Розподіл попиту на деталі групи А коробки передач і двигунів  
 ЯМЗ-238ДЕ2 спеціальних транспортних машин КрАЗ-6322

Характеристика розподілу потреби на ЗЧ групи С ходової частини,  
 силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин  
 КраЗ-6322, що працюють в різних умовах експлуатації

Найменування ходової частини, силових агрегатів, трансмісії	Характеристика розподілу потреби в запасних частинах до ходової частини, силових агрегатів, трансмісії						
	Середнє значення $Q_{\text{ср}}$ тис.	Граніці при $P_x = 0,95$		Середнє квадратичне відхилення, $\sigma$ тис. л	Коефіцієнт варіації, $V$	Критерій згоди, $\chi^2$	Теоретичний закон розподілу
		нижня $Q_{\text{ср}}^{\text{н}}$ тис.	верхня $Q_{\text{ср}}^{\text{в}}$ тис.				
Циліндро-поршнева група	109,0	88,26	116,72	25,0	0,23	1,4	Нормальний
	135,0	97,15	128,84	36,0	0,40	2,9	
Кривошипно-шатунний механізм	174,0	170,70	186,30	29,0	0,26	0,65	Нормальний
	115,0	96,72	127,27	37,0	0,42	1,2	
Коробка передня	166,0	162,58	192,42	32,0	0,29	0,5	Нормальний
	124,0	108,6	128,42	35,0	0,38	0,8	
Ведучий міст	118,0	108,67	127,33	24,0	0,28	2,6	Нормальний
	153,0	149,3	165,7	31,0	0,30	1,8	

Значення вагомості показників ресурсу ходової частини,  
 силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин

Кількість осей спеціальних транспортних машин	Групи деталей					
	Двовісний			Тривісний		
	А	В	С	А	В	С
ЦПГ	0,40	0,35	0,25	0,25	0,25	0,15
КШМ	0,15	0,15	0,25	0,15	0,15	0,30
КПП	0,15	0,20	0,25	0,15	0,30	0,25
Середній міст	-	-	-	0,15	0,15	0,15
Задній міст	0,30	0,30	0,25	0,20	0,15	0,25

Характеристика для спеціальних транспортних машин  
організації транспортного процесу

Характеристика транспортного процесу	Відмінна	Хороша	Задовільна	Неудовлетворительная
Показник потреби в запасних частинах	1,05...1,15	1,09...1,45	1,39...1,76	1,69 і більше

Економічна ефективність прогнозування і нормування потреби в номенклатурі та кількості ЗЧ для ТО ходової частини, силових агрегатів, трансмісії спеціальних транспортних машин

Найменування показників	Умовні позначення	Кількісні показники
Величина втрат від простою спеціальних транспортних машин, грн/день	$\Delta П$	310
Нормативний простій спеціальних транспортних машин, дн/тис.км	$П$	0,40
Фактичний простій спеціальних транспортних машин, дн/тис.км	$ПФ$	0,75
Доля простою спеціальних транспортних машин через відсутність деталей потрібного найменування, %	$Кі$	3,6
Простій через відсутність вузла, агрегата, деталей і-го найменування дн/тис.км	$Пу_{ix}$	0,1203
Середній річний пробіг спеціальних транспортних машин, км		50
Простій спеціальних транспортних машин за рік через відсутність деталей потрібного найменування, дні/тис.км	$Пу_{yr}$	0,21
Загальний економічний ефект, грн/рік	$Єг$	2200

### НОВИЗНА РОБОТИ:

Новизна магістерської кваліфікаційної роботи полягає у розробці методології покращення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту спеціальних транспортних машин, які тривалий час використовуються у підрозділах військових частин та показники надійності яких не відповідають вимогам сьогодення.

Запропоновано метод прогнозування і нормування витрат запасних частин та витратних матеріалів для проведення робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту спеціальних транспортних машин з урахуванням їх вікового складу та інтенсивності експлуатації.

### ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ РОБОТИ:

Розроблено рекомендації щодо покращення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту спеціальних транспортних машин автомобільної роти бази забезпечення Командування Повітряних Сил Збройних Сил України удосконаленням методу прогнозування і нормування витрат запасних частин та витратних матеріалів.

Виконано техніко-економічне обґрунтування і розроблено рекомендації щодо підвищення ефективності функціонування системи технічного обслуговування та ремонту спеціальних транспортних машин автомобільної роти бази забезпечення Командування Повітряних Сил Збройних Сил України за рахунок удосконалення алгоритму проведення робіт.