

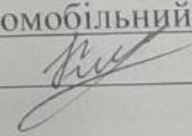
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

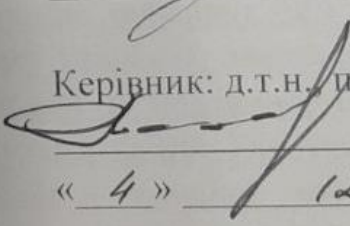
на тему:

«Покращення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів автомобільної роти бази забезпечення Командування Повітряних Сил Збройних Сил України удосконаленням методу прогнозування їх технічного стану»

Виконав: студент 2-го курсу, групи
1АТ-22м спеціальності 274 –
Автомобільний транспорт

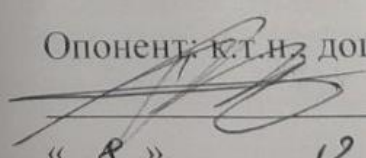
 Клімишин І.В.

Керівник: д.т.н., професор каф. АТМ

 Поляков А.П.

« 4 » 12 2023 р.

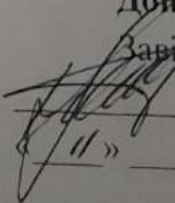
Опонент: к.т.н.з доцент каф. ГМ

 Слабкий А.В.

« 8 » 12 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ

 к.т.н., доц. Цимбал С.В.

« 11 » з грудня 2023 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.

«19» 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Клімишину Іллі Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Покращення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів автомобільної роти бази забезпечення Командування Повітряних Сил Збройних Сил України удосконаленням методу прогнозування їх технічного стану.

керівник роботи Поляков Андрій Павлович, д.т.н., професор,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «18» вересня 2023 року № 247.

2. Строк подання студентом роботи: 04.12.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Вимоги до конструкції та експлуатації автотранспортних засобів (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 роти бази забезпечення Командування Повітряних Сил Збройних Сил України; район експлуатації автомобілів – Україна; досліджувані моделі АТЗ – автомобілі КрАЗ-6322; об'єкт дослідження – процеси забезпечення надійності АТЗ та їх вплив на безпеку руху в системі «водій–автомобіль–дорога–середовище»; похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%.

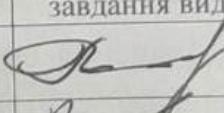
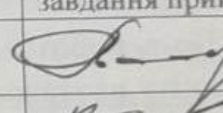
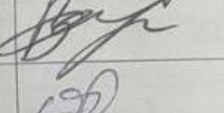

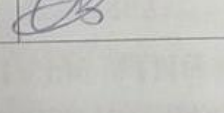
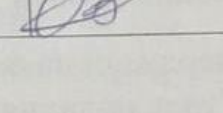
4. Зміст текстової частини:

- 1 Аналіз виникнення змін технічного стану зразків військової автомобільної техніки.
- 2 Удосконалений метод прогнозування технічного стану військової автомобільної техніки.
- 3 Розрахункові дослідження зміни технічного стану військової автомобільної техніки.
- 4 Техніко-економічне обґрунтування і рекомендації щодо покращення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів автомобільної роти бази забезпечення.
- 5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
1-3 Тема, мета та завдання дослідження.

- 4 Структурна схема автомобіля КрАЗ-6322
- 5 Схема зміни параметрів технічного стану й проведення попереджувальних заходів.
- 6 Схема зміни показників військового автомобіля у часі
- 7 Варіація ресурсу і технічного стану систем, вузлів та агрегатів автомобіля.
- 8 Етапи реалізації методу прогнозування технічного стану військових автомобілів
- 9 Залежність параметра потоку відмов військового автомобіля ω від напрацювання S
- 10 Залежність імовірності безвідмовної роботи військових автомобілів від напрацювання і терміну перебування в експлуатації.
- 11 Залежність кількості відмов від терміну перебування військового автомобіля в експлуатації
- 12-14 Співвідношення кількості відмов у військових автомобілів терміном перебування в експлуатації 3, 5 та 7 років та пробігом 105 тис. км
- 15 Витрати на технічне обслуговування і ремонти військового автомобіля в залежності від терміну перебування в експлуатації, тис. грн.
- 16 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	Огневий В.О., доцент кафедри АТМ		
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Березюк О.В., професор кафедри БЖДПБ		

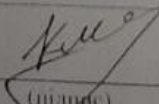
7. Дата видачі завдання « 19 » вересня 2023 р.

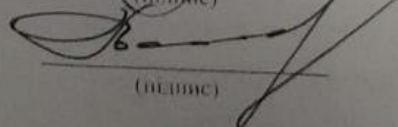
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	19.09-02.10.2023	виконано
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	19.09-02.10.2023	виконано
3	Обґрунтування методів досліджень	19.09-02.10.2023	виконано
4	Розв'язання поставлених задач	03.10-20.11.2023	виконано
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	21.11-29.11.2023	виконано
6	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	07.11-27.11.2023	виконано
7	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих рішень»	07.11-27.11.2023	виконано
8	Нормоконтроль МКР	30.11-04.12.2023	виконано
9	Попередній захист МКР	05.12-07.12.2023	виконано
10	Рецензування МКР	08.12-11.12.2023	виконано
11	Захист МКР	12.12-22.12.2023	виконано

Студент

Керівник роботи


(підпис)


(підпис)

Клімишин І.В.

Поляков А.П.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВИНИКНЕННЯ ЗМІН ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗРАЗКІВ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ.....	7
1.1 Фактори, що впливають на технічний стан військової автомобільної техніки.....	7
1.2 Аналіз виникнення несправностей систем військової автомобільної техніки.....	10
1.3 Параметри оцінки зміни технічного стану основних деталей, вузлів та агрегатів автомобіля КраЗ-6322.....	12
1.4 Вибір критерію оцінки технічного стану військового автомобіля.....	19
Висновки по першому розділу.....	28
РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕНИЙ МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ.....	30
2.1 Аналіз існуючих методів прогнозування технічного стану військової автомобільної техніки.....	30
2.2 Удосконалений метод прогнозування технічного стану військової автомобільної техніки.....	41
2.3 Математична модель прогнозування технічного стану військових автомобілів.....	45
Висновки по другому розділу.....	51
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ.....	53
3.1 Визначення необхідної кількості військових автомобілів для проведення розрахункового дослідження.....	53
3.2 Розрахунок параметру потоку відмов військового автомобіля та імовірності його безвідмовної роботи.....	57
3.3 Перевірка адекватності математичної моделі прогнозування технічного стану військових автомобілів.....	61
Висновки по третьому розділу.....	67
РОЗДІЛ 4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ І РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ АВТОМОБІЛЬНОЇ РОТИ БАЗИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	69

4.1 Розробка рекомендацій щодо покращення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів автомобільної роти бази забезпечення.	69
4.2 Техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів щодо покращення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів автомобільної роти бази забезпечення.	76
Висновки по четвертому розділу	79
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	81
5.1 Технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці	82
5.2 Технічні рішення з безпеки під час проведення підвищення ефективності.	84
Висновки по п'ятому розділу	90
ВИСНОВКИ	91
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	94
ДОДАТКИ.	97

ВСТУП

Актуальність теми. Під час експлуатації військової автомобільної техніки під впливом зовнішніх і внутрішніх факторів в її системах відбувається зміна технічного стану, що погіршує технічні характеристики, і навіть може призвести до виходу з ладу автомобіля в цілому. Система технічного обслуговування (ТО) та ремонту створена для підтримки військової автомобільної техніки в працездатному стані, вона носить планово-попереджувальний характер і ґрунтується на середньостатистичному напрацюванні автомобіля.

Ремонтно-профілактичні роботи проводяться у терміни, визначені нормативами в залежності від типу військової автомобільної техніки та її пробігу, що передбачає існуюча система ТО і ремонту автомобілів. Проте після виконання робіт з ТО не виключені випадки появи відмов і несправностей через те, що більшість робіт з ТО і ремонту військової автомобільної техніки здійснюється без урахування фактичного технічного стану елементів автомобіля [2].

Не повністю задовольняє зростаючі вимоги до безпеки дорожнього руху та економічної експлуатації рухомого складу автомобілів виконання профілактичних і ремонтних робіт на військової автомобільної техніці в заздалегідь запланований термін або після певного напрацювання. Передчасно або із запізненням виконуються деякі профілактичні роботи. Система технічного обслуговування і ремонту автомобілів за фактичним станом є більш економічною ніж існуюча система.

Це пояснюється тим, що, в залежності від виконаного автомобілем пробігу, а не стану його вузлів та агрегатів, визначаються нормативний пробіг до чергового технічного обслуговування та обсяги ремонтних робіт.

Найбільш ефективним методом підвищення експлуатаційної надійності військової автомобільної техніки є прогнозування технічного стану агрегатів та вузлів, оскільки дозволяє підтримувати її справний стан шляхом своєчасного проведення заходів щодо технічного обслуговування і ремонту тільки тих вузлів, які напрацювали до передграничного стану.

Виникла необхідність проведення дослідження щодо удосконалення методу прогнозування технічного стану військової автомобільної техніки та визначення обсягів ремонтних робіт, виходячи із фактичного стану вузлів та агрегатів автомобіля для зменшення витрат на технічне обслуговування та ремонт військової автомобільної техніки та підвищення її надійності.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дана робота виконувалась в рамках науково-дослідної роботи кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету. Результатом виконання магістерської роботи стало дослідження надійності військової автомобільної техніки та розробка рекомендації щодо підвищення її працездатного стану.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є розробка рекомендацій щодо підвищення надійності військової автомобільної техніки на основі застосування методу прогнозування технічного стану автомобіля.

Для досягнення поставленої мети визначено такі основні завдання:

- аналіз існуючих методів прогнозування технічного стану автомобільної техніки під час експлуатації;
- удосконалення методу прогнозування технічного стану автомобіля під час експлуатації;
- розробка математичної моделі прогнозування технічного стану автомобіля під час експлуатації;
- перевірка адекватності математичної моделі;
- проведення розрахунково-експериментальних досліджень зміни технічного стану основних вузлів військової автомобільної техніки під час експлуатації;
- розробка рекомендацій щодо запропонованих заходів підтримки справного стану військової автомобільної техніки та їх техніко-економічне обґрунтування.

Об'єкт дослідження - системи та вузли автомобіля.

Предмет дослідження - показники надійності автомобілів (параметр потоку відмов, імовірність безвідмовної роботи, інтенсивність відмов).

Методи досліджень. Математичне, фізичне та імітаційне моделювання покладено в основу методу прогнозування технічного стану автомобіля під час експлуатації.

Новизна одержаних результатів. Новизна удосконаленого методу прогнозування технічного стану військової автомобільної техніки, в порівнянні з існуючим, полягає у визначенні, з врахуванням терміну перебування військової автомобільної техніки в експлуатації на основі визначення параметру потоку відмов найменш надійних систем, вузлів і агрегатів автомобіля, необхідних обсягів додаткових робіт по технічному обслуговуванню і ремонту автомобіля.

Практичне значення одержаних результатів. Безвідмовну роботу автомобіля протягом визначеного напрацювання до проведення номерних технічних обслуговувань за рахунок попередження виникнення можливих відмов елементів автомобіля шляхом проведення визначеного обсягу контрольно-технічних обслуговувань які за своєю вартістю є нижчими від вартості виконання робіт по усуненню відмови може забезпечити впровадження удосконаленого методу прогнозування технічного стану військової автомобільної техніки дозволить.

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 надійності автомобіля, розроблено алгоритм реалізації удосконаленого методу визначення переліку робіт та терміну виконання контрольно-технічних обслуговувань [30].

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ВИНИКНЕННЯ ЗМІН ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗРАЗКІВ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

1.1 Фактори, що впливають на технічний стан військової автомобільної техніки

На технічний стан військової автомобільної техніки впливають конструктивні, технологічні, експлуатаційні та інші фактори [4].

Конструктивні фактори визначаються точністю взаємного розташування поверхонь та осей спільно працюючих деталей; формами й розмірами деталей (від них залежить тиск на поверхню деталі, концентрація напружень, ударна міцність і міцність від втоми металу); жорсткістю конструкції (властивістю деталей, особливо базових та основних, деформуватися під дією навантажень); правильним вибором посадок, які забезпечують надійну роботу спряжень, та ін.

Від застосування відповідної термічної обробки та складальних робіт (центрування, співвісності, регулювання зазорів, якості кріплення) та якості матеріалів, які використовуються для виготовлення деталей, будуть залежати технологічні фактори.

Експлуатаційні фактори залежати від дорожніх, транспортних і кліматичних умов. Вони мають найбільший вплив на технічний стан автомобіля. Типом, станом і міцністю покриття, поздовжнім профілем дороги, режимом руху, видимістю характеризуються дорожні умови. Температурою і вологістю повітря, атмосферним тиском, кількістю опадів, силою і напрямком вітру, тривалістю снігового покриву визначаються кліматичні умови в різні періоди року. Обсяг і відстань перевезень, умови навантаження і розвантаження, особливості організації перевезень, умов зберігання, обслуговування та ремонту автомобілів охоплюють транспортні умови.

Швидкісні і навантажувальні режими деталей, механізмів та агрегатів автомобілів і термін їх безвідмовної роботи змінюються залежно від умов експлуатації.

Деталі інтенсивніше спрацьовуються, настає втома металу, порушується стабільність кріплень і регулювань, а в деяких випадках трапляються поломки деталей трансмісії, ходової частини і рульового керування при експлуатації військової автомобільної техніки у важких дорожніх умовах в результаті чого збільшуються навантаження на деталі автомобіля.

На зміну характеру дії навантажень впливають різні дорожні умови. Внаслідок нерівностей дороги виникає вібрація рами що ослаблює заклепкові з'єднання, порушує співвісність двигуна і коробки передач, спричиняє додаткові навантаження у корпусах. Прискорює спрацьовування і призводить до поломки кріпильних деталей карданної передачі, радіатора і підвіски вібрація автомобіля.

Передчасне спрацьовування або поломки деталей автомобіля (спрацьовування шліців, шипів і підшипників хрестовини, зрізування шпильок кріплення підвісної опори та ін.) спричиняють зниження температури навколишнього повітря, погіршення стану дороги внаслідок снігових заметів або бездоріжжя [2].

Корозію деталей підвіски, рами, кузова, крил, кабіни спричиняє робота автомобіля на вологому дорожньому покритті, а також в умовах вологого клімату.

У процесі роботи і зберігання військової автомобільної техніки деякі її агрегати і деталі перебувають у постійній взаємодії з експлуатаційними матеріалами. на процесі спрацьовування і корозії деталей, витраті мастильних матеріалів, продуктивності автомобіля позначаються властивості цих матеріалів та умови їхнього застосування. Експлуатаційні матеріали повинні відповідати конструктивним і технологічним особливостям агрегатів

військової автомобільної техніки, її технічному стану та умовам експлуатації [1].

Значно впливає на технічний стан військової автомобільної техніки якість її водіння, від якої залежать динамічні навантаження, що виникають в деталях автомобіля.

Розглянуті вище фактори призводять до виникнення однієї з подій зміни технічного стану автомобіля. До них відносяться ушкодження, відмови та дефекти.

Ушкодження - порушення справного стану конструктивного елементу автомобіля при збереженні працездатного стану.

Відмова - порушення працездатного стану автомобіля.

Дефект - узагальнена подія, яка включає в собі і ушкодження, і відмову.

Поняття відмови є одним з найважливіших у технічній експлуатації військової автомобільної техніки.

Відмови класифікуються:

а) по впливу на працездатність військової автомобільної техніки:

1) такі, що викликають несправність (перегоріла лампочка);

2) такі, що викликають відмову (поломка гальм);

б) по джерелу виникнення:

1) конструктивні (виникають внаслідок недосконалості конструкції);

2) виробничі (виникають через порушення технологічного процесу виготовлення або ремонту);

3) експлуатаційні (виникають через перевантаження, застосування палива чи мастила, яке не відповідає експлуатаційним вимогам певного автомобіля);

в) по зв'язку з відмовами інших елементів:

1) залежні - обумовлені відмовою або несправністю інших елементів (задир дзеркала циліндра через поломку поршневого пальця);

2) незалежні - не обумовлені відмовою інших елементів (прокол шини);

г) по характеру (закономірності) виникнення й можливості прогнозування:

1) поступові – такі, що виникають у результаті плавної, поступової зміни параметрів технічного стану, найчастіше внаслідок зношування (40—70% всіх відмов); вони, у принципі, можуть бути відвернені в результаті своєчасного виконання технічного обслуговування. Монотонність зміни технічного стану, створює передумови до прогнозування;

2) раптові - характерним є стрибкоподібна зміна технічного стану (різні пошкодження, раптові поломки).

д) по частоті виникнення (напрацювання):

1) з малим напрацюванням (3...4 тис. км);

2) з середнім напрацюванням (4...16 тис. км);

3) з великим напрацюванням (>16 тис. км).

е) по трудомісткості й тривалості усунення:

1) малої трудомісткості (< 2 люд. год.);

2) середньої трудомісткості (2...4 люд. год.);

3) великої трудомісткості (>4 люд. год.).

ж) по впливу на втрати робочого часу:

1) такі, що усувають без втрат робочого часу, тобто при технічному обслуговуванні або в неробоче (міжзмінний час);

2) такі, що усувають із втратою робочого часу.

1.2 Аналіз виникнення несправностей систем військової автомобільної техніки

Військова автомобільна техніка є складною системою, яку можна розбити на велику кількість елементів. Корисно розділяти на групи елементи

такої складної системи при аналізі надійності її:

- елементи, відмови яких приводять до відмови військової автомобільної техніки й регламентують її надійність;

- елементи, працездатність яких за розглянутий проміжок часу або напрацювання практично не змінюються (для автомобіля, який направляється на виконання завдання, враховувати зміну стану картера коробки передач не має змісту);

- елементи, відновлення працездатності яких не вимагає значних витрат часу й, практично, не знижує показників ефективності роботи автомобіля (натяг ременя вентилятора);

- елементи, відмова яких практично не впливає на працездатність автомобіля (ушкодження оббивки салону, корозія крила), відмову таких елементів звичайно розглядають ізольовано від системи) [6].

Функціонування військової автомобільної техніки пов'язане з поділом автомобіля на основні вузли проводимо так, щоб мати можливість ремонтувати їх незалежно від інших вузлів, враховуючи функціональні властивості, що може бути проблематичним у зв'язку з виконанням різноманітних завдань у неоднакових умовах експлуатації.

З метою підвищення надійності автомобіля для подальшого дослідження технічного стану військової автомобільної техніки, автомобіль розглянемо як систему складену з таких основних вузлів, які безпосередньо впливають на його працездатність (рис.1.1):

- шасі (ходова частина, гальмівна система, рульове керування);
- електрообладнання;
- силова установка (двигун та системи, які забезпечують його роботу);
- трансмісія (зчеплення, коробка передач, карданна передача, головна передача);
- кузов.

Для проведення дослідження з визначення впливу напрацювання та терміну перебування в експлуатації військової автомобільної техніки на імовірність їх безвідмовної роботи в якості об'єкта обрано системи та вузли автомобіля КрАЗ-6322.

Більша частина несправностей автомобіля або проявляються поступово протягом, іноді, досить тривалого періоду часу або виникає раптово (наприклад, після їзди по бездоріжжю).

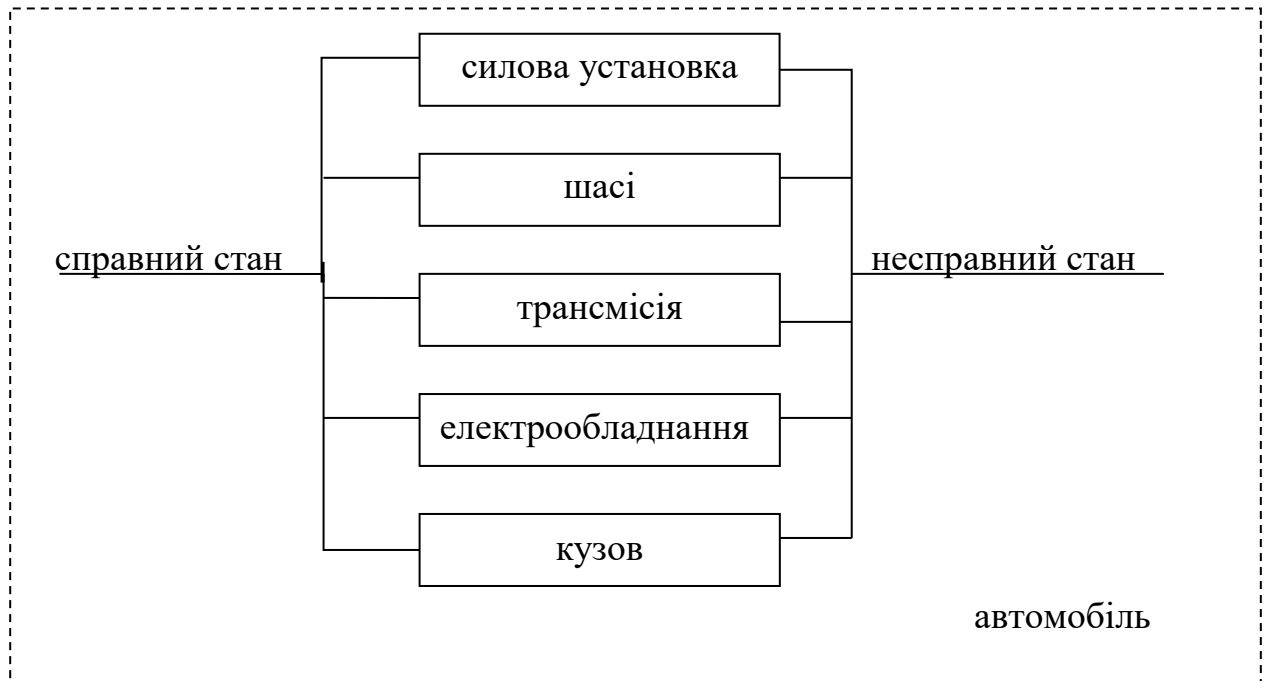


Рисунок 1.1 - Структурна схема автомобіля КрАЗ-6322

Сторонні звуки, що виходять з боку несправного механізму, «неадекватна поведінка» автомобіля починають попереджати про відмову будь-якого вузла чи деталі, що наближається та необхідність проведення їх ремонту [10].

Було класифіковано несправності автомобілів в цілому та по системам на основі аналізу появ основних ознак.

1.3 Параметри оцінки зміни технічного стану основних деталей, вузлів та агрегатів автомобіля КрАЗ-6322

Сучасний вантажний автомобіль середнього класу складається з близько 15-18 тисяч деталей, з яких 7-9 тисяч втрачають свої початкові властивості при роботі, причому майже 4-5 тисяч мають термін служби

менше, ніж автомобіль, і потребують особливої уваги при експлуатації [2]. З них 200-400 деталей є “критичними” по надійності, тобто частіше ніж інші деталі вимагають заміни, викликають найбільший простій автомобілів, трудові й матеріальні витрати в експлуатації. У процесі експлуатації автомобіль взаємодіє з навколишнім середовищем, а його елементи взаємодіють між собою. Це викликає навантаження деталей, їхні взаємні переміщення, тертя, нагрівання, зміну в процесі роботи фізичних і конструктивних (структурних) параметрів: розмірів, зазорів і т.д.

Технічний стан автомобіля (агрегату) визначається сукупністю властивостей, що змінюються а також характеризуються поточними значеннями конструктивних параметрів: $S_n, l_o \dots l_n, y_1, y_2 \dots y_n$. У зв'язку з обмеженістю безпосереднього вимірювання конструктивних параметрів без часткового або повного розбирання більшості агрегатів і механізмів користуються непрямими величинами, так званими діагностичними параметрами, які пов'язані з конструктивними й дають про них ту чи іншу інформацію (наприклад, потужність, витрата масла, компресія й т.п.) [14, 18].

Розрізняють:

– параметри вихідних робочих процесів, які визначають основні функціональні властивості автомобіля чи агрегату (наприклад потужність і гальмовий шлях);

– параметри супутніх процесів (нагрівання, вібрація, вміст продуктів зношування в мастилi);

– геометричні (конструктивні) параметри, які визначають зв'язки між деталями в агрегаті (механізмі) і між окремими агрегатами й механізмами (зазор, хід, вид посадки й ін.).

У процесі роботи військової автомобільної техніки параметри її технічного стану змінюються від початкових або номінальних значень y_n до граничних y_g , що спричиняє зміну діагностичних параметрів від S_n до S_g (рис. 1.2).

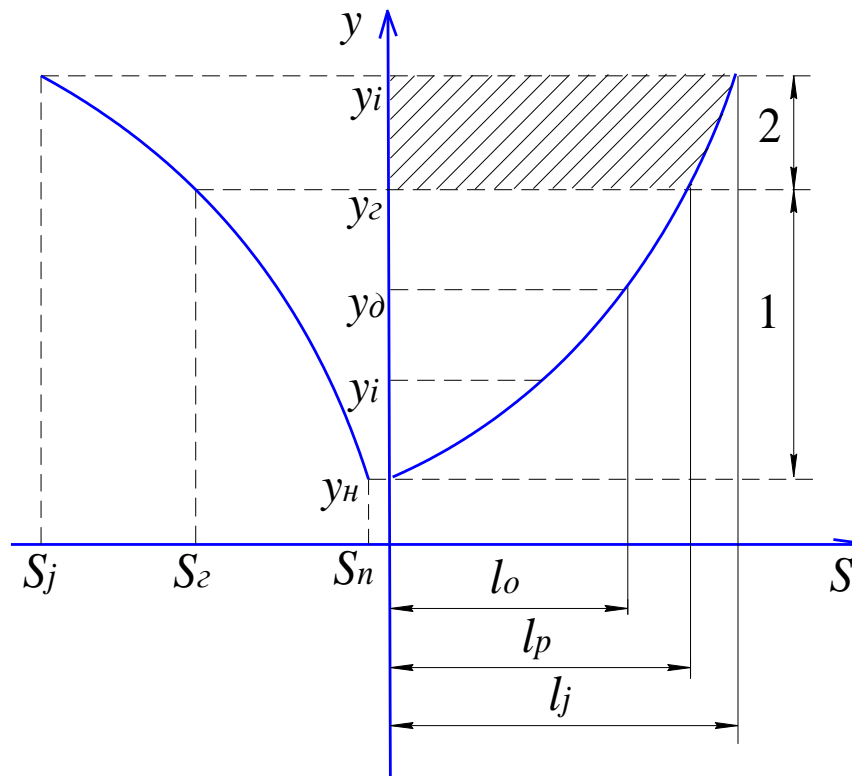


Рисунок 1.2 - Схема зміни параметрів технічного стану й проведення попереджувальних заходів

На рисунку позначено:

S_n , S_e – початкове й граничне значення (на прикладі гальмового шляху);

y_e , y_d – граничне й допустиме значення параметрів технічного стану;

y_n – номінальне значення параметра технічного стану;

l_p – наробіток до граничного значення параметра технічного стану;

l_o – оптимальне значення періодичності проведення попереджувальних заходів;

1 – зона працездатності;

2 – зона відмови.

При оцінці зміни технічного стану автомобіля користуються такими основними параметрами: напрацювання, ресурс, працездатність, відмова, якість.

Напрацювання – тривалість роботи автомобіля (у годинах або км. пробігу).

Ресурс – напрацювання до граничного стану, обумовленого технічною документацією.

Працездатність – стан автомобіля при якому він здатен виконувати задані функції з параметрами, значення яких встановлені технічною документацією [4]. У тому випадку, коли автомобіль, не відповідає всім вимогам технічної документації (наприклад, пом'яте крило) – автомобіль є працездатним, але несправним хоча й може виконувати свої основні функції.

Відмова – порушення працездатності, яка призводить до припинення транспортного процесу (тобто зупинка на лінії, повернення з лінії й т.д.).

Всі інші відхилення технічного стану від установлених норм є несправностями.

Сукупність властивостей, які визначають ступінь придатності автомобіля (агрегату, механізму, вузла) до виконання заданих функцій при використанні по призначенню це якість.

Якість складається з декількох властивостей, кожна з яких характеризується показниками (одним або декількома) або фізичними параметрами, що визначають його функціонування, які називаються показниками (наприклад, параметр довговічності – ресурс до капітального ремонту тис. км, продуктивності – кількість тонно-км і тонн вантажу).

До техніко-експлуатаційних властивостей автомобіля належать:

- вантажопідйомність або вантажомісткість;
- динамічність;
- паливна економічність;
- комфортабельність;
- безпека;
- продуктивність;
- надійність і ін.

Частина показників (номінальна вантажопідйомність, вантажомісткість) залишається практично незмінною протягом усього періоду експлуатації. Однак показники більшості властивостей (економічність, динамічність, комфортабельність) змінюються в процесі роботи (старіння) автомобіля. Ці властивості можна підтримувати й відновлювати, тобто управляти ними.

Для ряду показників (продуктивність, працездатність, наробіток на відмову) характерна зміна залежно від часу експлуатації або пробігу по експонентній залежності:

$$\Pi_k(t) = \Pi_{k_1} \cdot \exp[-k \cdot (t-1)], \quad (1.1)$$

де t – тривалість експлуатації, років;

k – коефіцієнт, який визначає інтенсивність зміни показника якості по напрацюванню;

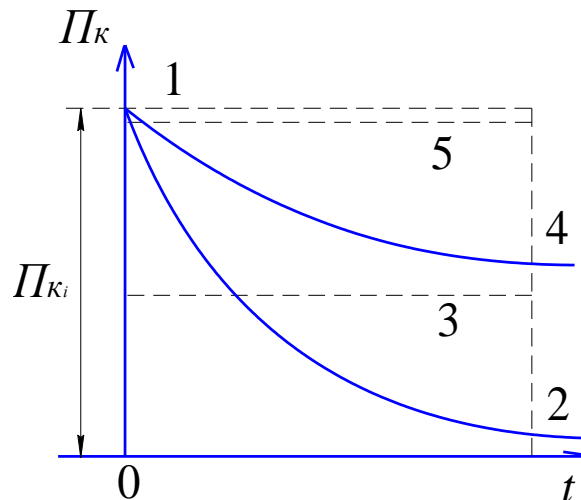
Π_{k_1} , $\Pi_k(t)$ – показники якості на першому й t -му році експлуатації.

Реалізований показник - це середнє значення показників якості за заданий і фактично сформований термін служби або пробіг автомобіля:

$$\bar{\Pi}_k(t) = \frac{\Pi_{k_1} \cdot \exp[-k \cdot (t-1)]}{t} \cdot \sum_{t=1}^t \exp[-k \cdot (t-1)]. \quad (1.2)$$

Від сфери виробництва й експлуатації залежить інтенсивність зміни показників якості (рис. 1.3).

На інтенсивність зміни показників технічного стану автомобіля впливає удосконалення конструкції, технології виробництва, збільшення зносостійкості, міцності, якості матеріалів та удосконалення методів і засобів забезпечення працездатності, кваліфікації ремонтних працівників.



1 – початкове значення показника; 2 – зміна показника в часі;
 3 – регульований показник; 4 – вплив технічної експлуатації на показник; 5 – реалізований показник з урахуванням технічної експлуатації

Рисунок 1.3 - Схема зміни показників якості військового автомобіля у часі

Кількісне оцінювання процесу впливу на показники якості в часі (або за пробігом) здійснюється за допомогою показників надійності.

Наскільки швидко відбувається зміна показників якості при роботі в певних умовах експлуатації дозволяє кількісно оцінити надійність як властивість.

Це складна властивість, що складається з безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності й збережуваності автомобіля або його складових частин (агрегати, вузли, деталі),—як об'єкта.

Військовий автомобіль можна вважати надійним, якщо він має ці чотири властивості [11]. Ці властивості мають різну відносну значимість для конкретних об'єктів та умов їх експлуатації. Наприклад: для автомобіля, який ремонтується, однією з найважливіших властивостей може бути ремонтпридатність, а якщо не ремонтується, основною властивістю є безвідмовність.

Властивість неперервно зберігати працездатний стан військового автомобіля протягом певного часу або певного напрацювання це безвідмовність. Напрацювання для військових автомобілів вимірюють у кілометрах пробігу або в годинах [12].

Для гальмової системи й рульового керування автомобіля їх відмова може мати дуже тяжкі наслідки тому у ряді випадків безвідмовність є вирішальною властивістю. Від роботи цих систем залежить життя людей і виконання особливо важливих завдань. Тому для військового автомобіля безвідмовність є найважливішою складовою частиною надійності. Безвідмовність властива військовому автомобілю тією чи іншою мірою в будь-якому з можливих режимів його існування. В багатьох випадках потрібна оцінка безвідмовності при зберіганні й транспортуванні автомобіля, але в основному безвідмовність розглядається стосовно режиму роботи військового автомобіля.

Властивість автомобіля зберігати працездатність до настання граничного стану при встановленій системі технічної експлуатації та ремонту характеризується довговічністю.

Для складових частин військового автомобіля, які не ремонтуються, властивості безвідмовності й довговічності збігаються, оскільки їхнім граничним станом є перша відмова. Якщо ж ці складові частини ремонтуються, після відмови вони можуть бути відновленими, якщо це економічно доцільно. Звичайно буває економічна недоцільність подальшої експлуатації або моральне спрацювання для деяких складових частин автомобіля, які можна багато разів ремонтувати, границею довговічності, коли вони підлягають списанню.

Подальше застосування за призначенням стане недопустимим за вимогами безпеки, економічності, ефективності й нешкідливості коли військовий автомобіль або його складові частини (далі об'єкт) можуть перейти в граничний стан, залишаючись працездатним. Якщо відновлення

працездатного стану доцільне і (або) допустиме об'єкт, який перейшов у непрацездатний стан, може не досягти граничного стану.

Ремонтопридатність – властивість об'єкта, яка полягає у пристосованості до попередження і виявлення причини виникнення відмов, пошкоджень, до підтримання і відновлення працездатного стану технічними обслуговуваннями і ремонтами. Організація, технологія, матеріально-технічне забезпечення, кваліфікація персоналу і т. д. визначаються витратами часу і праці в заданих умовах виконання операцій технічного обслуговування і ремонту.

Властивість об'єкта зберігати значення показників безвідмовності, довговічності і ремонтпридатності протягом і після зберігання і (або) транспортування це збережуваність - [6].

Властивість об'єкта протистояти негативному впливові тривалості зберігання і транспортування на його безвідмовність, ремонтпридатність і (або) довговічність характеризується його збережуваністю. Одна з складових збережуваності проявляється під час зберігання, а друга - під час використання об'єкта після зберігання і (або) транспортування - це дві її складових. Тривале зберігання і транспортування в певних умовах для багатьох об'єктів може негативно впливати не тільки на їх стан під час зберігання, а і на їх стан при наступному застосуванні.

1.4 Вибір критерію оцінки технічного стану військового автомобіля

Залежно від інтенсивності зміни характеристик агрегатів, вузлів і деталей військового автомобіля визначається періодичність його обслуговування та ремонту. Знання закономірностей зміни технічного стану деталей військового автомобіля дозволяє попереджувати вихід його з ладу.

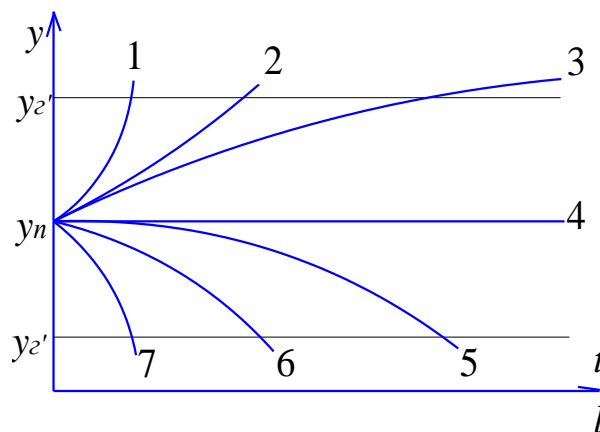
Всі процеси зміни технічного стану можна поділити на три групи:

– закономірності першого виду - взаємозв'язок між показниками надійності військових автомобілів і сумарним потоком відмов для групи автомобілів;

– закономірності другого виду - зміна параметрів технічного стану військових автомобілів за часом або пробігом;

– закономірності третього виду - варіації параметрів технічного стану або імовірнісні процеси.

Плавний, монотонний характер, що можуть призвести до виникнення поступових відмов носять закономірності другого виду. При цьому характер залежності може бути різним (рис.1.4).



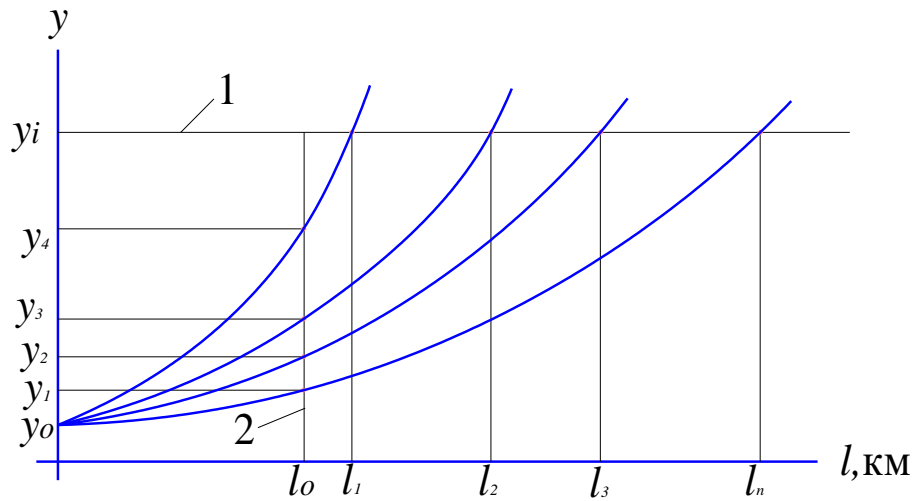
y_n – початкове значення параметра; y'_2 – граничне значення параметра; 1, 2, 3 – збільшення значення параметра; 4 – стабільність параметра; 5,6,7 – зменшення значення параметра.

Рисунок 1.4 - Можливі форми залежності показника технічного стану y від часу t або пробігу l

Випадковими величинами і виявляти варіацію можуть бути результати імовірнісного процесу зміни технічного стану деталей (рис.1.5).

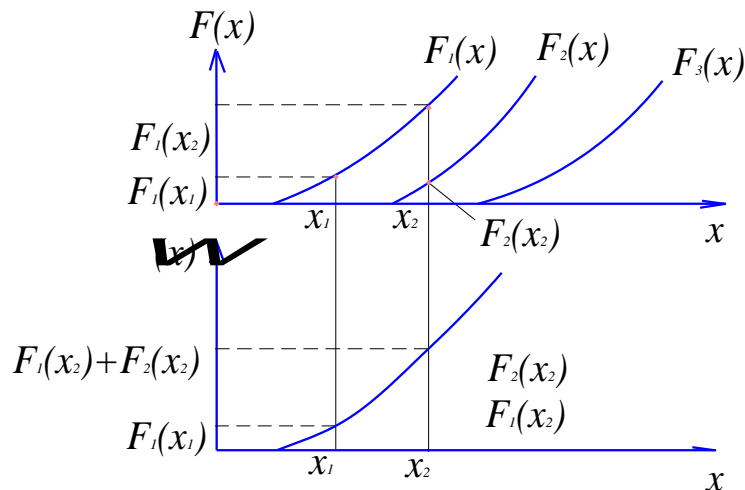
Виникнення і усунення несправностей виробів у часі характеризуються процесом відновлення це закономірності першого виду. Функцію відновлення $\Omega(x)$, яка визначає накопичену кількість перших і наступних

відмов виробу до напрацювання x відносять до найважливіших характеристик закономірностей першого виду (рис.1.6).



1 – перетин випадкового процесу по параметру y ; 2 – перетин випадкового процесу по напрацюванню l ; y_i – варіації параметрів, що характеризують технічний стан систем, вузлів та агрегатів автомобіля; l_n – відповідний пробіг систем, вузлів та агрегатів

Рисунок 1.5 - Варіація ресурсу і технічного стану систем, вузлів та агрегатів автомобіля



x_1 , x_2 – значення пробігу; $F_1(x_{1,2})$ – імовірність появи першої відмови відповідного пробігу; $F_2(x_{1,2})$ – імовірність появи другої відмови відповідного пробігу; $F_3(x_{1,2})$ – імовірність появи третьої відмови відповідного пробігу

Рисунок 1.6 - Функція відновлення $\Omega(x)$ військового автомобіля

Вивчення закономірностей зміни параметрів технічного стану військового автомобіля, має істотне значення для розробки і ефективного застосування науково обґрунтованих методів і нормативів підтримки військових автомобілів в технічно-справному стані [13].

Критерієм оцінки технічного стану військового автомобіля обираємо безвідмовність (основну складову надійності, яка є одним з параметрів оцінки технічного стану автомобіля), властивість військового автомобіля неперервно зберігати працездатний стан протягом певного часу або певного напрацювання. Для неремонтуємих елементів військового автомобіля, а також для деталей, у яких за умовами безпеки руху відмови є неприпустимими, показниками безпеки можуть бути ймовірність безвідмовної роботи, інтенсивність відмов, середнє напрацювання на відмову та інші характеристики. Для ремонтуємих елементів військового автомобіля показниками безвідмовності можуть бути параметр потоку відмов, напрацювання на відмову і т.д.

Показниками які визначають безвідмовність виробу, зокрема військового автомобіля є:

- середнє напрацювання на відмову ;
- інтенсивність відмов;
- імовірність безвідмовної роботи;
- параметр потоку відмов.

Показники безвідмовності є однозначними за умови, що їх оцінка здійснюється на основі даних, отриманих на однотипних об'єктах, які експлуатуються в наближено однакових умовах.

Імовірність того, що в заданому інтервалі пробігу (часу) не виникне відмова елемента автомобіля - імовірність безвідмовної роботи.

Функцією часу є імовірність безвідмовної роботи на практиці, причому вона є може приймати значення від 1 до 0 та є спадаючою функцією.

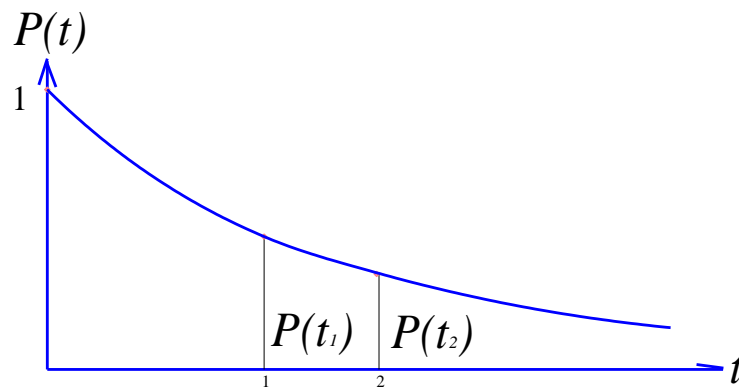
Цей показник визначається статистичною оцінкою

$$P(t) = \frac{N_o - n(t)}{N_o}, \quad (1.3)$$

де N_o – число однотипних об'єктів (елементів), які поставлені на випробування (тих що перебувають під контролем);

$n(t)$ – число об'єктів, які відмовили, за час t .

Графічно функція $P(t)$ зображена на рис. 1.7.



$P(t_1), P(t_2)$ - імовірності безвідмовної роботи об'єкта
в моменти часу t_1 і t_2 відповідно

Рисунок 1.7 - Залежність імовірності безвідмовної роботи об'єкта
від часу

Як видно із графіка, функція $P(t)$ характеризує зміну надійності в часі і є досить наочною оцінкою.

Іноді на практиці доцільно користуватися не імовірністю безвідмовної роботи, а імовірністю відмови $Q(t)$. Оскільки працездатність і відмова є станами несумісними та протилежними, то їхні імовірності [9, 10] пов'язані залежністю:

$$Q(t) = 1 - P(t). \quad (1.4)$$

Статистична оцінка імовірності відмови визначається за формулою:

$$Q(t) = 1 - \frac{N_o - n(t)}{N_o} = \frac{n(t)}{N_o}. \quad (1.5)$$

Відомо, що похідна від імовірності відмови за часом є щільністю імовірності або диференційним законом розподілу часу роботи об'єкта до відмови [9, 10].

$$\frac{dQ(t)}{dt} = \frac{dF(t)}{dt} = Q'(t) = f(t). \quad (1.6)$$

Отриманий математичний зв'язок дозволяє записати:

$$P(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt. \quad (1.7)$$

Таким чином, знаючи щільність імовірності $f(t)$, легко знайти шукану величину $P(t)$.

Імовірність відмови елемента автомобіля за одиницю часу або пробігу після даного моменту часу або пробігу за умови, що відмова до цього моменту не виникла це інтенсивність відмов.

Умовна щільність імовірності виникнення відмови об'єкта, яка визначається за умови, що до розглянутого моменту часу відмова не настала це інтенсивність відмов. З визначення імовірності слідує:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - Q(t)} = -\frac{P'(t)}{P(t)}. \quad (1.8)$$

Статистична оцінка інтенсивності відмов має вигляд :

$$\lambda(t) = \frac{n(\Delta t_i)}{N_{cp_i} \cdot \Delta t_i}, \quad (1.9)$$

де $n(\Delta t_i)$ – число відмов однотипних об'єктів на інтервалі Δt_i , для якого визначається $\lambda(t)$;

N_{cp_i} – число працездатних об'єктів на початку інтервалу Δt_i .

Зв'язок $\lambda(t)$ і $P(t)$ визначається виразом:

$$-\int_0^t \lambda(t) dt = \ln P(t), \text{ або } P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}. \quad (1.10)$$

Із цього зв'язку ясно видно, що по аналітично заданій функції $\lambda(t)$ легко визначити $P(t)$ і T_1 (середнє напрацювання до відмови – математичне очікування напрацювання об'єкту до першої відмови T_1):

$$T_1 = \int_0^t P(t) dt = \int_0^t e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} dt. \quad (1.11)$$

Відношення сумарного напрацювання відновлюваного об'єкта до числа відмов, які виникли за сумарне напрацювання визначається як середнє напрацювання на відмову об'єкта (напрацювання на відмову):

$$T = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{n(t)}, \quad (1.12)$$

де l_i – напрацювання між i -ою відмовами, год;

$n(t)$ – сумарне число відмов за час t [7, 11, 12].

Цей показник належить відновлюваним об'єктам, при експлуатації яких допускаються багаторазові повторювані відмови, тобто в початковий момент часу об'єкт починає роботу й продовжує роботу до першої відмови, після відмови відбувається відновлення працездатності, і об'єкт знову працює до відмови й т.д.

Середнє напрацювання на відмову (середній безвідмовний пробіг) може бути знайдено за результатами випробувань, для чого потрібно випробовувати елементи автомобіля до останньої відмови.

Параметр потоку відмов (частота відмов) - середня кількість відмов елементів автомобіля за одиницю часу або пробігу, узятє для розглянутого інтервалу часу або пробігу.

Цей показник також характеризує відновлюваний об'єкт і за статистичними даними визначається за формулою:

$$\omega(t) = \frac{n(t_2) - n(t_1)}{t_2 - t_1}, \quad (1.13)$$

де $n(t_1)$ і $n(t_2)$ – зафіксованих, відповідно, після закінчення часу t_1 і t_2 кількість відмов об'єкта.

Якщо використовуються дані про відмови по певній кількості відновлюваних об'єктів, то

$$\omega(t) = \frac{n(\Delta t_i)}{N_0 \cdot \Delta t_i}, \quad (1.14)$$

де $n(\Delta t_i)$ – кількість відмов по всіх об'єктах за інтервал часу i ;

N_0 – кількість однотипних об'єктів, що беруть участь в експерименті (відмовивший об'єкт відновлюється, $N_0 = const$).

Параметр потоку відмов являє собою щільність імовірності виникнення відмови відновлюваного об'єкта. Відмови об'єктів виникають у випадкові моменти часу й протягом заданого періоду експлуатації спостерігається потік відмов.

Математичних моделей потоків відмов існує безліч. Найбільше часто при вирішенні завдань надійності автомобіля використовують найпростіший потік відмов – потік Пуассона.

Потік відмов у системі можна вважати найпростішим, на підставі досвіду експлуатації складних технічних систем, якщо відмови елементів відбуваються миттєво і якщо старіння елементів відсутнє ($\lambda = \text{const}$).

Випадкові події, які утворюють найпростіший потік, розподілені за законом Пуассона [9, 10]:

$$P_n(t) = \frac{[\lambda \cdot t]^n}{n!} e^{-\lambda t}, \text{ при } n \geq 0, \quad (1.15)$$

де λ – параметр розподілу, який співпадає з параметром потоку подій;

$P_n(t)$ – імовірність виникнення протягом часу t рівно n подій (відмов).

Якщо у виразі (1.15) прийняти $n = 0$, то одержимо $P(t) = e^{-\lambda t}$ – імовірність безвідмовної роботи об'єкта при інтенсивності відмов $\lambda = \text{const}$ за час t [5].

Збирання інформації про відмови й несправності по деталях, агрегатах, системах або автомобілі в цілому дозволяє провести якісний і кількісний аналіз надійності - виявити найменш надійні об'єкти, встановити ступінь впливу різних відмов і несправностей деталей на працездатність окремих агрегатів або систем у цілому, оцінити наслідки, до яких може призвести поява тих чи інших несправностей, виявити основні конструктивно-технологічні недопрацювання, недоліки експлуатації й ремонту. Залежно від ступеня небезпеки відмов і несправностей в одних випадках може знадобитися негайне проведення робіт з їхнього усунення, в інших - роботи можуть бути відстрочені до певного пробігу (часу) або до чергового виду технічного обслуговування. У результаті якісного аналізу можна зробити попередні висновки про можливості зміни періодичності технічних

обслуговувань автомобіля і визначити основні напрямки експериментальних і теоретичних досліджень по підвищенню надійності автомобілів.

Висновки по першому розділу

1. При одному і тому самому напрацюванні, але різному терміні перебування військових автомобілів в експлуатації різноманітність і стохастичний характер впливу експлуатаційних факторів на їх технічний стан призводить до того, що вони мають різний фактичний технічний стан. Зменшення необґрунтованого проведення ремонтних робіт по окремим елементам, вузлам і агрегатам під час проведення технічного обслуговування. метою якого є удосконалення існуючих алгоритмів визначення періодичності технічного обслуговування.

2. Більша частина несправностей систем та вузлів військового автомобіля проявляються поступово або виникає раптово, протягом, іноді, досить тривалого періоду часу. Приділяють увагу поступовим відмовам, які розподіляються за певними закономірностями, а раптові відмови важко передбачити, тому в дослідженнях їх не беруть до уваги.

3. Кількісне оцінювання процесу зміни показників працездатності у часі (або за пробігом) здійснюється за допомогою показників надійності. Надійність як властивість характеризує й дозволяє кількісно оцінити швидкість зміни показників працездатності при роботі в певних умовах експлуатації. Надійність військового автомобіля або його складових частин (агрегати, вузли, деталі) складається з безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності й збережуваності. Військовий автомобіль можна вважати надійним, якщо показники цих чотирьох властивостей знаходяться на допустимому рівні.

4. Критерієм оцінки технічного стану військового автомобіля обрано безвідмовність, як основну складову надійності, яка є властивістю зберігати автомобілем працездатний стан протягом певного часу або певного напрацювання.

5. В цілому дозволяє провести якісний і кількісний аналіз надійності інформація про відмови й несправності по деталях, агрегатах, системах або військовому автомобілю. Ступінь впливу різних відмов і несправностей на працездатність окремих агрегатів або систем у цілому дозволяє встановити якісний аналіз інформації про надійність.

РОЗДІЛ 2

УДОСКОНАЛЕНИЙ МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

2.1 Аналіз існуючих методів прогнозування технічного стану військової автомобільної техніки

Потреба прогнозування технічного стану військової автомобільної техніки визначається можливістю керувати технічним станом військового автомобіля в цілому, якщо відомі зміни його технічного стану в часі.

Прогнозування технічного стану військового автомобіля означає визначення його майбутнього стану на підставі вивчення тих факторів, від яких цей стан залежить. Прогнозування може здійснюватися як у процесі розробки, так і в період експлуатації військової автомобільної техніки. В останньому випадку метою прогнозування є своєчасне виявлення несприятливого стану військового автомобіля й розробка рекомендацій з підвищення рівня його надійності.

Основним принципом прогнозування технічного стану військового автомобіля є використання минулого досвіду. Інформація про військовий автомобіль (апріорна) є базою для прогнозу й одержання оцінок його технічного стану у майбутньому (апостеріорні оцінки).

Прогноз можна розуміти як одержання апостеріорної оцінки деякої якості досліджуваного явища на основі апріорних відомостей про минуле й теперішнє. Апріорна інформація є єдиною підставою для визначення виду моделі досліджуваного явища - детермінованої або стохастичної.

У період експлуатації військової автомобільної техніки апостеріорною оцінкою є надійність військового автомобіля після проведення контролю його стану. Контроль розглядається як досвід, за результатами якого оцінюється апостеріорна надійність, а надійність, розрахована на попередньому етапі, є апріорною. Таким чином, обчисленню прогнозованої

характеристики завжди повинен передувати дослід, експеримент, дані якого використовуються разом з апіорною інформацією. Це і відрізняє прогноз від розрахунку.

Розрізняють прогнозування технічного стану й прогнозування надійності. У першому випадку дається прогноз технічних параметрів вузлів та агрегатів військової автомобільної техніки або ці параметри відносять до того чи іншого класу, а також дається прогноз відмов автомобіля. У другому випадку на основі прогнозування поступових і раптових відмов дається прогноз кількісних показників надійності військового автомобіля.

Прогнозування може бути груповим і індивідуальним. Статистичну оцінку терміну служби однотипних військових автомобілів на основі результатів контрольних і визначальних випробувань на надійність можна віднести до методів групового прогнозування. У цьому випадку шляхом обробки результатів дослідів деякої кількості військових автомобілів на термін служби обчислюється кількісна середньоквадратична оцінка терміну служби всієї партії військових автомобілів. До переваг методу індивідуального прогнозування належить можливість оцінки надійності кожного конкретного військового автомобіля.

Детермінований і стохастичний - два підходи до вирішення завдання прогнозування. У першому випадку завдання зводиться до пошуку апроксимуючого виразу зміни потоку відмов залежно від терміну перебування в експлуатації військової автомобільної техніки та її напрацювання, у другому як прогнозована характеристика приймається реалізація випадкової величини імовірності безвідмовної роботи військового автомобіля, що визначає від моменту контролю до першого перетину поля допуску прогнозованої величини інтервал часу. Більш загальний характер носить стохастичний підхід оскільки процеси зношування, старіння й розрегулювання систем, вузлів та агрегатів військового автомобіля, що обумовлюють розвиток поступових відмов, є випадковими величинами.

Рішення завдання прогнозу виконується у вигляді реалізації наступних послідовних етапів:

- розробки моделі досліджуваного процесу зміни технічного стану військового автомобіля і її математичний опис;

- одержання даних контролю й використання їх для визначення досліджуваного процесу зміни технічного стану військового автомобіля (побудова апостеріорного процесу);

- обчислення необхідних апостеріорних характеристик процесу зміни технічного стану військового автомобіля.

Методи прогнозування поділяють на три основні групи:

- 1) Статистичні методи, з яких найширше застосовується метод екстраполяції. У його основі лежать закономірності зміни прогнозованих параметрів у часі.

- 2) На основних положеннях теорії подібності базуються методи моделювання які складаються з формування моделі об'єкта дослідження, проведення експериментальних досліджень і перерахування добутих значень із моделі на натуральний об'єкт.

- 3) Методи експертних оцінок, суть яких зводиться до аналізу думок спеціалістів, їх узагальнення та статистичної обробки.

Найважливішим є прогнозування залишкового ресурсу військової автомобільної техніки. Залишковий ресурс $t_{зал}$ визначають за формулою

$$t_{зал} = t \left(\frac{P_{гр} - P_{поч}}{P_t - P_{поч}} \right), \quad (2.1)$$

де t - напрацювання військового автомобіля (агрегату) з початку експлуатації або після ремонту;

$P_{поч}$, $P_{гр}$ - відповідно початкове і граничне значення параметра;

P_t - значення параметра на момент визначення стану.

Одним з найважливіших понять є поняття гранично-допустимого значення параметра технічного стану військової автомобільної техніки, тому що воно використовується безпосередньо для прогнозування періодичності технічного обслуговування, прогнозування імовірності виникнення несправності.

Для визначення гранично-допустимих значень параметрів технічного стану, найбільш доцільно використовувати метод [11], відповідно до якого гранично-допустимі значення визначаються на основі виділення толерантних границь нормального розподілу по формулі:

$$\Pi_{\delta}^{1,2} = \bar{\Pi}_{cp} \pm k(P, \gamma, n) \sqrt{\bar{D}_n}, \quad (2.2)$$

де $\bar{\Pi}_{cp}$ - вибіркове середнє значення параметра;

\bar{D}_n - вибіркова дисперсія;

k - коефіцієнт, що залежить від заданих імовірностей P і γ , а також від остаточного розміру вибірки.

Залежно від фізичної сутності прогнозованого параметра проводиться або двостороннє, або одностороннє - по максимуму або по мінімуму, обмеження.

При двосторонньому обмеженні має місце нерівність:

$$\int_{\Pi_{\delta}^1}^{\Pi_{\delta}^2} f(\Pi) d\Pi \geq P, \quad (2.3)$$

де $f(\Pi)$ – щільність розподілу значень діагностичного параметра (повинна мати імовірність рівну γ).

Коефіцієнт k визначається за формулою:

$$k = k_{\infty} \left(1 + \frac{x_j}{\sqrt{2n}} + \frac{5x_j + 10}{12n} \right), \quad (2.4)$$

де k_{∞} , x_j – знаходяться за таблицею для квантілів нормального розподілу.

При односторонньому обмеженні нерівність повинна мати імовірність рівну g :

$$\int_{-\infty}^{\Pi_0^1} f(\Pi) d\Pi \geq P \text{ або } \int_{\Pi_0^2}^{+\infty} f(\Pi) d\Pi \geq P . \quad (2.5)$$

Для цього коефіцієнт k визначається за формулою:

$$k = \frac{U_p + U_r \sqrt{\frac{1}{n} \left(1 - \frac{U_r^2 + U_p^2}{2(n-1)} \right)}}{1 - \frac{U_r^2}{2(n-1)}} , \quad (2.6)$$

де U_p , U_r – квантілі нормального розподілу, що відповідають імовірностям P і γ .

Квантілі нормального розподілу й значення коефіцієнтів k вибираються на основі табличних даних.

Імовірності P і γ задаються, виходячи з небезпеки пропуску відмови (помилки першого роду). Якщо відмова об'єкта прогнозування може привести до аварійних наслідків, то приймається $P = 0,95 \dots 0,98$, в інших випадках $0,75 \dots 0,85$. Оскільки потрібно, щоб не більше n машин вважалися справними, тобто не менш $n-1$ машин вважалися несправними, то приймається, що $\gamma = 0,90$ для параметрів, пов'язаних з безпекою руху й $\gamma = 0,85$ в інших випадках [7].

Одним з найважливіших понять математичної обробки статистичних даних по параметрах технічного стану військових автомобілів є метод визначення виду закону зміни параметрів технічного стану вузлів та агрегатів військових автомобілів, тому що виявлені закони застосовуються в системі керування їх технічним станом для вирішення таких завдань, як: визначення

індивідуальної періодичності технічного обслуговування конкретного військового автомобіля (можна конкретної марки або моделі, або якоїсь усередненої періодичності для всієї сукупності військових автомобілів), прогнозування можливості виникнення несправності або відмови і т.д.

Коли на протікання досліджуваного процесу і його результат впливає порівняно велике число незалежних (або слабозалежних) елементарних факторів (доданків), кожний з яких окремо виконує лише незначну дію в порівнянні із сумарним впливом всіх інших має місце нормальний закон розподілу. Однак вони порівнянні, тобто вплив одного змінного фактору на сумарне напрацювання незначний, тому періодичність технічного обслуговування підкоряється двохпараметричному (\bar{x}, σ) нормальному закону, для якого маємо:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}, \quad (2.7)$$

$$R(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} dx; \quad (2.8)$$

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} dx; \quad (2.9)$$

Для нормального закону при розрахунках часто користуються поняттям нормованої функції $\Phi(z)$, для якої приймається нова випадкова величина $z = \frac{x-\bar{x}}{\sigma}$ при $x = \bar{x} + z\sigma$ так званому нормованому відхиленні.

Тоді

$$\Phi(z) = \int_{-\infty}^{z_k} e^{-\frac{z^2}{2}} dz. \quad (2.10)$$

Для нормованої функції складаються спеціальні таблиці, що полегшують розрахунки.

Імовірність відмови в інтервалі пробігу $x_1 - x_2$ визначається різницею $P(x_2) - P(x_1) = \Phi(z_2) - \Phi(z_1)$. Для нормального закону $\nu \leq 0,33$.

Закон розподілу Вейбулла–Гнеденко: цей закон характерний для моделей з так званою “слабкою ланкою”. В моделі розглядається розподіл часу (або пробігу) досягнення граничного стану системи як розподіл відповідних мінімальних значень окремих елементів: $x_c = \min(x_1; x_2; \dots x_n)$ якщо система складається із групи незалежних елементів, відмова кожного з яких приводить до відмови всієї системи.

Функція розподілу цієї величини може бути виражена наступною залежністю:

$$f(x) = \frac{b}{a} \left(\frac{x}{a}\right)^{b-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{a}\right)^b\right], \quad (2.11)$$

де a і b - параметри розподілу.

Для цього закону в практичних задачах технічної експлуатації автомобіля коефіцієнт варіації $\nu = 0,4 \dots 0,6$.

Логарифмічний нормальний закон розподілу: умови для логарифмічно нормального закону виникають якщо на протікання досліджуваного процесу і його результат впливає порівняно велике число випадкових і взаємозалежних факторів, інтенсивність дії яких залежить від досягнутого випадковою величиною стану. Ця так звана модель пропорційного ефекту розглядає деяку випадкову величину, що має початковий стан x_0 і кінцевий, граничне стан x_n .

Відповідно до центральної граничної теореми $\ln x_n$, маємо асимптотичний нормальний розподіл, як суму ряду випадкових рівновеликих і взаємозалежних величин, а сама величина x_n розподілена по логарифмічно нормальному закону.

У технічній експлуатації військових автомобілів цей закон (при $\nu = 0,3 \dots 0,5$) характерний для опису процесів втомних руйнувань, корозії, напрацювання до ослаблення кріпильних з'єднань і в ряді інших випадків.

Щільність розподілу для експонентного закону описується рівнянням

$$f(x) = \lambda \exp[-\lambda x] . \quad (2.12)$$

При цьому законі розподілу коефіцієнт варіації $\nu = 1$.

Експонентний закон розподілу є однопараметричним (λ), що полегшує розрахунки й пояснює широке його застосування на практиці. Відповідно до теореми множення імовірностей, імовірність безвідмовної роботи до моменту $x + \Delta x$ дорівнює імовірності безвідмовної роботи протягом часу x , помноженої на ймовірність безвідмовної роботи за час Δx .

Тобто

$$R(x + \Delta x) = \exp[-(x + \Delta x)] .$$

Звідси

$$R(\Delta x) = \exp[-\lambda \Delta x] . \quad (2.13)$$

Отже, при експонентному законі розподілу ймовірність безвідмовної роботи не залежить від того, скільки проробив військовий автомобіль з початку експлуатації, а визначається конкретною тривалістю розглянутого періоду або пробігу Δx , називаного часом виконання завдання. Поступові зміни параметрів технічного стану не враховуються моделлю, наприклад, у результаті зношування, старіння й так далі, а розглядає так звані нестаріючі елементи і їхні відмови. Експонентний закон використовується частіше за все при описі раптових відмов, тривалості різноманітних ремонтних впливів і в ряді інших випадків.

Задача виявлення й побудови законів зміни параметрів технічного стану військових автомобілів на основі статистичної інформації, вирішується використанням методів регресійного аналізу.

Як відомо основна задача регресійного аналізу – встановлення виду й параметрів залежності математичного очікування відгуку $M(y)$ від рівнів одного або декількох факторів x , коли результати експерименту представлені у вигляді незалежної вибірки пар $x_1, y_1; x_2, y_2; \dots; x_n, y_n$. Шукана функція називається моделлю регресійного аналізу або регресійною моделлю у на x , а її параметри - коефіцієнтами регресії.

Не існує стандартних, формалізованих методів, що дозволяють тільки на підставі результатів експерименту встановити теоретичну регресію - істинну функціональну залежність, що відображає дійсний зв'язок між відгуком і контрольованими факторами, не змінену впливом похибок вимірювання й неконтрольованих факторів. Якщо немає теоретичних міркувань про вид регресійної моделі, то її звичайно представляють у виді:

$$Y = \sum_{j=0}^d \beta_j f_j(X) + e, \quad (2.14)$$

де $X = |X_1, X_2, \dots, X_k|$ - вектор значень факторів;

β_j - коефіцієнти регресії;

$f_j(X)$ - базисні функцій;

e - адитивна похибка, яка підкоряється нормальному розподілу з математичним очікуванням, рівним нулю, і з постійною дисперсією, що не залежить від рівнів фактору.

Вид регресійної моделі визначається за результатами обробки зібраної статистичної інформації на основі типових моделей [11], з яких на основі критеріальної оцінки вибирається найбільш адекватна.

Невідомі коефіцієнти регресії визначаються методом найменших квадратів - шляхом мінімізації суми квадратів відхилень вимірних значень відгуку від одержуваних за допомогою регресійної моделі. Після перетворення одержують систему лінійних рівнянь щодо шуканих оцінок b_j :

$$\begin{aligned}b_0 \sum f_0^2 + b_1 \sum f_0 f_1 + b_2 \sum f_0 f_2 + \dots + b_d \sum f_0 f_d &= \sum Y f_0; \\b_0 \sum f_0 f_1 + b_1 \sum f_1^2 + b_2 \sum f_1 f_2 + \dots + b_d \sum f_1 f_d &= \sum Y f_1; \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots & \\b_0 \sum f_0 f_d + b_1 \sum f_1 f_d + b_2 \sum f_1 f_d + \dots + b_d \sum f_d^2 &= \sum Y f_d\end{aligned} \quad , \quad (2.15)$$

де сумування виконується по всім n дослідах:

$$f_j = f_j(X_g); Y = Y_g. \quad (2.16)$$

Розв'язання системи нормальних рівнянь (2.15) можна проводити будь-яким відомим способом, наприклад методом Гауса [7].

Для забезпечення експлуатаційної надійності й зниження витрат особливо важливого теоретичного й практичного значення набуває проблема розробки науково обґрунтованих методів організації й режимів профілактичного обслуговування і ремонту автомобіля.

Відомо, що виникнення окремих несправностей (відмов) у механізмах автомобіля дуже часто носить випадковий характер. Тому ніякі норми не можуть відобразити дійсні потреби автомобіля в технічному обслуговуванні. Для будь-якого військового автомобіля немає гарантії, що він відпрацює певний заздалегідь запланований період.

Статистичний аналіз різних несправностей в агрегатах військового автомобілів показує, що майже завжди вони підкоряються певним законам розподілу. Так, в межах 5 - 20 тис. км змінюється фактична потреба в ТО-2 військових автомобілів однієї і тієї ж марки і підкоряється нормальному закону розподілу. Від 2 до 5 тис. км пробігу змінюється потреба в ТО-1 [11].

Періодичність обслуговування й обсяг робіт у великій мірі залежить від типу, технічного стану військового автомобіля, інтенсивності відмов у роботі окремих вузлів і механізмів. Коли спостерігається невелике розсіювання термінів появи тих чи інших відмов в агрегатах військових автомобілів економічно в тому випадку доцільно виконувати примусове

обслуговування й ремонт. З достатньою для практичних цілей точністю можна встановити середні періодичності обслуговування для ЩО і ТО-1.

Для ТО-2 періодичність обслуговування коливається в значних межах і встановити якусь середню норму пробігу важко. У зв'язку із цим багато робіт з ТО-2, як і поточний ремонт, необхідно виконувати в міру виявлення граничних станів, близьких до відмовних.

Знаходження оптимального керування випадковим процесом зміни технічного стану військового автомобіля може розглядатися як завдання визначення оптимальних моделей профілактики

Математичні методи теорії надійності машин дозволяють одержати статистичні дані за законами розподілу відмов на різних стадіях зношування військових автомобілів, передбачати потребу в технічних обслуговуваннях, ремонтах, запасних частинах тощо. Однак у силу статистичного характеру таких даних вони не можуть бути застосовані до кожного військового автомобіля окремо. Результати розрахунків, що базуються на теорії імовірностей, стосовно до індивідуального військового автомобіля носять невизначений характер.

Стосовно до військових частин може існувати три основних методи технічної експлуатації військових автомобілів.

1. Військові автомобілі експлуатуються протягом максимально можливого строку при виконанні мінімальних обсягів робіт по технічному обслуговуванню й ремонту. При різкому погіршенні технічного стану вони направляються на капітальний ремонт. Цей метод економічно невиправданий і зовсім небажаний з погляду безпеки руху військових автомобілів.

2. Установлюються конкретні пробіги військових автомобілів, після закінчення яких виконуються певні обсяги робіт по технічному обслуговуванню. Цей метод у цей час широке застосовується.

3. В примусовому порядку після певного пробігу виконуються тільки контрольні й найпростіші роботи по утриманню військового автомобіля в

справному стані, роботи з поточного ремонту, які виконуються по потребі, таки як регулювальні й інші операції технічного обслуговування.

Цей метод є найбільш оптимальним в сучасних умовах експлуатації військових автомобілів через можливість попередження появи відмов. Тому в подальшій роботі будемо розглядати саме його. Шляхом удосконалення цього методу є врахування терміну експлуатації військового автомобіля при удосконаленні існуючого методу прогнозування його технічного стану [5].

2.2 Удосконалений метод прогнозування технічного стану військової автомобільної техніки

В існуючому методі прогнозування технічного стану військового автомобіля недоліками є те, що періодичність проведення заходів по підвищенню працездатності військового автомобіля визначають без врахування терміну перебування його в експлуатації. Тому для удосконалення методу прогнозування технічного стану військового автомобіля враховуємо цей фактор.

На підвищення ефективності функціонування системи технічного обслуговування і ремонту військового автомобіля, яка призначена для підтримання військових автомобілів у працездатному стані під час їх експлуатації направлений удосконалений метод. Шляхом проведення додаткових робіт з технічного обслуговування на вузлах і агрегатах, які мають низьку надійність здійснюється підтримання автомобіля у працездатному стані.

Запропонований метод ґрунтується на послідовному використанні двох взаємозв'язаних способів:

способу визначення обсягу додаткових робіт технічного обслуговування найменш надійних вузлів і агрегатів військового автомобіля;

способу визначення періодичності проведення додаткових робіт для забезпечення підтримання працездатності військового автомобіля у визначених межах.

Даний метод може використовуватись за умови, якщо відомі значення зміни параметра потоку відмов у системах, вузлах і агрегатах військових автомобілів залежно від напрацювання і терміну перебування їх в експлуатації.

Для визначення періодичності проведення та обсягів додаткових робіт щодо підвищення працездатності систем, вузлів і агрегатів військового автомобіля з малою надійністю вихідними даними є: напрацювання після проведення чергового номерного технічного обслуговування; термін перебування їх в експлуатації; напрацювання з початку експлуатації.

Головним завданням методу прогнозування технічного стану військових автомобілів є забезпечення підтримання імовірності їх безвідмовної роботи у визначених межах в процесі використання їх за призначенням з мінімальними затратами людських і матеріальних ресурсів.

Етапи реалізації методу прогнозування технічного стану військових автомобілів показані у вигляді алгоритму на рис. 2.1 [16].

Визначення періодичності виконання профілактичних робіт щодо попередження відмов, проводиться на основі аналізу залежності імовірності безвідмовної роботи військових автомобілів від напрацювання і терміну перебування їх в експлуатації. Значення напрацювання, які відповідають раціональній періодичності проведення планово-попереджувальних заходів, встановлюються за допустимим рівнем імовірності безвідмовної роботи P_d .

В межах $P_d \geq 0,8 - 0,75$ призначається мінімально допустимий рівень імовірності при визначенні термінів планово-попереджувальних заходів. При такому рівні P_d усуваються за потребою 20 – 25% відмов, забезпечується попередження 75 – 80% можливих відмов [11].

Виконання робіт чергового технічного обслуговування на військових автомобілях підвищує надійність їх безвідмовної роботи. Величина чисельного значення, до якої наближується імовірність безвідмовної роботи військових автомобілів після виконання робіт технічного обслуговування практично дорівнює 1, але в залежності від терміну перебування автомобіля в експлуатації та його напрацювання, інтенсивність її зменшення під час подальшої експлуатації різна [13].

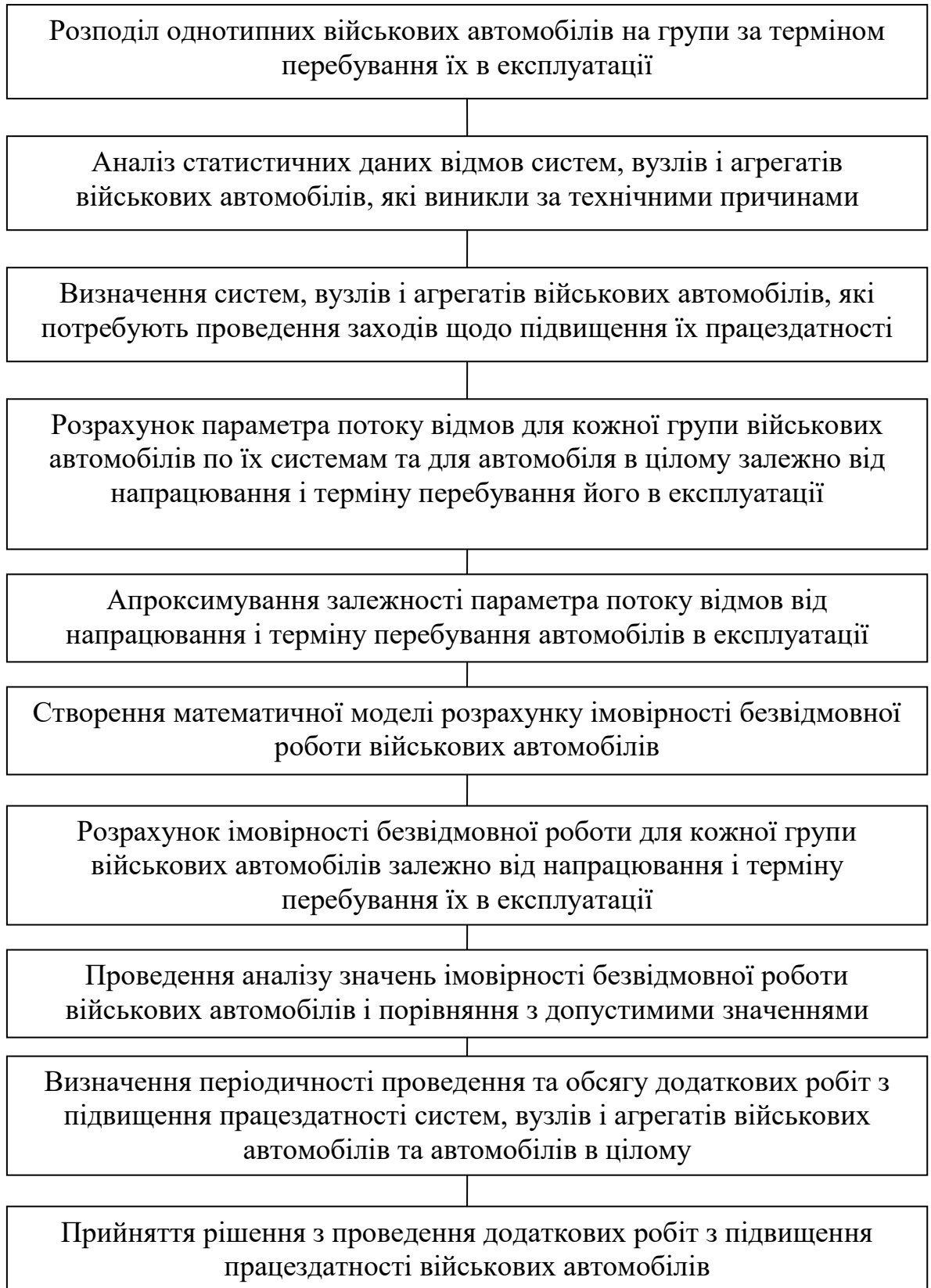


Рисунок 2.1 - Етапи реалізації методу прогнозування технічного стану військових автомобілів

Проведені дослідження показали, що для військових автомобілів, які перебувають в експлуатації до 3 років, виконання робіт номерного технічного обслуговування забезпечує визначену імовірність їх безвідмовної роботи до чергового номерного технічного обслуговування. Для підтримання їх працездатності між черговими технічними обслуговуваннями доводиться виконувати певну кількість поточних ремонтів через невисоку надійність їх окремих вузлів та агрегатів. Для військових автомобілів, які перебувають в експлуатації більше 3 років для. Кількість поточних ремонтів залежить від напрацювання і терміну перебування військових автомобілів в експлуатації. Спочатку необхідно усунути виявлені недоліки в технічному стані автомобілів потім виконувати роботи з технічного обслуговування. Обсяг робіт щодо усунення виявлених недоліків також залежить від напрацювання і терміну перебування військових автомобілів в експлуатації.

Запропонований метод реалізується таким чином: спочатку однотипні військові автомобілі розподіляються на групи по терміну перебування їх в експлуатації і напрацюванню з початку експлуатації. Проводиться аналіз відмов, які виникли на автомобілях по технічним причинам та групують їх по системах, вузлах і агрегатах автомобіля. Визначаються системи, вузли і агрегати автомобіля, які потребують проведення заходів по підвищенню їх працездатності. Для кожної групи військових автомобілів розраховують параметр потоку відмов на проміжках напрацювання між черговими технічними обслуговуваннями.

Проводиться апроксимація від напрацювання і терміну перебування військових автомобілів в експлуатації отриманих значень залежності параметру потоку відмов.

Розраховуються від напрацювання з початку експлуатації і терміну перебування їх в експлуатації імовірності безвідмовної роботи для кожної групи військових автомобілів.

Проводиться аналіз значень імовірності безвідмовної роботи військових автомобілів і порівняння з допустимими їх значеннями та приймається рішення про обсяг додаткових робіт з підвищення працездатності автомобіля та періодичність їх проведення.

На основі статистичних даних, отриманих за результатами експлуатації військових автомобілів, встановлюється перелік вузлів, систем і агрегатів, відмови яких значною мірою залежать від терміну перебування їх в експлуатації. Основою при визначенні обсягу додаткових робіт є визначений перелік.

Періодичність проведення й обсяг додаткових робіт визначаються для кожного автомобіля окремо залежно від напрацювання і терміну перебування його в експлуатації.

2.3 Математична модель прогнозування технічного стану військових автомобілів

На математичних моделях, якими описуються реальні об'єкти або процеси із заданою достовірністю і точністю широкого застосування набуло проведення дослідження, а не на реальних об'єктах [12].

В основу удосконаленої математичної моделі прогнозування технічного стану військових автомобілів покладено аналітичні залежності параметра потоку відмов від напрацювання і терміну перебування їх в експлуатації, отриманих на підставі статистичних даних відмов, які виникли на автомобілях з технічних причин в процесі експлуатації.

Метою розрахункового дослідження є визначення обсягів та періодичності додаткових робіт щодо технічного обслуговування вузлів і агрегатів військових автомобілів з малою надійністю для підвищення імовірності їх безвідмовної роботи.

Після впровадження наданих пропозицій щодо удосконалення системи технічного обслуговування і ремонту військових автомобілів за допомогою

математичної моделі можливо оцінити ефективність її функціонування. Оцінка ефективності функціонування системи технічного обслуговування і ремонту військових автомобілів після впровадження наданих пропозицій щодо її удосконалення здійснюється проведенням порівняльного аналізу кількості поточних ремонтів автомобіля на проміжках між черговими технічними обслуговуваннями при існуючій системі технічного обслуговування і ремонту автомобілів і після її удосконалення. При розробці математичної моделі використовується системний підхід, розглядається процес зміни технічного стану систем, вузлів та агрегатів автомобіля із внутрішніми і зовнішніми впливами на нього, як на єдину систему.

За допомогою розробленої математичної моделі можна проводити розрахункові дослідження:

- розрахунок і аналіз залежності імовірності безвідмовної роботи військових автомобілів від напрацювання і терміну перебування його в експлуатації;

- з метою забезпечення безвідмовної роботи військових автомобілів у визначених межах визначення обсягів та періодичності проведення додаткових робіт технічного обслуговування.

Особливістю розробленої математичної моделі є те, що параметр потоку відмов розраховується залежно від напрацювання і терміну перебування військових автомобілів в експлуатації, що дає змогу прийняти рішення про доцільність проведення додаткових робіт технічного обслуговування для підвищення надійності конкретного автомобіля.

Алгоритм визначення обсягів та періодичності додаткових робіт з технічного обслуговування автомобіля складається з п'яти блоків та показаний на рис. 2.2.

У блоці 1 відбувається формування вхідних даних, які необхідні для проведення розрахунків.

Введення початкових даних для розрахунку проводиться у блоці 2.

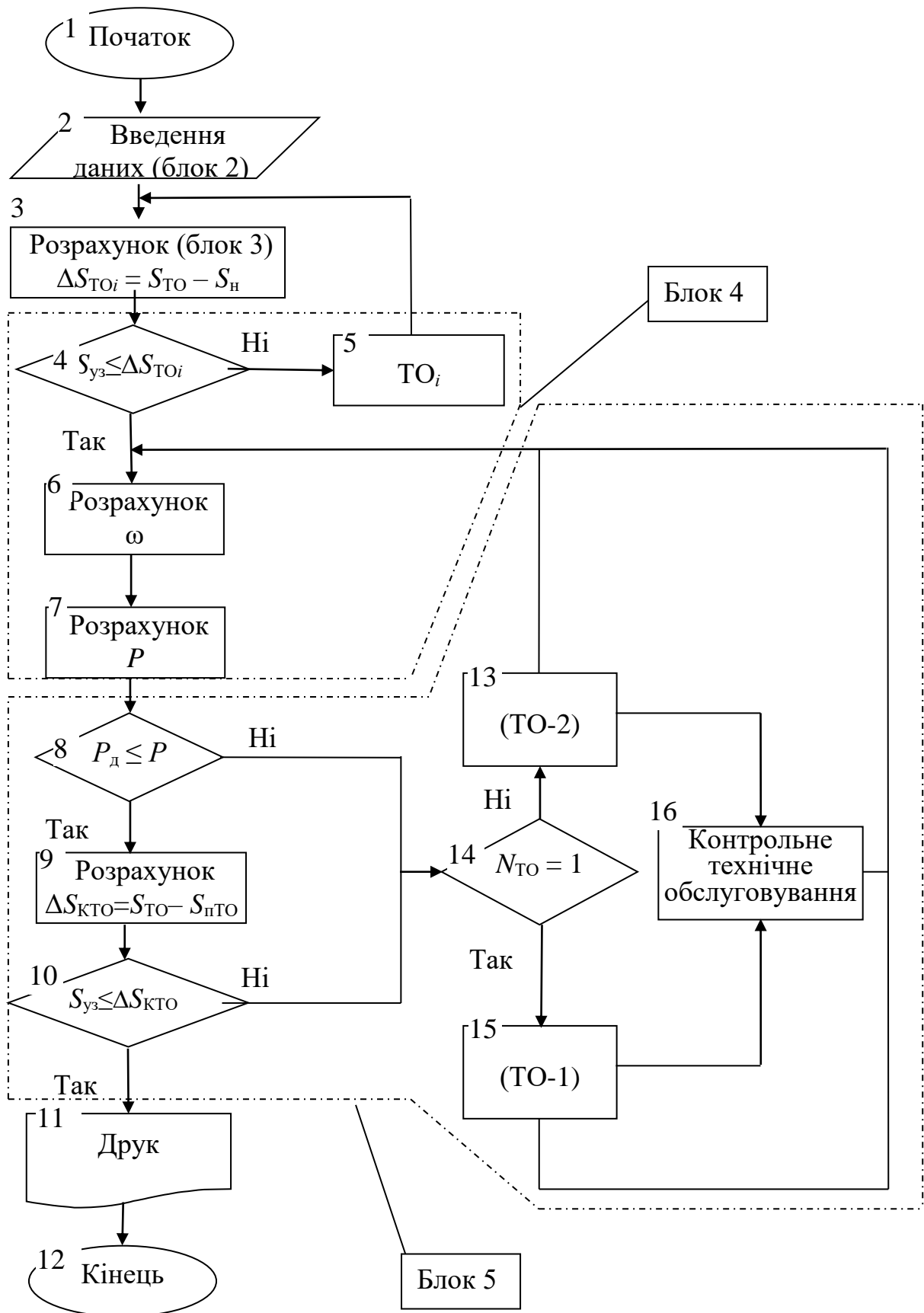


Рисунок 2.2 - Алгоритм визначення періодичності й обсягів додаткових робіт з технічного обслуговування військових автомобілів

У блоці 3 проводиться розрахунок запасу ресурсу автомобіля до чергового технічного обслуговування.

У блоці 4 проводяться розрахунки параметра потоку відмов автомобіля залежно від терміну перебування в експлуатації, напрацювання та імовірності його безвідмовної роботи.

Блок 5 - визначають обсяги додаткових робіт, проведення яких підвищує надійність військового автомобіля, розраховується запас ресурсу $\Delta S_{\text{кто}}$ до точки напрацювання, коли імовірність безвідмовної роботи військового автомобіля набуде значення допустимої. Якщо розрахований запас ресурсу $\Delta S_{\text{кто}}$ менший за умовне завдання $S_{\text{уз}}$, протягом якого не допускається виникнення відмови і були проведені роботи: по ТО-1, то рекомендується виконати роботи по контрольно-технічному обслуговуванню (КТО), перелік яких визначається в ході дослідження, для забезпечення роботи військового автомобіля до ТО-2; якщо по ТО-2 – рекомендується виконати роботи по КТО для забезпечення роботи військового автомобіля до ТО-1. Потім вертаються до блоку 4 і проводять розрахунок параметра потоку відмов військового автомобіля та імовірності його безвідмовної роботи після проведення КТО. В разі не забезпечення імовірності безвідмовної роботи військового автомобіля для виконання умовного завдання $S_{\text{уз}}$, проводять ще одне КТО, а при необхідності - позапланове ТО.

Враховуючи те, що на імовірність безвідмовної роботи військового автомобіля впливає термін перебування його в експлуатації, його напрацювання з початку експлуатації, та напрацювання після технічного обслуговування та вид попередньо проведеного номерного технічного обслуговування.

Для проведення розрахунків вхідними даними визначені такі:

M – марка автомобіля;

T – рік випуску;

$S_{\text{н}}$ – напрацювання військового автомобіля з початку експлуатації;

$S_{\text{пТО}}$ – напрацювання військового автомобіля після проведення чергового номерного технічного обслуговування;

$S_{\text{ТО}i}$ – напрацювання військового автомобіля до номерного технічного обслуговування;

$N_{\text{ТО}i}$ – номер попередньо проведеного номерного технічного обслуговування;

$S_{\text{уз}}$ – заданий ресурс, необхідний для певного терміну експлуатації, при якому відновлення не допускається.

Розрахунок запасу ресурсу військового автомобіля до чергового технічного обслуговування $\Delta S_{\text{ТО}i}$ здійснюється за допомогою математичного виразу

$$\Delta S_{\text{ТО}i} = S_{\text{ТО}i} - S_{\text{н}}, \quad (2.17)$$

де $S_{\text{ТО}i}$ – напрацювання військового автомобіля для виконання чергового номерного технічного обслуговування;

$S_{\text{н}}$ – напрацювання військового автомобіля з початку експлуатації.

Чергове номерне технічне обслуговування необхідно провести на військовому автомобілі після порівняння ресурса, який необхідний для певного терміну експлуатації, якщо $S_{\text{уз}} \geq \Delta S_{\text{ТО}i}$ з отриманим значенням запасу ресурсу військового автомобіля до чергового номерного технічного обслуговування.

Розрахунок параметра потоку відмов військового автомобіля проводиться у випадку коли запас ресурсу до чергового технічного обслуговування більший від ресурсу, який необхідний для певного терміну експлуатації,

$$\omega = a_0^T + a_1^T S + a_2^T S^2 + a_3^T S^3, \quad (2.18)$$

де S – напрацювання автомобіля з початку експлуатації;

T – термін перебування автомобіля в експлуатації.

Імовірність безвідмовної роботи автомобіля розраховується на підставі отриманих значень параметра потоку відмов за виразом:

$$P = e^{-\omega S_{yz}}, \quad (2.19)$$

де S_{yz} – заданий ресурс, необхідний для певного терміну експлуатації, при якому відновлення не допускається.

Якщо $P_d \leq P$, розраховується запас ресурсу автомобіля до точки напрацювання, коли імовірність його безвідмовної роботи набуде значення допустимої:

$$\Delta S_{кто} = S_{кто} - S_{пто}, \quad (2.20)$$

де $S_{кто}$ - напрацювання військового автомобіля до точки, коли P_d набуде значення допустимої;

$S_{пто}$ - напрацювання військового автомобіля, після проведеного номерного технічного обслуговування.

Якщо відомо значення допустимої імовірності безвідмовної роботи військового автомобіля, величину $S_{кто}$ розраховують за виразом:

$$S_{кто} = -\frac{\ln P_d}{\omega}. \quad (2.21)$$

Якщо запас ресурсу $\Delta S_{кто}$ дорівнює запасу ресурсу який необхідний для певного терміну експлуатації S_{yz} , або більший розрахунки закінчуються.

Коли розраховане значення імовірності безвідмовної роботи військового автомобіля менше допустимого або запас ресурсу $\Delta S_{кто}$ менший ресурсу, необхідного для певного терміну експлуатації, на військових

автомобілях з метою підвищення працездатності найменш надійних вузлів і агрегатів проводяться додаткові роботи.

Таким чином удосконалена математична модель прогнозування технічного стану військового автомобіля надає можливість прогнозувати імовірність безвідмовної роботи автомобілів різних марок. Необхідна певна кількість статистичних даних для отримання аналітичних залежностей параметра потоку відмов та імовірності безвідмовної роботи цих марок військових автомобілів від напрацювання і терміну перебування їх в експлуатації.

Перед проведенням розрахункового дослідження впливу напрацювання та терміну перебування військових автомобілів в експлуатації на імовірність їх безвідмовної роботи необхідно перевірити адекватність розробленої математичної моделі.

Висновки по другому розділу

1. Метою прогнозування технічного стану є визначення майбутнього стану військового автомобіля на підставі вивчення тих факторів, від яких цей стан залежить. Прогнозування здійснюється як у процесі розробки, так і в період експлуатації військових автомобілів. Найважливішим є прогнозування залишкового ресурсу.

2. Прогнозування технічного стану військового автомобіля на основі розрахунку імовірності його безвідмовної роботи надає можливість приймати рішення про доцільність проведення додаткових робіт технічного обслуговування для підвищення їх працездатності.

3. Недоліками існуючого методу прогнозування технічного стану військових автомобілів є те, що періодичність проведення заходів по підвищенню їх працездатності визначають без урахування терміну перебування в експлуатації, що погіршує точність розрахунків при визначенні імовірності безвідмовної роботи автомобілів із різними термінами перебування в експлуатації.

Удосконалений метод направлений на підвищення ефективності функціонування системи технічного обслуговування і ремонту військових автомобілів та підтримання автомобілів у працездатному стані під час їх експлуатації шляхом проведення КТО з ТО на вузлах і агрегатах, які мають низьку надійність.

4. Розроблено математичну модель прогнозування технічного стану військових автомобілів, яка дозволяє проводити розрахунок обсягів та періодичність проведення додаткових робіт технічного обслуговування для підвищення їх надійності.

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

3.1 Визначення необхідної кількості військових автомобілів для проведення розрахункового дослідження

У зв'язку з неоднорідністю властивостей вузлів та агрегатів військового автомобіля і відхиленнями в режимах технології виробництва його деталей кількість відмов носить випадковий характер і може приймати достатньо різні значення при повторюванні випробувань із повним дотриманням їх умов. Тому отримані статистичні значення кількості відмов дають лише наближену оцінку їх фактичної кількості.

Значною мірою величина можливої помилки розрахунків при оцінці середнього значення кількості відмов залежить від об'єму вибірки, тому підвищити точність оцінки кількості відмов військових автомобілів можна передусім шляхом збільшення об'єму вибірки і застосування більш раціонального методу статистичної обробки результатів, що використовує максимум інформації, отриманої при дослідженнях.

Обґрунтування необхідного об'єму вибірки з метою визначення кількості відмов з наперед заданим ступенем точності є основним завданням планування дослідження.

Висунемо гіпотезу - вибірка кількості відмов вузлів та агрегатів військового автомобіля належить до нормального закону розподілу.

Так як дослідження проводяться з метою оцінки математичного очікування кількості відмов, то об'єм вибірки в припущенні її належності до нормального закону розподілу визначають по формулі [12]:

$$n = \frac{\gamma^2}{\Delta^2} z_{1-\alpha/2}^2 \quad (3.1)$$

або

$$n = \frac{z_{1-\alpha/2}^2}{\delta^2}, \quad (3.2)$$

де n - об'єм вибірки (кількість військових автомобілів, необхідних для дослідження);

\mathcal{V} - генеральний коефіцієнт варіації;

Δ - максимальна відносна помилка при оцінці середнього значення кількості відмов;

$z_{1-\alpha/2}^2$ - квантіль рівня $P = 1 - \alpha/2$ нормована нормально розподіленою випадковою величиною;

$P = 1 - \alpha/2$ - статистична надійність;

δ - максимальна відносна помилка при оцінці середнього значення кількості відмов в частках середньо квадратичного відхилення кількості відмов.

Так як генеральний коефіцієнт варіації \mathcal{V} є невідомою величиною, то при визначенні об'єму вибірки скористаємось іншою формулою, в якій генеральний коефіцієнт варіації \mathcal{V} замінимо вибірковим коефіцієнтом варіації \mathcal{U} , значенням якого можна задатись, уточнюючи його в процесі дослідження. Тоді об'єм вибірки дослідження визначатиметься за формулою:

$$n = \frac{\mathcal{U}^2}{\Delta^2} t_{\alpha,k}^2, \quad (3.3)$$

де $t_{\alpha,k}$ - значення квантілі статистики t рівня $P = 1 - \alpha/2$ для числа ступенів свободи $k = n - 1$.

В подальшому вибірковий коефіцієнт варіації U повинен бути скоригований відповідно до уточненого значення коефіцієнта варіації методом підбору. Значенням імовірності $P = 1 - \alpha / 2$ задаються.

Згідно рекомендацій [12] приймаємо $\alpha = 0,1$.

Величину максимальних помилок Δ та δ при середній точності дослідження приймаємо рівними $\Delta = 0,5 \cdot \gamma$ та $\delta = 0,5$.

Задаємось коефіцієнтом варіації $\gamma_s = 0,04$. По табл. 1.1 [12], для $\alpha = 0,1$ знаходимо $z_{0,95} = 1,645$ Тоді за формулою (3.1) матимемо:

$$n = \frac{0,04^2}{0,02^2} \cdot 1,645^2 \approx 11.$$

Отже за даних умов необхідно досліджувати не менше 11 автомобілів для збору інформації щодо кількості відмов з достовірності дослідження 90-95%.

Таким чином при проведенні дослідження, на основі статистичної інформації [8, 9, 10] були отримані данні, зведені до табл. А.1 по 15 автомобілям кожної групи (залежно від їх пробігу і терміну перебування в експлуатації). Збір інформації проводився по основним системам автомобіля.

Для зручності у подальших розрахунках, дані таблиці А.1 згруповані по системах автомобіля без врахування причин виникнення відмов (табл. 3.1).

Визначаємо коефіцієнт варіації одержаний по результатам дослідження за формулою [10]:

$$\gamma_\phi = \frac{\sigma}{x}, \quad (3.4)$$

де σ – середньоквадратичне відхилення;

x – кількість відмов систем автомобіля.

Середньоквадратичне відхилення визначаємо за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_g} (x_i - \bar{x})^2}{n_g - 1}}, \quad (3.5)$$

де \bar{x} – середнє значення кількості відмов систем автомобіля, яке визначаємо за формулою:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n_g} x_i}{n_g}, \quad (3.6)$$

де x_i – кількість відмов систем автомобіля при n_g реалізаціях.

Таблиця 3.1 - Кількість відмов систем військового автомобіля

Найменування систем військового автомобіля	Рік початку експлуатації								
	2018			2020			2022		
	Пробіг, тис. км								
	0-35	35-70	70-105	0-35	35-70	70-105	0-35	35-70	70-105
Силова установка	42	53	58	43	48	56	39	45	55
Шасі	11	24	38	9	21	30	9	19	25
Трансмiсія	9	11	12	6	8	11	4	6	8
Електрообладнання	9	12	14	7	9	11	5	5	7
Кузов	3	4	4	3	4	3	2	2	2
Всього	74	104	126	68	90	111	59	77	97

$$\bar{x} = \frac{806}{45} = 17,9;$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_g} (x_i - \bar{x})^2}{n_g - 1}} = 17,53;$$

$$\gamma_{\phi} = \frac{17,53}{806} = 0,02.$$

Так як вибірковий коефіцієнт варіації по результатам розрахунку виявився меншим за початково прийнятий $\gamma_s = 0,04$, то при $n = 15$ фактична помилка дослідження Δ_{ϕ} буде меншою заданої $\Delta = 0,02$.

Значення фактичної помилки визначаємо представивши формулу (3.3) у виді:

$$\Delta_{\phi} = \frac{\gamma_{\phi}}{\sqrt{n}} t_{\alpha,k}, \quad (3.7)$$

Попередньо знаходимо з табл. V [12] значення $t_{0,1, 14} = 1,761$.

$$\Delta = \frac{0,02}{\sqrt{15}} 1,761 = 0,009.$$

Така мала помилка спричинена тим, що для дослідження об'єм вибірки був взятий більшим ніж розрахунковий з метою отримання більш достовірних даних.

3.2 Розрахунок параметру потоку відмов військового автомобіля та імовірності його безвідмовної роботи

Аналіз статистичних даних виходу з ладу конструктивних вузлів та деталей гальмової системи та електрообладнання автомобіля (на прикладі автомобіля марки КрАЗ-6322) залежно від пробігу та терміну експлуатації показав, що найбільш характерними відмовами в системі електрообладнання є обгорання й оплавлення електродів й рухомого контакту перемикача опалювача, а основними видами відмов гальмових механізмів є зноси накладок передніх і задніх гальмових колодок.

Розрахунок параметра потоку відмов військового автомобіля ω на різних етапах експлуатації проводимо, залежно від пробігу і терміну експлуатації, використовуючи аналітичний вираз [15]:

$$\omega = \frac{m_{\Sigma}}{N S} \left(\frac{1}{1000} \text{км} \right), \quad (3.8)$$

де m_{Σ} - загальна кількість відмов автомобіля за напрацювання;

N - кількість автомобілів за якими велося спостереження;

S - загальне напрацювання всіх автомобілів, км.

Розраховані значення параметра потоку відмов залежно від напрацювання для кожної групи військових автомобілів заносимо в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Значення параметра потоку відмов автомобіля залежно від терміну перебування його в експлуатації і напрацювання

Термін початку експлуатації, років	Напрацювання з початку експлуатації, тис. км		
	0-35	35-70	70-105
До 3	$7,5 \cdot 10^{-6}$	$9,8 \cdot 10^{-6}$	$12,3 \cdot 10^{-6}$
Від 3 до 5	$8,6 \cdot 10^{-6}$	$11,4 \cdot 10^{-6}$	$14,1 \cdot 10^{-6}$
Від 5 до 7	$9,4 \cdot 10^{-6}$	$13,2 \cdot 10^{-6}$	$16 \cdot 10^{-6}$

Як показали проведені дослідження, значення параметра потоку відмов військового автомобіля залежить від його напрацювання з початку експлуатації. Перелік відмов, їх кількість і характер прояву для різного терміну перебування в експлуатації та напрацювання автомобіля суттєво відрізняється один від одного.

Будуємо графік залежності потоку відмов військового автомобіля від напрацювання і терміну перебування його в експлуатації. Із графіка видно, що параметр потоку відмов при збільшенні напрацювання з початку

експлуатації зростає. Необхідно відмітити, що на величину параметра потоку відмов впливає не тільки величина напрацювання, але і термін перебування військового автомобіля в експлуатації.

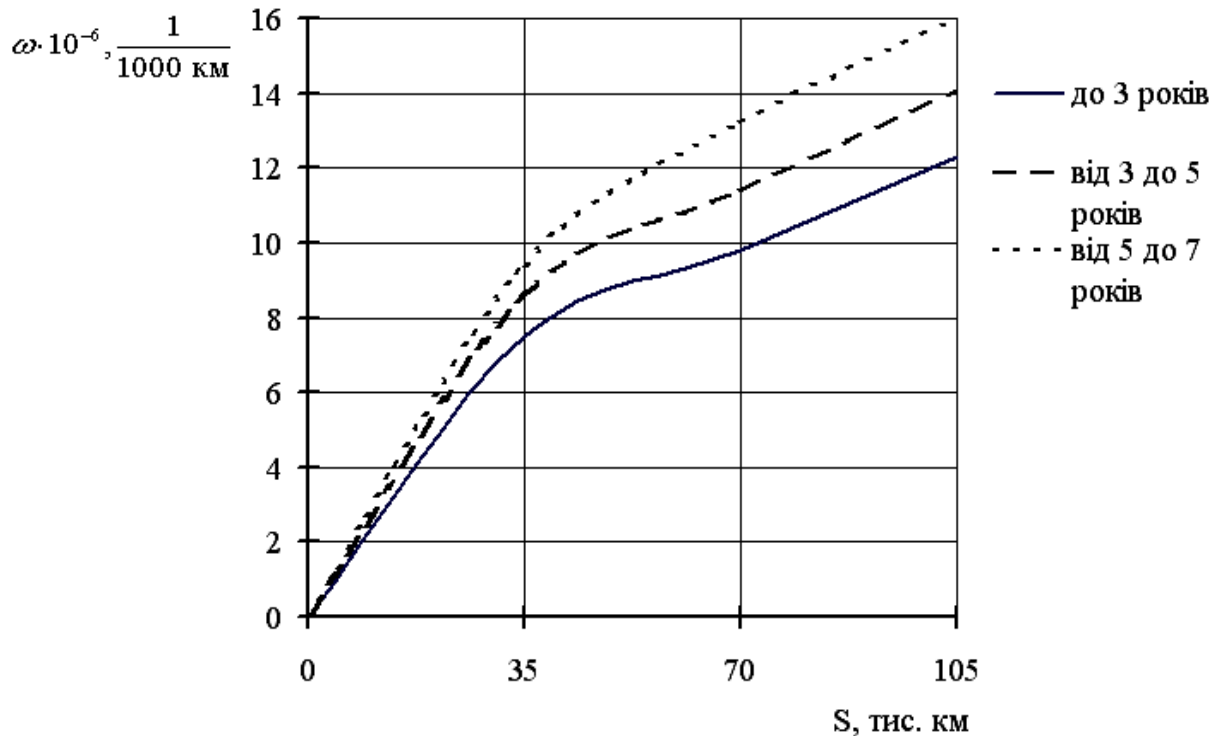


Рисунок 3.1 - Залежність параметра потоку відмов військового автомобіля ω від напрацювання S

Проміжки часу між сусідніми відмовами, як відомо із теорії надійності, розподіляються за експоненціальним законом. Тоді імовірність безвідмовної роботи військового автомобіля між черговими технічними обслуговуваннями визначається за формулою (2.19).

Для розрахунку приймаємо напрацювання автомобілів 35000 км, що обумовлюється межами інтервалів пробігу військового автомобіля, в яких проводився збір та аналіз статистичної інформації.

Результати проведених розрахунків імовірності безвідмовної роботи військових автомобілів залежно від терміну перебування їх в експлуатації і напрацювання зведено в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 - Значення імовірності безвідмовної роботи військового автомобіля залежно від напрацювання і терміну перебування в експлуатації

Термін початку експлуатації, років	Напрацювання з початку експлуатації, тис. км		
	0-35	35-70	70-105
До 3	0,77	0,71	0,65
Від 3 до 5	0,74	0,67	0,61
Від 5 до 7	0,72	0,63	0,57

Графічні залежності імовірності безвідмовної роботи автомобілів від терміну перебування їх в експлуатації і напрацювання наведено на рис. 3.2.

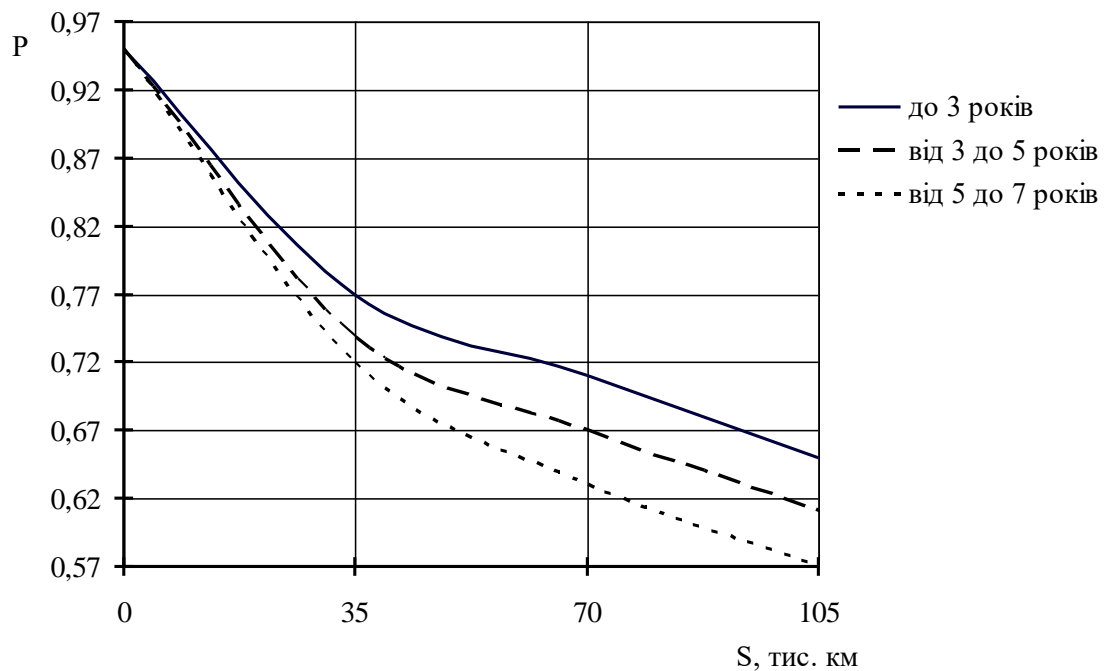


Рисунок 3.2 - Залежність імовірності безвідмовної роботи військових автомобілів від напрацювання і терміну перебування в експлуатації

Із графіку видно, що із збільшенням напрацювання значення імовірності безвідмовної роботи військових автомобілів зменшується. Крім того, імовірність безвідмовної роботи військових автомобілів з різними

термінами перебування в експлуатації, але з однаковим напрацюванням з початку експлуатації, відрізняється. Тобто імовірність безвідмовної роботи військових автомобілів залежить не лише від напрацювання, а і від терміну перебування їх в експлуатації. Чим більший термін перебування військового автомобіля в експлуатації, тим менше напрацювання при якому його імовірність безвідмовної роботи знаходиться нижче граничного рівня.

Розроблена математична модель включає сукупність формул та алгоритм визначення імовірності безвідмовної роботи військового автомобіля.

Для складання математичної моделі розрахунку імовірності безвідмовної роботи військових автомобілів під час їх експлуатації я необхідно апроксимувати залежність параметра потоку відмов ω по напрацюванню S і терміну перебування експлуатації T .

Застосування рівнянь апроксимації 3-го порядку на кожному з етапів експлуатації військових автомобілів забезпечує необхідну точність розрахунків, при цьому середньоквадратичне відхилення розрахункових даних від статистичних не перевищує 0,06 [9].

3.3 Перевірка адекватності математичної моделі прогнозування технічного стану військових автомобілів

Оскільки чисельні значення параметра потоку відмов військових автомобілів отримані на основі статистичних даних кількості відмов протягом певного періоду їх експлуатації, дійсне його значення відрізняється від теоретичного, тобто розраховане з деяким наближенням. Ступінь такого наближення оцінюється із використанням критерію згоди Пірсона χ^2 , який оцінює розбіжність між експериментальними та розрахунковими значеннями параметра потоку відмов автомобілів.

Критерій згоди Пірсона визначається за формулою [9]:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(P_{ei} - P_{Ti})^2}{P_{Ti}}, \quad (3.9)$$

де P_{ei} - емпірична імовірність появи події на i -му інтервалі;

P_{Ti} - теоретична імовірність появи події на i -му інтервалі.

В даному випадку P_{ei} - розрахована за статистичними даними імовірність безвідмовної роботи військових автомобілів на i -му інтервалі пробігу, а P_{Ti} - теоретична імовірність безвідмовної роботи військових автомобілів на i -му інтервалі пробігу розрахована за формулами (2.19), (3.9).

Для зручності дані по емпіричним та теоретичним імовірностям безвідмовної роботи автомобілів зведемо до табл. 3.4.

Таблиця 3.4 - Емпірична та теоретична імовірності безвідмовної роботи військових автомобілів

Термін початку експлуатації, років	i -і інтервали пробігу, тис. км					
	0-35		35-70		70-105	
	P_{ei}	P_{Ti}	P_{ei}	P_{Ti}	P_{ei}	P_{Ti}
До 3	0,77	0,69	0,71	0,60	0,65	0,57
Від 3 до 5	0,74	0,67	0,67	0,57	0,61	0,51
Від 5 до 7	0,72	0,65	0,63	0,54	0,57	0,48

Тоді за формулою (3.9) маємо:

$$\chi^2 = \frac{(0,77 - 0,69)^2}{0,69} + \frac{(0,71 - 0,6)^2}{0,6} + \dots + \frac{(0,57 - 0,48)^2}{0,48} = 0,13.$$

При $k = N - 1 = 2$ ступенях свободи, де N - кількість груп автомобілів за їх терміном перебування в експлуатації, з таблиці критерію

згоди Пірсона (табл. 6 [9]) χ^2 показує, що імовірність значення, яке перевищує 0,13, лежить між 0,90 та 0,95. Тому між емпіричними і теоретичними даними існує згода: критерій $\alpha = 0,9$ підтверджує адекватність математичної моделі.

3.4 Вибір переліку систем, агрегатів та вузлів військового автомобіля, які потребують проведення додаткового технічного обслуговування

Для визначення переліку систем, агрегатів та вузлів військового автомобіля, які потребують проведення додатково технічного обслуговування, з метою підвищення надійності військового автомобіля, на підставі даних таблиці А.1 та 3.1 проводимо аналіз відмов його систем.

Кількість відмов систем військового автомобіля $n_{від}$ збільшується при збільшенні терміну експлуатації та пробігу S_n .

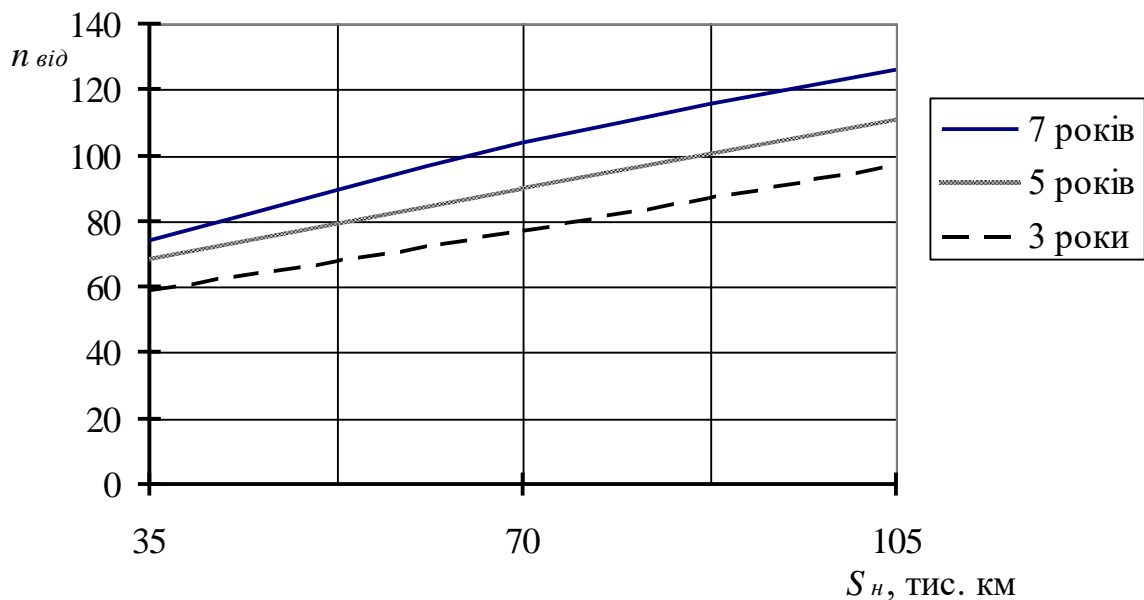


Рисунок 3.3 - Залежність кількості відмов від терміну перебування військового автомобіля в експлуатації

Найбільший відсоток відмов військового автомобіля КраЗ-6322 від загальної кількості відмов, незалежно від терміну експлуатації та пробігу автомобіля припадає на такі його системи: силова установка – 50...64% ; шасі – 14...25%; трансмісія – 7...12%. Розподіл відмов по системах автомобіля наведено в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 - Відсотковий розподіл відмов по системах військового автомобіля

Найменування системи	Відсоток відмов по системі до загальної кількості відмов по автомобілю, %								
	Рік початку експлуатації								
	2018			2020			2022		
	Пробіг , тис. км								
	0-35	35-70	70-105	0-35	35-70	70-105	0-35	35-70	70-105
Силова установка	56,8	53,4	50,3	63,2	57,6	54,6	66,1	61,8	59,7
Шасі	14,9	19,7	24,0	13,2	19,0	22,3	15,3	20,6	22,7
Трансмісія	12,2	11,2	10,5	8,8	8,9	9,3	6,8	7,4	7,7
Електрообладнання	12,2	11,8	11,5	10,3	10,1	10,0	8,5	7,4	7,3
Кузов	4,1	3,9	3,6	4,4	4,4	3,7	3,4	2,9	2,6

На рис. 3.4–3.6 показано співвідношення кількості відмов у військових автомобілів з різними термінами перебування в експлуатації та пробігом 105 тис. км. З них видно, що у військових автомобілів з терміном перебування в експлуатації 3 роки порівняно з автомобілями, що перебувають в експлуатації 5 та 7 років експлуатації, відсоток відмов силової установки та шасі більший, що обумовлено більш інтенсивним режимом експлуатації (в середньому за рік військовий автомобіль здійснював пробіг близько 35000 км, при середньостатистичному – до 15000 км). На відрізку пробігу від 70000 до 105000 км у автомобілів 2022 року початку експлуатації зафіксовано 55 відмов силової установки, майже стільки ж як і у військових автомобілів з більшим терміном експлуатації.

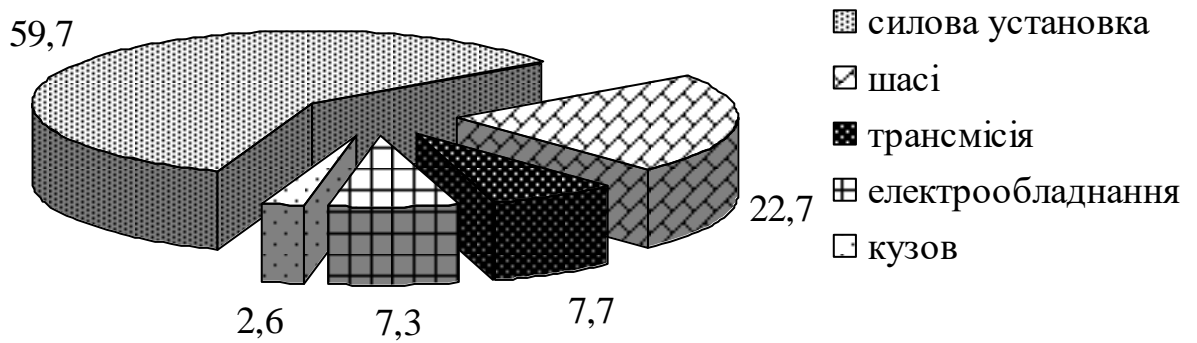


Рисунок 3.4 - Співвідношення кількості відмов у військових автомобілів з терміном перебування в експлуатації 3 роки та пробігом 105 тис. км.

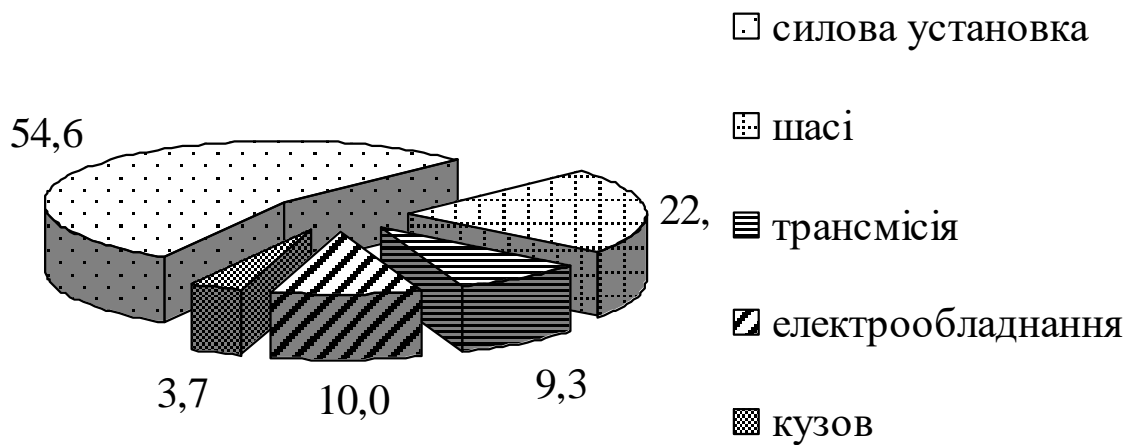


Рисунок 3.5 - Співвідношення кількості відмов у військових автомобілів з терміном перебування в експлуатації 5 років та пробігом 105 тис. км.

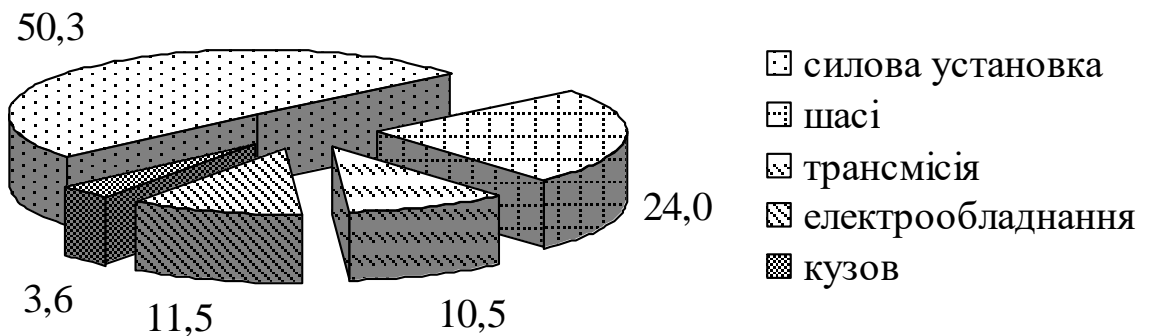


Рисунок 3.6 - Співвідношення кількості відмов у військових автомобілів з терміном перебування в експлуатації 7 років та пробігом 105 тис. км.

Аналіз систем, що мають найбільшу кількість відмов показав – в силовій установці найбільше відмов припадає на двигун та систему живлення, а в шасі на ходову частину та рульове керування. Розподіл кількості відмов по цих системах (на травень 2022 року) наведено в табл. 3.6, 3.7 та на рис. 3.7, 3.8.

Таблиця 3.6 - Розподіл кількості відмов силової установки по найменш надійним системам

Рік початку експлуатації	2018	2020	2022
Система живлення	66	64	62
Двигун:	87	83	77
неспроможність запуску двигуна	36	40	34
двигун працює нестійко	36	30	25
двигун не розвиває повної потужності	15	13	18

Таблиця 3.7 - Розподіл кількості відмов шасі по системам

Рік початку експлуатації	2018	2020	2022
Ходова частина	50	46	40
Гальмівна система	10	4	3
Рульове керування	13	10	10

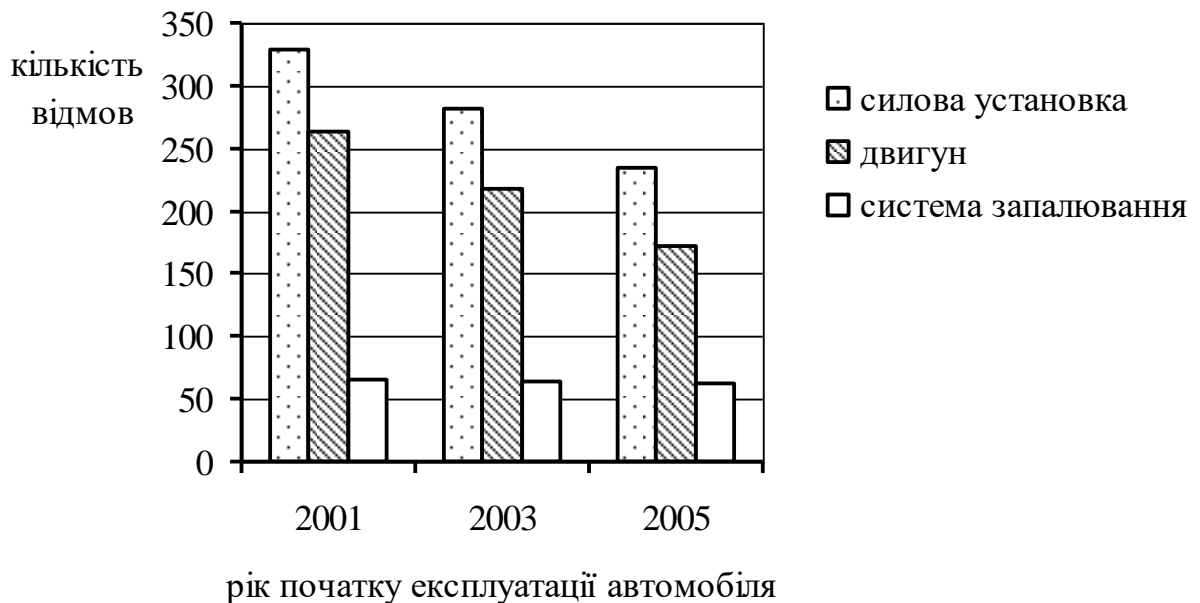


Рисунок 3.7 - Кількість відмов силової установки по найменш надійним системам

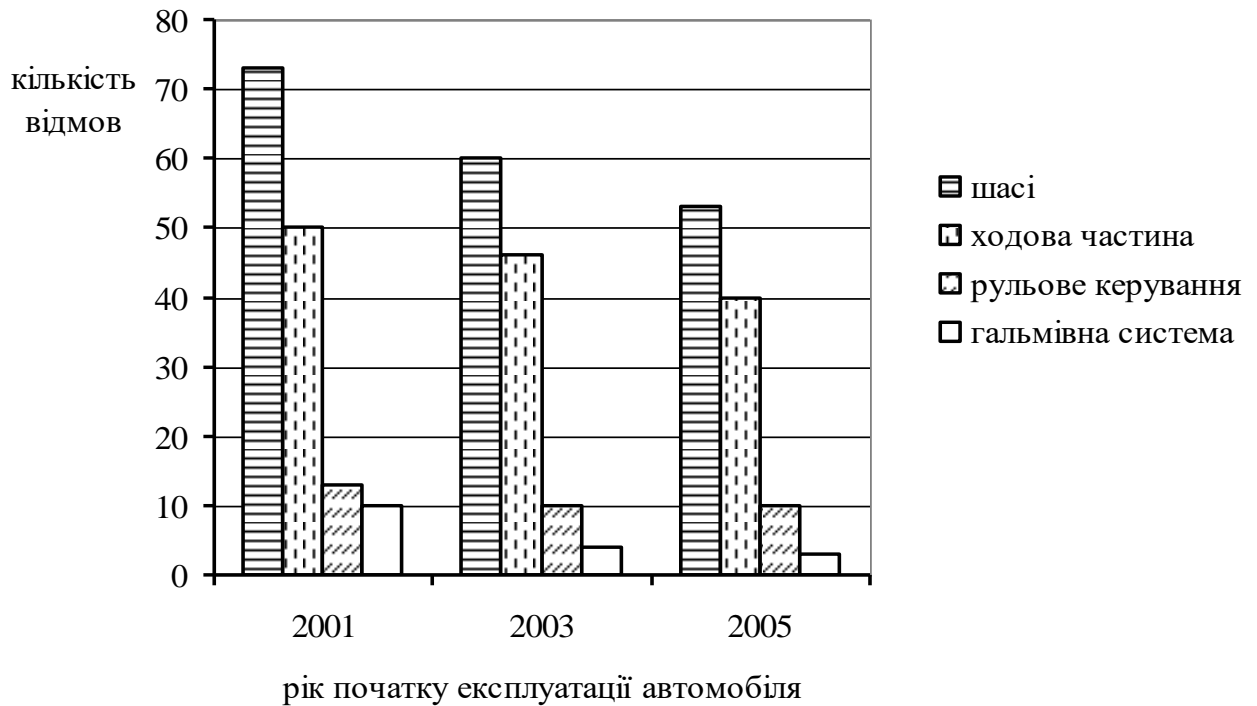


Рисунок 3.8 - Кількість відмов шасі по системам

Таким чином проведений розподіл автомобілів в залежності від терміну експлуатації свідчить що при однакових пробігах кількість відмов у автомобілів збільшується із збільшенням їх терміну експлуатації.

Висновки по третьому розділу

1. Обґрунтування необхідного об'єму вибірки з метою визначення кількості відмов з наперед заданим ступенем точності є основним завданням планування дослідження. При прийнятих величинах максимальних помилок $\Delta = 0,5 \cdot \gamma$, $\delta = 0,5$ та коефіцієнтом варіації $\gamma = 0,04$ для збору інформації щодо кількості відмов досліджувалось по 15 автомобілям кожної групи (залежно від їх пробігу і терміну перебування в експлуатації).

2. Розроблена математична модель прогнозування технічного стану військового автомобіля включає сукупність формул та алгоритм визначення імовірності його безвідмовної роботи.

3. Перевірка адекватності математичної моделі прогнозування технічного стану військового автомобіля (на прикладі військового автомобіля КрАЗ-6322) показує збіг експериментальних та теоретичних даних з похибкою 5%, що підтверджує можливість застосування математичної моделі прогнозування технічного стану військового автомобіля і для інших типів автомобілів, за умови що є відомими значення параметра потоку відмов вузлів та агрегатів автомобіля залежно від напруження і терміну перебування їх в експлуатації. Дослідження проводилось методом пасивного експерименту на основі статистичних даних по кількості відмов систем автомобіля.

4. Аналіз статистичних даних виходу з ладу систем автомобіля залежно від пробігу та терміну експлуатації показав, що найбільша кількість відмов припадає на силову установку та шасі. Характерними відмовами силової установки є неспроможність запуску двигуна, нестійка його робота, неможливість розвинути повну потужність та вихід з ладу системи живлення. В шасі найбільша кількість відмов припадає на ходову частину та рульове керування.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ І РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО
ПОКРАЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО
ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ
АВТОМОБІЛЬНОЇ РОТИ БАЗИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Розробка рекомендацій щодо покращення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів автомобільної роти бази забезпечення

Проведені дослідження показали, що для автомобілів, які довготривалий час перебувають в експлуатації, імовірність безвідмовної роботи у визначених межах можливо забезпечити за рахунок підвищення ефективності функціонування системи ТО і ремонту.

Система технічного обслуговування і ремонту потребує удосконалення оскільки не повною мірою, як показав проведений аналіз існуючої системи технічного обслуговування і ремонту, забезпечує підтримання надійності у визначених межах.

Відновлення працездатності військових автомобілів при існуючій системі технічного обслуговування і ремонту між номерними технічними обслуговуваннями здійснюється виконанням поточних ремонтів, кількість яких збільшується із збільшенням напрацювання і терміну перебування військових автомобілів в експлуатації.

Зменшити кількість поточних ремонтів пропонується за рахунок проведення контрольно-технічних обслуговувань.

Удосконалений метод визначення періодичності проведення контрольно-технічного обслуговування передбачає розподіл військових автомобілів на групи залежно від терміну перебування їх в експлуатації і напрацювання, що забезпечує визначення періодичності проведення

контрольно-технічного обслуговування для кожної групи військових автомобілів окремо.

Пропонується внести, у відповідності до викладених вище теоретичних передумов, зміни і доповнення в організацію виконання робіт з ТО і ремонту військових автомобілів.

В результаті проведеного розрахункового дослідження пропонується всі роботи з технічного обслуговування військових автомобілів поділити на дві групи:

- роботи для підтримання нормальної роботи систем, вузлів і агрегатів автомобілів;

- роботи, які обумовлені технічним станом систем, агрегатів та вузлів автомобіля та прогнозуванням можливості появи відмов.

У визначенні за допомогою удосконаленого методу визначення періодичності проведення робіт з контрольно-технічного обслуговування терміни необхідно проводити періодичні роботи другої групи.

Показниками для визначення відношення технічної групи при розподілі військових автомобілів на групи повинні бути: напрацювання з початку експлуатації; марка автомобіля, термін перебування в експлуатації.

В основу практичних рекомендацій щодо підвищення надійності автомобілів.. покладено результати проведеного розрахункового дослідження залежності імовірності безвідмовної роботи військових автомобілів від терміну перебування їх в експлуатації і напрацювання.

Як показав аналіз даних щодо виходу з ладу систем, вузлів і агрегатів автомобілів (табл. А.1), що при виконанні робіт з контрольно-технічного обслуговування особливу увагу необхідно приділяти вузлам ходової частини, рульовому керуванню, двигуну та системі живлення, коробці передач, електронному блоку керування.

Згідно з визначеним переліком робіт технічного обслуговування автомобілів [2, 3] пропонується до переліку робіт з КТО включити, як вказано у табл. 4.1, певні види робіт.

Таблиця 4.1 - Перелік робіт контрольно-технічного обслуговування

КТО-1
1.Перевірити роботу двигуна 2. Перевірити систему запалювання 3. Перевірити ходову частину 4. Перевірити рульове керування 5. Перевірити коробку передач 6. Перевірити блок керування 7. Перевірка проводів електрообладнання 8. Усунення виявлених несправностей
КТО-2
1.Перевірка відсутності люфтів в шарових опорах 2. Перевірити ремінь генератора 3.Перевірити гальмівну систему 4. Перевірити систему охолодження 5. Перевірити корзину зчеплення 6. Перевірити знос шестерень коробки передач (особливо першу передачу) 7. Усунення виявлених несправностей

Коефіцієнт коригування періодичності проведення обслуговування для зручності користування способом визначення періодичності проведення контрольно-технічного обслуговування можливо обчислити за формулою

$$K_{\text{кто}} = \frac{S_{0,8}}{S_{\text{то}}}, \quad (4.1)$$

де $S_{0,8}$ – напрацювання автомобіля до 0,8 (розраховується за формулою (2.21) або графічно, як абсциса точки перетину кривої фактичної імовірності безвідмовної роботи автомобіля і граничного рівня імовірності безвідмовної роботи автомобіля);

$S_{\text{то}}$ – встановлене напрацювання до чергового ТО.

Відповідно $K_{\text{кто}}$ контрольно-технічного обслуговування для автомобілів з однаковим терміном перебування в експлуатації, але з різним напрацюванням з початку експлуатації будуть відрізнятися. Для автомобілів

КрАЗ-6322 розраховані коефіцієнти коригування періодичності проведення обслуговування наведені в табл.4.2.

Таблиця 4.2 - Значення $K_{\text{КТО}}$ періодичності проведення КТО для автомобілів КаАЗ-6322

Термін експлуатації, роки	Напрацювання автомобілів до номерного технічного обслуговування, тис. км			
	0-35	35-70	70-105	
	КТО-1	КТО-1	КТО-1	КТО-2
До 3	0,78	0,92	0,89	0,92
3 – 5	0,81	0,84	0,76	0,89
5 – 7	0,84	0,76	0,84	0,92

Тоді пробіг військового автомобіля до проведення контрольно-технічного обслуговування визначається за формулою:

$$S_{\text{КТО}} = S_{\text{ТО}} K_{\text{КТО}} - S_{\text{н}}, \quad (4.2)$$

де $S_{\text{н}}$ – напрацювання автомобіля з початку експлуатації.

Проведені розрахунки імовірності безвідмовної роботи військових автомобілів з різними термінами перебування в експлуатації показали, що вона набуває значення допустимої при різному напрацюванні. Пропонується для підтримання імовірності безвідмовної роботи у визначених межах (періодичність КТО визначають графічно за рис.4.1), при досягненні імовірності безвідмовної роботи граничного значення.

Для автомобілів КрАЗ-6322 з терміном перебування в експлуатації від 5 до 7 років між черговими номерними обслуговуваннями провести п'ять додаткових обслуговування обсягом КТО-1 та КТО-2. Роботи обсягом КТО-1 виконати через 16700-17200 км, 53500-54000 км, 76500-77000 км та 88500-89000 км напрацювання з початку експлуатації. Роботи обсягом КТО-2 виконати через 94500-95000 км напрацювання з початку експлуатації.

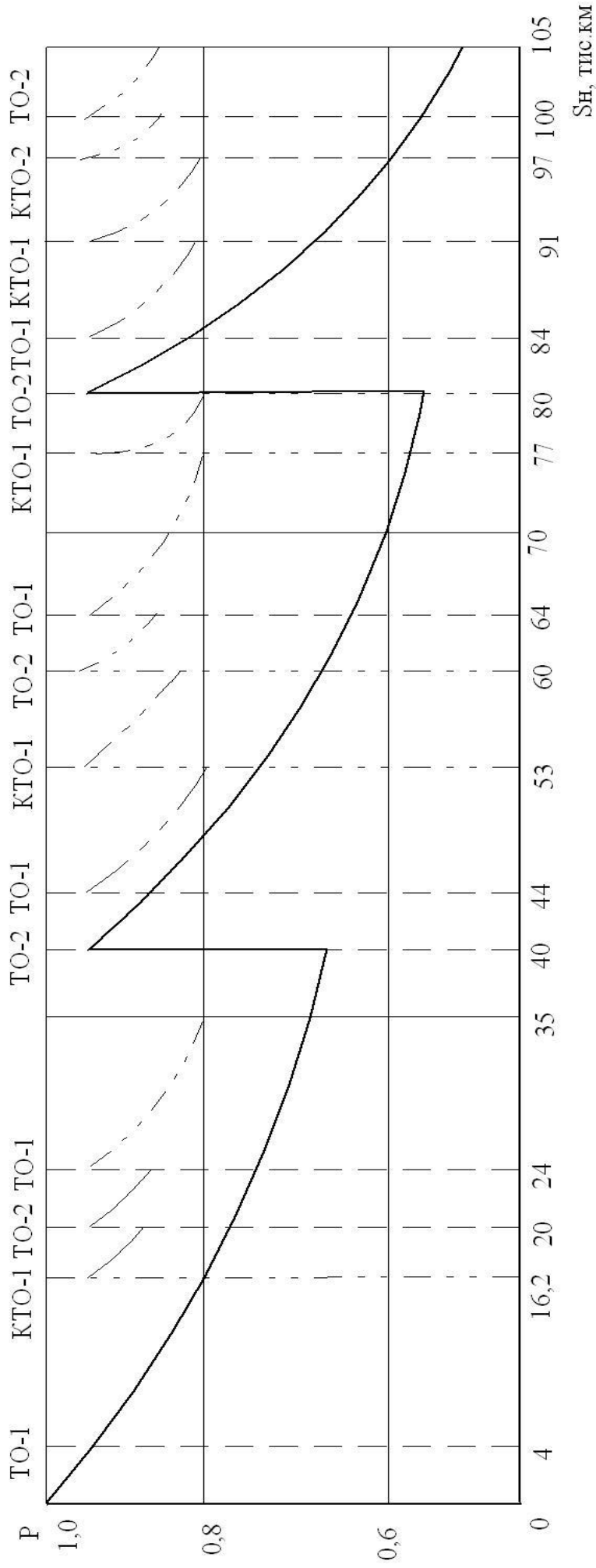


Рисунок 4.2 - Рекомендації щодо удосконалення системи технічного обслуговування і ремонту автомобілів КраЗ-6322, які перебувають в експлуатації до 5 років

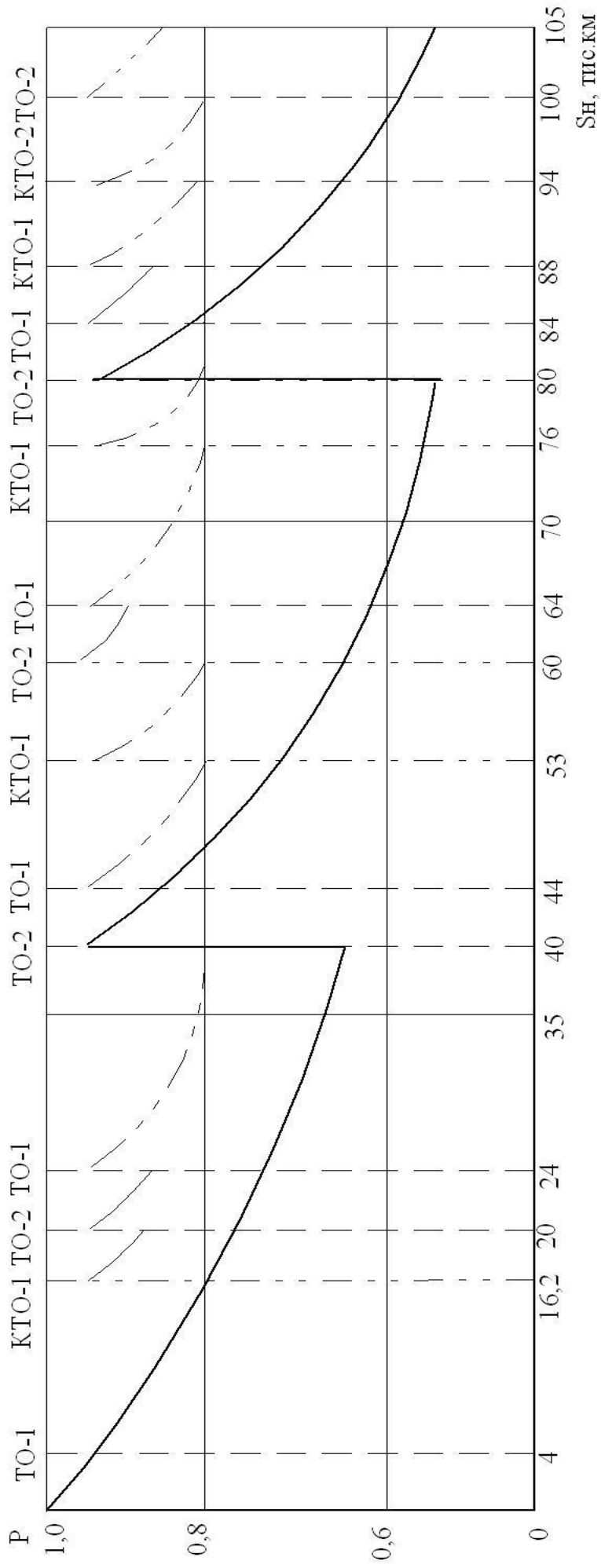


Рисунок 4.3 - Рекомендації щодо удосконалення системи технічного обслуговування і ремонту автомобілів

КрАЗ-6322, які перебувають в експлуатації до 7 років

Для автомобілів КрАЗ-6322 з терміном перебування в експлуатації від 3 до 5 років між черговими номерними обслуговуваннями доцільно провести п'ять додаткових обслуговувань обсягом КТО-1 та КТО-2. Роботи обсягом КТО-1 виконати через 16700-17200 км, 53500-54000 км, 77500-78000 км та 91500-92000 км напрацювання з початку експлуатації. Роботи обсягом КТО-2 виконати через 97500-9800 км напрацювання з початку експлуатації.

Для автомобілів КрАЗ-6322, які перебувають в експлуатації до 3 років, між черговими номерними технічними обслуговуваннями провести чотири додаткових обслуговувань обсягом КТО-1, КТО-2. При цьому перше КТО-1 провести через 16700-17200 км напрацювання, друге - через 53500-54000 км, третє - через 88000-88500 км напрацювання з початку експлуатації. Роботи обсягом КТО-2 виконати через 96700-97200 км напрацювання з початку експлуатації.

4.2 Техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів щодо покращення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів автомобільної роти бази забезпечення

За оцінкою витрат матеріальних засобів на технічне обслуговування і ремонт в процесі його експлуатації проводилось техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів підтримки працездатного стану військового автомобіля.

На ділянці напрацювання від початку експлуатації до проведення планового капітального ремонту сумарну вартість на ТО і проведення рекомендованих КТО військових автомобілів визначаємо за формулою:

$$C_{\text{тор}} = \sum_{i=1}^{N_{\text{то}}} C_{\text{то}i} + \sum_{j=1}^{N_{\text{кто}}} C_{\text{кто}j}, \quad (4.3)$$

де $N_{\text{то}}$ – кількість номерних технічних обслуговувань;

$N_{\text{кто}}$ – кількість запропонованих до проведення КТО;

$C_{ТОi}$ – вартість i -го номерного технічного обслуговування;

$C_{КТОj}$ – вартість j -го КТО.

Вартість i -го номерного технічного обслуговування $C_{ТОi}$ розраховуємо за формулою:

$$C_{ТОi} = T_{ТОi} C_{люд.год}, \quad (4.4)$$

де $T_{ТОi}$ - трудомісткість номерного ТО, люд.-год [2];

$C_{люд.год}$ - вартість однієї людино-години (на серпень 2023 року становить 165 грн [4].

Таблиця 4.3 - Нормативи трудомісткості робіт з технічного обслуговування і ремонту військових автомобілів

Дорожні транспортні засоби тип, клас	Трудомісткість,		
	люд.год		люд.год/1000км
	ТО - 1	ТО - 2	Ремонт
Вантажні автомобілі (робочий об'єм двигуна від 15 до 20 л, суха маса автомобіля від 10000 до 15000 кг)	12,3	19,2	12,8

Вартість j -го $C_{КТОj}$ розраховуємо за формулою:

$$C_{КТОj} = T_{pj} C_{люд.год} K_p, \quad (4.5)$$

де T_{pj} - трудомісткість j -го ремонту, люд.год (згідно нормативів наведених у табл.4.3) [3];

$C_{люд.год}$ - вартість однієї людино-години;

K_p - коефіцієнт коригування нормативної трудомісткості ремонту вантажного автомобіля в залежності від пробігу (значення коефіцієнту наведено у таб.4.4) [6].

Від початку експлуатації до проведення планового капітального ремонту, без врахування наданих рекомендацій, сумарну вартість на ТО і проведення ремонтів автомобілів на ділянці напрацювання визначаємо за формулою:

$$C_{TO} = \sum_{i=1}^{N_{TO}} C_{TOi} + \sum_{j=1}^{N_{пр}} C_{прj}, \quad (4.6)$$

де C_{TOi} – вартість i -го номерного технічного обслуговування;

N_{TO} – кількість номерних технічних обслуговувань;

$C_{прj} = T_p C_{люд.-год} K_p$ – вартість проведення j -го поточного ремонту;

$N_{пр}$ – кількість проведених поточних ремонтів (табл.4.5) [6].

Таблиця 4.4 - Значення коефіцієнту коригування нормативної трудомісткості ремонту автомобіля в залежності від пробігу

Пробіг з початку експлуатації у частках від нормативного пробігу до капітального ремонту	K_p
до 0,25	0,43
від 0,25 до 0,50	0,72
від 0,50 до 0,75	1,11
від 0,75 до 1	1,43
від 1 до 1,25	1,54
від 1,25 до 1,50	1,61
від 1,50 до 1,75	2,31

Таблиця 4.5 - Середня кількість проведених поточних ремонтів $N_{пр}$ на один автомобіль при існуючій системі технічного обслуговування і ремонту автомобілів

Термін експлуатації, років	Напрацювання автомобілів, тис. км						
	15	30	45	60	75	90	105
до 3	-	1	2	3	3	4	5
3 – 5	-	1	2	4	5	6	7
5 – 7	-	1	2	5	6	7	9

За формулами 4.3 та 4.6 розраховуємо вартість ТО для автомобіля, з різним терміном експлуатації та пробігом 105 тис.км., результати заносимо в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 - Витрати на технічне обслуговування і ремонти військового автомобіля в залежності від терміну перебування в експлуатації, тис. грн

Термін експлуатації, років	Напрацювання автомобілів, 105 тис. км	
	$C_{то}$	$C_{тор}$
до 3	33,37	28,70
3 – 5	41,05	32,85
5 – 7	47,80	35,85

Аналіз результатів розрахунків показав, що для військового автомобіля КрАЗ-6322 економія коштів на поточні ремонти у разі застосування розробленого методу прогнозування технічного стану автомобіля, залежно від терміну експлуатації на пробігу 105тис. км. складає:

для автомобілів до 3 років експлуатації – 4670 грн;

для автомобілів від 3 до 5 років експлуатації – 8200 грн;

для автомобілів від 5 до 7 років експлуатації – 11950 грн.

Таким чином, у разі запровадження рекомендацій щодо підтримки працездатного стану військового автомобіля в практику кількість заощаджених коштів буде доволі суттєвим.

Висновки по четвертому розділу

1. Для забезпечення імовірності безвідмовної роботи військових автомобілів не нижчої 0,8 надані рекомендації щодо підвищення ефективності функціонування системи ТО обслуговування і ремонту. Система технічного обслуговування і ремонту автомобілів удосконалена шляхом проведення додаткових робіт контрольно-технічного обслуговування, визначення їх обсягів і періодичності виконання залежно від напрацювання і терміну перебування в експлуатації.

2. Надані рекомендації щодо обсягів додаткових робіт технічного обслуговування для військових автомобілів КрАЗ-6322 залежно від терміну перебування в експлуатації.

Для автомобілів КрАЗ-6322, які перебувають в експлуатації до 3 років, між черговими номерними технічними обслуговуваннями провести чотири додаткових обслуговувань обсягом КТО-1, КТО-2. При цьому перше КТО-1 провести через 16700-17200 км напрацювання, друге - через 53500-54000 км, третє - через 88000-88500 км напрацювання з початку експлуатації. Роботи обсягом КТО-2 виконати через 96700-97200 км напрацювання з початку експлуатації.

Аналогічні рекомендації надані для військових автомобілів КрАЗ-6322, які перебувають в експлуатації до 5 та 7 років.

3. Техніко-економічна оцінка наданих рекомендацій щодо застосування додаткових робіт КТО для підтримки справного стану військових автомобілів показала, що залежно від терміну перебування його в експлуатації при напрацюванні 105 тис.км в разі запровадження удосконаленої системи технічного обслуговування і ремонту економія коштів за рахунок зменшення кількості поточних ремонтів складе для військового автомобіля КрАЗ-6322, який експлуатується, від 4670 до 11950 грн.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Забезпечення захисту працівників під час трудового процесу від небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що справляють негативний вплив на життя, здоров'я та працездатність людини, забезпечення належних умов праці є важливими завданнями безпеки життєдіяльності у виробничому середовищі.

Неналежний стан охорони праці може стати причиною соціально-економічних проблем працівників і членів їх сімей. Тому соціально-економічна важливість охорони праці полягає у: підвищенні продуктивності праці, зростанні сукупного національного продукту, зменшенні витрат на оплату лікарняних і компенсаційних виплат за шкідливі умови праці тощо.

В цьому розділі проводиться аналіз небезпечних, шкідливих [17] та уражаючих для працівника та навколишнього довкілля факторів, що виникають під час проведення підвищення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів автомобільної роти бази забезпечення Командування Повітряних Сил Збройних Сил України удосконаленням методу прогнозування їх технічного стану. В ньому висвітлюються, в тому числі, технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці, технічні рішення з промислової безпеки під час проведення підвищення ефективності, безпека в надзвичайних ситуаціях.

В процесі підвищення ефективності вказаного процесу на працюючих діють ті чи інші небезпечні та шкідливі виробничі фактори (НШВФ) фізичної та психофізіологічної груп згідно [17].

Фізичні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: підвищена або понижена температура повітря робочої зони, підвищений рівень шуму на робочому місці, підвищений рівень статичної електрики, недостатність або відсутність природного освітлення, недостатня освітленість робочої зони, підвищена яскравість світла, пряма або відбита блискучість.

Психофізіологічні НШВФ: нервово-психічні перевантаження: розумове перенапруження, монотонність праці, перенапруження аналізаторів.

5.1 Технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці

5.1.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони

Під мікрокліматом виробничих приміщень розуміють клімат внутрішнього середовища цих приміщень, що визначається діючими на організм людини поєднаннями температури, вологості та швидкості руху повітря, а також інтенсивності теплового випромінювання.

Коли з технічних чи економічних міркувань оптимальні норми не забезпечуються, то встановлюються допустимі величини параметрів мікроклімату.

Вибираємо для приміщення для проведення підвищення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів автомобільної роти бази забезпечення Командування Повітряних Сил Збройних Сил України удосконаленням методу прогнозування їх технічного стану, категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – легка Іб.

Згідно із [18] допустимі показники мікроклімату в робочій зоні для теплового та холодного періодів року приведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормовані допустимі параметри мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С для робочих місць		Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
		постійних	непостійних		
Холодний	Іб	20-24	17-25	75	≤0,2
Теплий		21-28	19-30	60 при 27°С	0,1-0,3

Для опромінення менше 25% поверхні тіла людини, допустима інтенсивність теплового опромінення складає 100 Вт/м^2 .

Повітря робочої зони не повинно містити шкідливих речовин з концентраціями вище гранично допустимих концентрацій (ГДК) у повітрі робочої зони та підпадає під систематичний контроль для запобігання можливості перевищення ГДК, значення яких для роботи з ЕОМ наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – ГДК шкідливих речовин [20]

Назва речовини	ГДК, мг/м^3	Агрегатний стан	Клас небезпеки
Бензин	100	Пара	4
Озон	0,1	Пара	4
Оксиди азоту	5	Пара	2
Пил	4	Аерозоль	2

При роботі з ЕОМ джерелом забруднення повітря є також іонізація молекул речовин, які містяться в повітрі. Рівні позитивних та негативних іонів повинні відповідати [20] і наведені у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Кількість іонів в 1 см^3 повітря приміщення при роботі на ЕОМ

Рівні	Мінімально необхідні	Оптимальні	Максимально допустимі
позитивний	400	1500-3000	50000
негативний	600	3000-5000	50000

З метою забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату і складу повітря робочої зони передбачено:

1) в приміщенні має бути розміщена система опалення для холодного і кондиціонування для теплого періодів року;

2) припливно-витяжна система вентиляції, а при несприятливих погодних умовах кондиціонування.

5.1.2 Виробниче освітлення

Для забезпечення гігієнічних раціональних умов на робочих місцях великі вимоги пред'являються до кількісних та якісних параметрів освітлення.

З погляду задач зорової роботи в приміщенні, де проводиться робота з підвищення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів автомобільної роти бази забезпечення Командування Повітряних Сил Збройних Сил України удосконаленням методу прогнозування їх технічного стану, відповідно до [19] визначаємо, що вони відповідають IV розряду зорових робіт. Вибираємо контраст об'єкта з фоном – середній, а характеристику фону – середню, яким відповідає підрозряд в.

Нормативні значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) і мінімальні значення освітленості при штучному освітленні наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Нормативні значення КПО і мінімальні освітленості при штучному освітленні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фону	Освітленість при штучному освітленні, лк			КПО для бокового освітлення, %	
						комбіноване		загальне	Природного	Суміщеного
						всього	у т. ч. від загального			
Середньої точності	0,5-1	IV	в	середній	середній	400	200	200	1,5	0,9

Оскільки приміщення знаходиться в місті Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а вікна орієнтовані за азимутом 0°, то для таких обставин КПО розраховується за формулою [19, 20]

$$e_N = e_n m_N [\%], \quad (5.1)$$

де e_n – табличне значення КПО для бокового освітлення, %;

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – номер групи забезпеченості природним світлом.

За відомими значеннями одержимо нормовані значення КПО для бокового та суміщеного освітлення:

$$e_{N.b} = 1,5 \cdot 0,9 = 1,4 (\%);$$

$$e_{N.c} = 0,9 \cdot 0,9 = 0,8 (\%).$$

Для встановлення нормативних значень показників освітлення запропоновано:

1) за недостатнього природного освітлення у світлий час доби доповнення штучним завдяки використанню газорозрядних ламп з утворенням системи суміщеного освітлення;

2) використання штучного освітлення у темний час доби.

5.1.3 Виробничі віброакустичні коливання

Зважаючи на те, що при експлуатації пристроїв крім усього іншого обладнання застосовується устаткування, робота якого супроводжується шумом та вібрацією, необхідно передбачити захист від шуму та вібрації.

Визначено, що приміщення, в якому проводиться робота з підвищення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів автомобільної роти бази забезпечення Командування Повітряних Сил Збройних Сил України удосконаленням методу прогнозування їх технічного стану може мати робочі місця із шумом та вібрацією, що створюється електродвигунами системи вентиляції.

З метою попередження травмування працівників від дії шуму він підлягає нормуванню. Основним документом стосовно виробничого шуму,

діючим на території нашої країни, є [21], згідно з яким нормовані рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні шуму на робочих місцях у промислових приміщеннях не повинні перевищувати значень, які приведені в таблиці 5.5. Норми виробничих вібрацій наведені в таблиці 5.6 для локальної вібрації.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні звукового тиску та еквівалентні рівні звуку

Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньо-геометричними частотами, Гц									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Таблиця 5.6 – Допустимі рівні віброприскорення [6]

Гранично допустимі рівні віброприскорення, дБ, в октавних смугах із середньо-геометричними частотами, Гц								Коректовані рівні віброприскорення, дБА
8	16	31,5	63	125	250	500	1000	
73	73	79	85	91	97	103	109	76

З метою забезпечення нормованих параметрів шуму та вібрації в приміщенні запропоновано: оздоблення стін спеціальними перфорованими плитами, панелями з метою шумопоглинання; передбачено використовувати в приміщенні штори із щільної тканини.

5.1.4 Виробничі випромінювання

Значення напруженості електромагнітного поля на робочих місцях з персональними комп'ютерами мають не перевищувати граничнодопустимі, які складають 20 кВ/м.

Експозиційна доза рентгенівського випромінювання на відстані 0,05 м від екрана до корпусу монітора при будь-яких положеннях регулювальних

пристроїв не повинні перевищувати $7,74 \cdot 10^{-12}$ Кл/кг, що відповідає потужності еквівалентної дози 0,1 мБер/год (100 мкР/год) у відповідності до [23].

З метою забезпечення захисту та досягнення нормативних рівнів випромінювань потрібно застосовувати приєкранні фільтри, локальні світлофільтри та інші засоби захисту, що пройшли випробування в акредитованих лабораторіях і мають щорічний гігієнічний сертифікат.

5.2 Технічні рішення з безпеки під час проведення підвищення ефективності

5.2.1 Безпека щодо організації робочих місць

Розташування робочих місць, забезпечених ЕОМ виконується в приміщеннях з одnobічним розміщенням вікон, що неодмінно повинні бути обладнані сонцезахисним пристроями: жалюзьями та шторами [24].

При розміщенні робочих місць у приміщеннях з джерелами шкідливих та небезпечних виробничих чинників, вони повинні розміщатись у абсолютно ізольованих кабінетах з природним освітленням та організованим повітрообміном. Площа, на якій розташовується одне робоче місце для обслуговуючого персоналу, має складати не менше $6,0 \text{ м}^2$, об'єм – не менше ніж 20 м^3 , а висота – не менше 3,2 м [25].

Робочі місця з відеодисплейним терміналом зобов'язані розміщатися на відстані не менше ніж 1,5 м від стіни з вікнами, від інших стін – на відстані 1 м, між собою на відстані не менше ніж 1,5 м. У випадку розміщення робочих місць потрібно виключити можливість прямого засвічування екрану джерелом природного освітлення. Робоче місце раціонально розташовувати таким чином, щоб природне освітлення знаходилось збоку, бажано зліва.

Розташовувати відеодисплейний термінал на робочому місці необхідно так, щоб поверхня екрана має розташовуватись на відстані 400-700 мм від

очей працівника. Висота робочої поверхні столу під час виконання роботи сидячи має регулюватися в межах 680-800 мм. Робочий стіл повинен мати простір для ніг висотою не менше 600 мм, шириною не менше ніж 500 мм, глибиною на рівні колін не менше 450 мм та на рівні витягнутої ноги не менше ніж 650 мм.

Поверхня підлоги повинна бути рівною, не слизькою, без вибоїн, зручною для вологого прибирання, мати антистатичні властивості. Не дозволяється застосовувати для оздоблення інтер'єру полімерні матеріали, що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини.

5.2.2 Електробезпека

В середині приміщення, де проводиться робота з підвищення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів автомобільної роти бази забезпечення Командування Повітряних Сил Збройних Сил України удосконаленням методу прогнозування їх технічного стану, значну увагу слід надати запобіганню загрози ураження електричним струмом. У відповідності до [26] це приміщення відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом через наявність значної (більше 75 %) відносної вологості. Тому безпека експлуатації електрообладнання має гарантуватись комплексом заходів, які передбачають застосування ізоляції струмовідних частин, захисних блокувань, захисного заземлення тощо [27].

5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Відповідно до [28] приміщення, де проводиться робота з підвищення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів автомобільної роти бази забезпечення Командування Повітряних Сил Збройних Сил України удосконаленням методу прогнозування їх

технічного стану, відноситься до категорії пожежної небезпеки А, що характеризується наявністю легкозаймистих рідин з температурою спалаху не більше 28 °С, які застосовуються під час проведення підвищення ефективності. Це приміщення відноситься до 2-го ступеня вогнестійкості, в якому приміщення знаходяться в будівлі з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів.

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій розглядуваного приміщення наведені в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Значення мінімальних меж вогнестійкості приміщення [28]

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Східчасті майданчики	Плити та інші несучі конструкції	Елементи покриття	
	Несучі та сідчасті клітки	Самонесучі	Зовнішні несучі	Перегородки				Плити, прогони	Балки, ферми
2	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	EI 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	REI 15 M0	R 30 M0

Примітка. R – втрати несучої здатності; E – втрати цілісності; I – втрати теплоізолювальної спроможності; M – показник здатності будівельної конструкції поширювати вогонь (межа поширення вогню); M0 – межа поширення вогню дорівнює 0 см.

В таблиці 5.8 наведено протипожежні норми проектування будівель і споруд. Для попередження поширенню пожежі з одної споруди на іншу між ними влаштовують протипожежні розриви, які залежать від ступеня вогнестійкості будівлі.

Таблиця 5.8 – Протипожежні норми проектування будівель і споруд [132]

Об'єм приміщення, тис. м ³	Категорія пожежної небезпеки	Ступінь вогнестійкості	Відстань, м, для щільності людського потоку в загальному проході, осіб/м ²			Кількість людей на 1 м ширини евакуйованого	Відстань між будівлями та спорудами, м, для ступеня їх вогнестійкості			Найбільша кількість поверхів	Площа поверху в межах пожежного відсіку, м ² , для кількості поверхів		
			до 1	2-3	4-5		I,II	III	IV,V		1	2	3 і більше
до 15	A	2	40	25	15	45	9	9	12	6	н.о.	–	–

Примітка: н.о. – не обмежується

Вибір видів та кількості первинних засобів пожежегасіння проводиться з врахуванням властивостей фізико-хімічних та пожежонебезпечних горючих речовин, їх взаємодії з вогнегасними речовинами, а також розмірів та площ виробничих приміщень, відкритих майданчиків і установок.

Встановлюємо, що приміщення, де проводиться робота з підвищення ефективності, має бути оснащено двома вогнегасниками, пожежним щитом, ємністю з піском [30].

Висновки по п'ятому розділу

Під час написання цього розділу було опрацьовано такі питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, технічні рішення з безпеки під час проведення підвищення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів автомобільної роти бази забезпечення Командування Повітряних Сил Збройних Сил України удосконаленням методу прогнозування їх технічного стану, безпека в надзвичайних ситуаціях.

ВИСНОВКИ

Різноманітний і стохастичний характер має вплив експлуатаційних факторів на технічний стан військових автомобілів і призводить до того, що при різному терміні перебування їх в експлуатації, але одному і тому самому напрацюванні, вони мають різний фактичний технічний стан.

Сторонні звуки, що виходять із боку несправного механізму, та «неадекватне поведіння» військового автомобіля попереджають про відмову, що наближається, будь-якої деталі з ладу й, відповідно, ремонту.

Для розробки рекомендацій по раціональній експлуатації та удосконаленню конструкції військових автомобілів, необхідна інформація про закономірності зміни їх технічного стану.

Виконанням експлуатаційних заходів (регулювання, пошук несправностей і усунення їх) здійснюється відновлення параметрів вузла чи агрегату.

У нормативно-технічній документації визначений термін проведення регулювальних робіт виконання яких, пов'язаних з відновленням початкових параметрів (регулювання), це дає змогу спланувати виконання робіт у відведений час. Іноді час відновлення встановити неможливо, тому що він буде витрачений на пошук несправності та її усунення.

Оскільки процеси, які пов'язані із зменшенням і втратою працездатності елементів і вузлів, відбуваються при довготривалій експлуатації в системах, вузлах і агрегатах військових автомобілів, то виникає необхідність проведення додаткових робіт щодо підтримання їх у працездатному стані.

Термін перебування військових автомобілів в експлуатації не враховується в існуючих алгоритмах визначення періодичності ТО, тому алгоритми потребують удосконалення, метою якого є зменшення необґрунтованих замін окремих елементів, вузлів і агрегатів під час проведення номерного ТО.

Своєчасне попередження появи відмов в системах, вузлах і агрегатах військових автомобілів шляхом визначення науково обґрунтованої періодичності проведення та обсягу додаткових робіт щодо підвищення працездатності вузлів і агрегатів з малою надійністю – є одним із шляхів підтримання працездатності військових автомобілів на визначеному рівні.

Для визначення періодичності технічного обслуговування та додаткових робіт по контрольно-технічному обслуговуванню з підвищення імовірності безвідмовної роботи військового автомобіля розроблено математичну модель, що включає в себе сукупність формул та алгоритм їх застосування.

Математичні залежності параметра потоку відмов військового автомобіля від напрацювання і терміну перебування його в експлуатації покладено в основу математичної моделі руху автомобіля. Проведені дослідження показують, що імовірність безвідмовної роботи автомобіля залежить від її надійності, яка змінюється залежно від напрацювання і терміну перебування її в експлуатації. Аналіз статистичних даних і проведені розрахунки показують, що характеристики надійності автомобіля можливо підвищити на визначену величину на стадії її використання за рахунок проведення різного роду заходів, одним із яких є проведення технічного обслуговування.

Розроблена математична модель є адекватною, критерій згоди Пірсона $\chi^2 = 0,13$ підтверджує адекватність математичної моделі.

Для забезпечення імовірності безвідмовної роботи військового автомобіля

Рекомендовано проведення додаткових робіт КТО у визначених періодичності виконання і обсягах залежно від терміну експлуатації і напрацювання, враховуючи значення коефіцієнтів коригування періодичності проведення контрольно-технічного обслуговування військового автомобіля.

Проведення КТО дозволяє підтримувати військовий автомобіль в справному стані незалежно від терміну експлуатації та пробігу та запобігти виходу його з ладу.

За запропонованим методом прогнозування технічного стану військового автомобіля вартість виконання КТО на 14...25 відсотків нижче ніж вартість виконання ремонтних робіт в існуючій системі ТО і ремонту військового автомобіля.

У роботі виконані розрахунки на прикладі автомобіля КрАЗ-6322. Застосування розробленого методу прогнозування технічного стану військового автомобіля до іншого типу чи марки автомобіля можливе за умови, якщо відома по цьому автомобілю статистична інформація по кількості відмов його систем, вузлів та агрегатів на певних проміжках пробігу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Канарчук В.Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів: 1 кн. / В.Є.Канарчук, О.А.Лудченко, А.Д. Чигринець. – К.: Вища шк., 1994.
2. Гречанюк М.С. Аналіз закономірностей зміни технічного стану автомобіля під час експлуатації / М.С. Гречанюк // в зб. Тези доповіді XXXVII науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області. Збірник тез доповідей. – Вінниця, 2008.
3. Канарчук В.Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів: 2 кн. / В.Є.Канарчук, О.А.Лудченко, А.Д. Чигринець. – К.: Вища шк., 1994.
4. Гречанюк М.С. Спосіб підтримання автомобілів в працездатному стані / М.С. Гречанюк // в зб. Тези доповіді XXXVIII науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області. Збірник тез доповідей. – Вінниця, 2009.
5. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів: 3 кн. / В.Є.Канарчук, О.А.Лудченко, А.Д. Чигринець. – К.: Вища шк., 1994.
6. Наказ Міністерства транспорту України від 30 березня 1998 року N 102 “Про затвердження Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту”.
7. Технічна експлуатація та надійність автомобіля / Є.Ю. Форнальчик, М.С. Оліскевич, О.Л. Мاستикаш, Р.А. Пельо / За заг. ред. Є.Ю. Форнальчика. – Львів: Афіша, 2004. – 492 с.

8. Пат. 40107, Україна, МПК В60S 5/00 . Спосіб підтримання автомобілів в працездатному стані / А.П.Поляков., М.С.Гречанюк, В.Й.Нагачевський. – № u200812444; Заявл. 23.10.2008; Опубл. 25.03.2009, бюл. № 6.

9. Захарчук В.І. Основи теорії та конструкції автомобільних двигунів: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. / В.І. Захарчук. - Луцьк: ЛНТУ, 2011 – 233 с.

10. Транспортні енергетичні установки (традиційні, нетрадиційні та альтернативні), принцип роботи та особливості будови. / Ю.Ф. Гутаревич, Л.П.Мержиєвська, О.В. Сирота, Д.М. Тріфонов. – К.: НТУ, 2015. – 224 с.

11. Уприскувальні системи живлення бензинових двигунів сучасних автомобілів: навчальний посібник / Я.Ю. Білоконь, М.А. Вайнтрауб. – К.: ПІТО НАПН України, 2015. – 248 с.

12. Шапко В. Ф. Автомобільні двигуни. Основи теорії та характеристики поршневих двигунів внутрішнього згорання: навчальний посібник. / В.Ф. Шапко. – Харків: Точка, 2014. – 148 с.

13. Яцковський В. І. Сучасні методи розрахунків ДВЗ / В.І. Яцковський, І.В. Гунько, О.В. Гуцаленко. – Вінниця: РВВ ВНАУ, 2016. – 132 с.

14. Методичні вказівки для виконання практичних робіт та самостійної роботи студентів з дисципліни «Автомобільні двигуни» для студентів усіх форм навчання спеціальності 274 – Автомобільний транспорт / Укладачі: А.П. Поляков, Дмитрієва А. В. – Вінниця : ВНТУ, 2022. – 37 с.

15. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Автомобільні двигуни» для студентів усіх форм навчання спеціальності 274 – Автомобільний транспорт / Укладачі: А. П. Поляков, Л.В.Мороз, А.В.Дмитрієва. – Вінниця : ВНТУ, 2022. – 34 с.

16. Національна бібліотека України імені академіка В. І. Вернадського: [сайт]. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/\[сайт\]](http://nbuv.gov.ua/[сайт]). Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/>

17. ДСТУ 12.0.003-98. ССБТ. Небезпечні та шкідливі фактори виробництва. Класифікація.

18. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
19. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.
20. Бондаренко Є. А. Освітлення виробничих приміщень : довідник / Є. А. Бондаренко, В. О. Дрончак. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 61 с.
21. ДСН 3.3.6-037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
22. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої та загальної вібрацій.
23. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97), МОЗ України. – К., 1997.
24. ДСТУ 12.2.032-98. ССБТ. Робоче місце при виконанні робіт сидячі. Загальні ергономічні вимоги.
25. Методичні вказівки до опрацювання розділу "Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях" в дипломних проектах і роботах студентів спеціальностей, що пов'язані з функціональною електронікою, автоматизацією та управлінням / Уклад. О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 64 с.
26. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.
27. ДБН В.1.1.7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
28. СНіП 2.09.02-99. Протипожежні норми проектування бузівель та споруд.
29. НАПБ Б.03.001-2004. Типові норми належності вогнегасників.
30. Терещенко О.П. Деякі особливості визначення оптимальної періодичності технічного обслуговування і ремонту / Терещенко О.П., Л.В. Мороз, І.В.Клімишин. Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту»: збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. – Вінниця: ВНТУ, 2023. – С. 241-243.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Таблиця розподілу відмов систем автомобіля по причинах їх виникнення

Таблиця А.1

Розподіл відмов систем автомобіля по причинах виникнення

Найменування систем автомобіля	Рік початку експлуатації								
	2018			2020			2022		
	Пробіг до, тис. км								
	35	70	105	35	70	105	35	70	105
Силова установка:									
- неспроможність запуску двигуна	10	22	36	12	24	40	10	20	34
- двигун працює нестійко або зупиняється на холостому ході	10	23	36	8	21	30	9	19	25
- двигун не розвиває повної потужності	5	9	15	4	8	13	6	10	18
- система живлення:									
- механічний знос або руйнування ПНВТ	2	5	8	2	4	7	-	2	4
- поява дефектів форсунки	2	6	9	1	3	5	2	4	8
Шасі (ходова частина, гальмівна система, рульове керування):									
- ходова частина:									
- шуми і стукоти при русі автомобіля	4	8	13	3	7	12	2	5	8
- увод автомобіля від прямолінійного руху	2	5	9	1	4	8	2	5	7
- часті "пробої" автомобіля	-	3	6	-	2	5	-	2	4
- нерівномірне зношення протектора шин	-	2	5	-	2	5	-	3	6
- підтікання рідини з амортизаторів	-	4	7	-	3	7	-	2	5
- недостатній опір амортизатора при ході стиску	-	2	6	-	2	5	1	3	6
- стукіт й скрип амортизаторів	-	-	4	-	1	4	-	2	4

Продовження таблиці А.1

Найменування систем автомобіля	Рік початку експлуатації								
	2018			2020			2022		
	Пробіг до, тис. км								
	35	70	105	35	70	105	35	70	105
- гальмівна система:									
- слабка дія гальмівних механізмів (або одного з них)	-	2	4	-	1	2	-	1	2
- неодноразовість дії гальмівних механізмів	-	2	4	-	-	1	-	-	-
- погане розгальмовування коліс, їх заклинювання	-	1	2	-	-	1	-	-	1
- рульове керування:									
- збільшення люфту рульового колеса	3	4	9	2	2	4	1	1	3
- заїдання рульового механізму й утруднене керування	-	-	1	-	1	-	2	2	2
- стукоти й скрипи в рульовому керуванні	2	2	2	3	4	5	1	2	4
- підтікання мастила з рульового механізму	-	-	1	-	1	1	-	-	1
Трансмісія (зчеплення, коробка передач, карданна та головна передача):									
- зчеплення:									
- неповне вимикання зчеплення, при якому включення шестерень у коробці передач супроводжується значним шумом	-	1	1	-	1	1	-	-	-
- неповне включення зчеплення, внаслідок чого зчеплення пробуксовує	-	1	3	-	1	3	-	-	-
- неповне включення зчеплення, внаслідок чого зчеплення пробуксовує	-	1	3	-	1	3	-	-	-
- різке включення зчеплення	1	1	2	-	1	2	-	1	2
- коробка передач:									
- важкість перемикавання передач	-	-	-	1	1	2	-	1	3

Продовження таблиці А.1

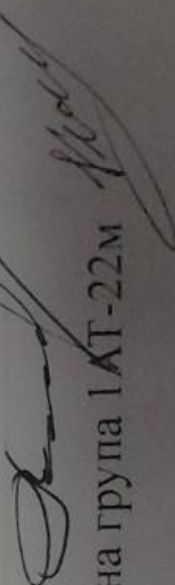
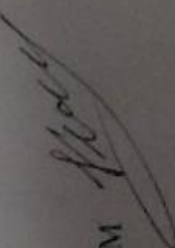
Найменування систем автомобіля	Рік початку експлуатації								
	2018			2020			2022		
	Пробіг до, тис. км								
	35	70	105	35	70	105	35	70	105
- самовільне вимикання передачі	-	-	1	-	-	1	-	-	-
- шум, підтікання мастила	3	7	10	1	2	5	2	4	5
- сильний стукіт або скрегіт при роботі	-	-	1	-	1	1	-	-	-
- карданна передача:									
- прогин або скручування карданного вала	-	-	1	-	-	-	-	-	-
- зношування шліцевої муфти, хрестовин і підшипників карданів	-	1	2	-	-	-	-	1	2
- головна передача та диференціал:									
- зношування зубів шестерень, підшипників, хрестовини сателітів і шліців піввісей	-	1	1	-	-	1	-	1	2
- поломка зубів шестерень, скручування піввісей, обрив шпильок фланців півосі або ослаблення їх гайок	1	1	1	-	1	1	-	-	1
- підтікання мастила через саль-ники або прокладки	4	7	9	4	6	8	2	2	3
Електрообладнання:									
- відсутність зарядного струму при середній частоті обертання колінвала (контрольна лам-почка горить із повним розжаренням)	3	8	14	2	6	10	2	5	8
- збільшення величини зарядного струму (амперметр показує більше 10А)	6	13	21	5	10	17	3	5	9

Продовження таблиці А.1

Найменування систем автомобіля	Рік початку експлуатації								
	2018			2020			2022		
	Пробіг до, тис. км								
	35	70	105	35	70	105	35	70	105
Кузов:									
- неможливість відкриття дверей зовнішньою ручкою	-	1	2	-	1	1	-	-	-
- неможливість закриття дверей	-	-	1	-	-	-	-	-	-
- неможливість повного відкриття дверей внутрішньою ручкою	-	-	1	-	1	2	-	-	-
- неможливість відкриття замку капота із салону	1	2	3	1	1	2	1	1	2
- не фіксування опускного скла в заданому положенні	1	2	2	-	-	-	1	1	1
- постійне надходження у салон підігрітого повітря	-	-	-	1	2	2	-	-	-
- відсутність підігріву повітря	1	1	1	1	1	2	-	1	1
- проникання у салон води	-	-	-	-	-	1	-	-	-

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 вантажних автомобілів автомобільної роти бази забезпечення
Командування Повітряних Сил Збройних Сил України
удосконаленням методу прогнозування їх технічного стану**

Керівник: д.т.н., професор А.П.Поляков 
Роботу виконав: І.В.Клімишин, навчальна група ІАТ-22м 

Вінниця 2023

Мета роботи

- є розробка рекомендацій щодо підвищення надійності військової автомобільної техніки на основі застосування методу прогнозування технічного стану автомобіля.

Предмет дослідження

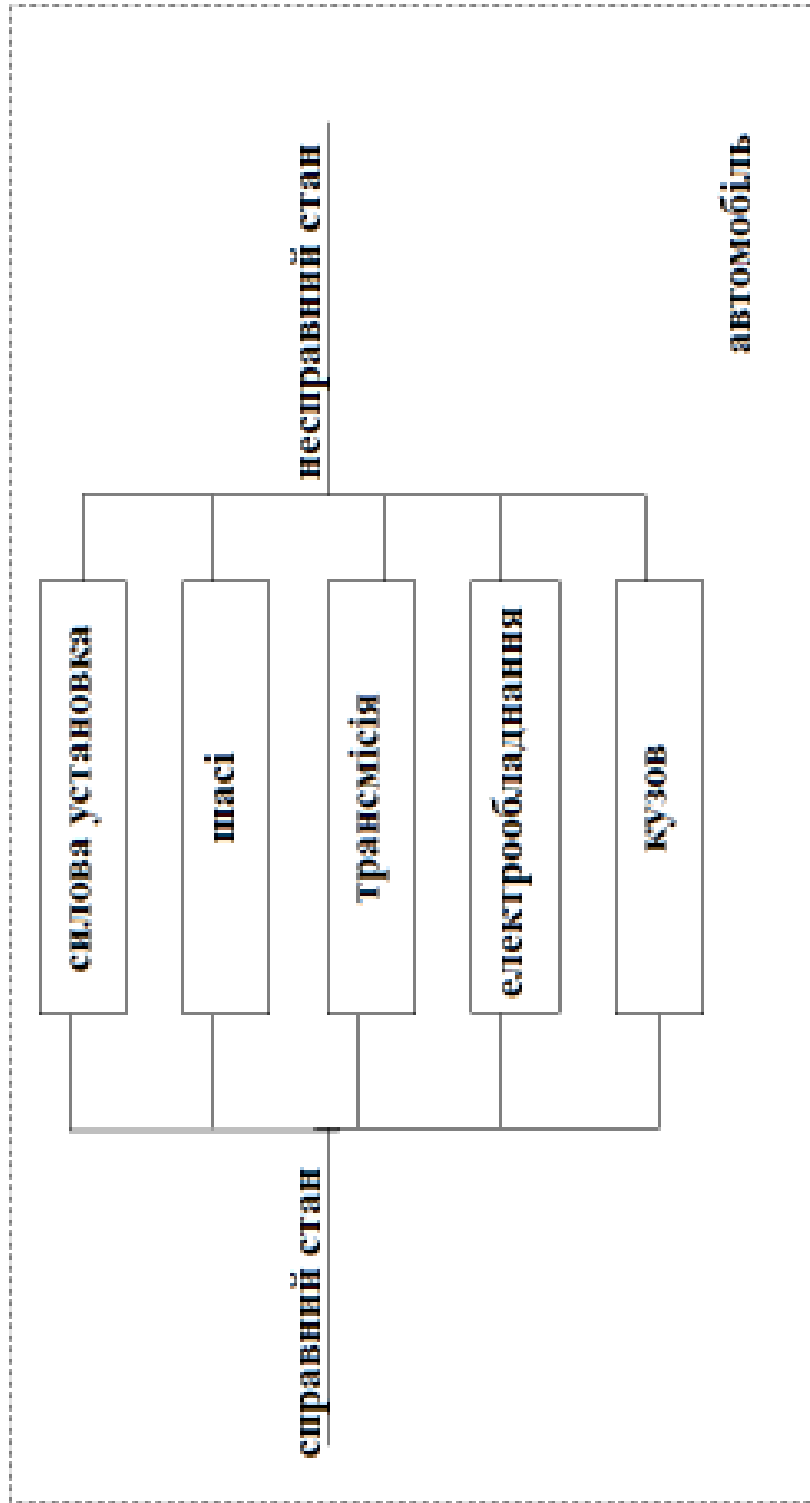
- показники надійності автомобілів (параметр потоку відмов, імовірність безвідмовної роботи, інтенсивність відмов).

Об'єкт дослідження

- системи та вузли військового вантажного автомобіля.

ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ МЕТИ НЕОБХІДНО ВИРІШИТИ НАСТУПНІ ЧАСТКОВІ ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ:

- аналіз існуючих методів прогнозування технічного стану автомобільної техніки під час експлуатації;
- удосконалення методу прогнозування технічного стану автомобіля під час експлуатації;
- розробка математичної моделі прогнозування технічного стану автомобіля під час експлуатації;
- перевірка адекватності математичної моделі;
- проведення розрахунково-експериментальних досліджень зміни технічного стану основних вузлів військової автомобільної техніки під час експлуатації;
- розробка рекомендацій щодо запропонованих заходів підтримки справного стану військової автомобільної техніки та їх техніко-економічне обґрунтування.



Структурна схема автомобіля КраЗ-6322

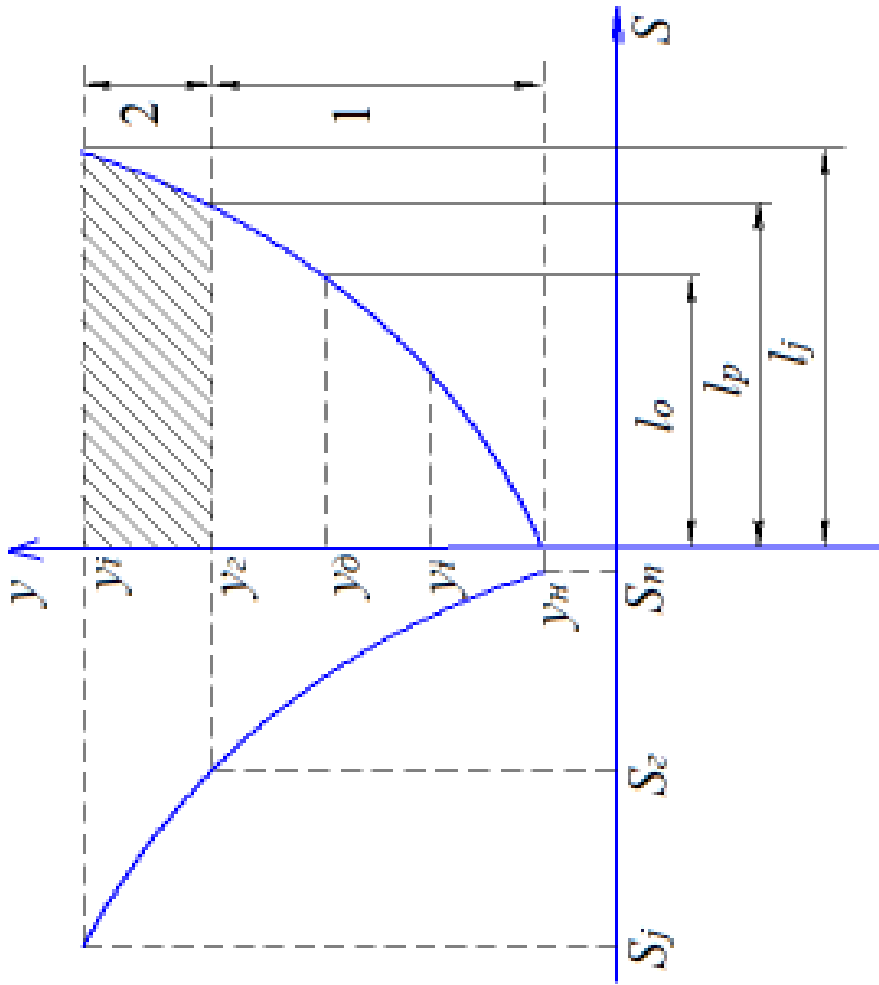
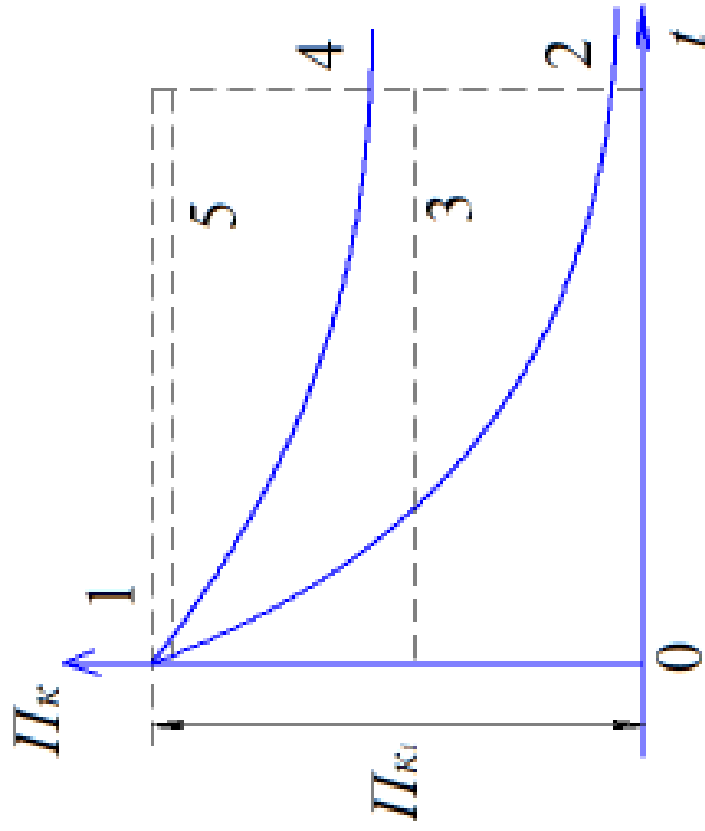
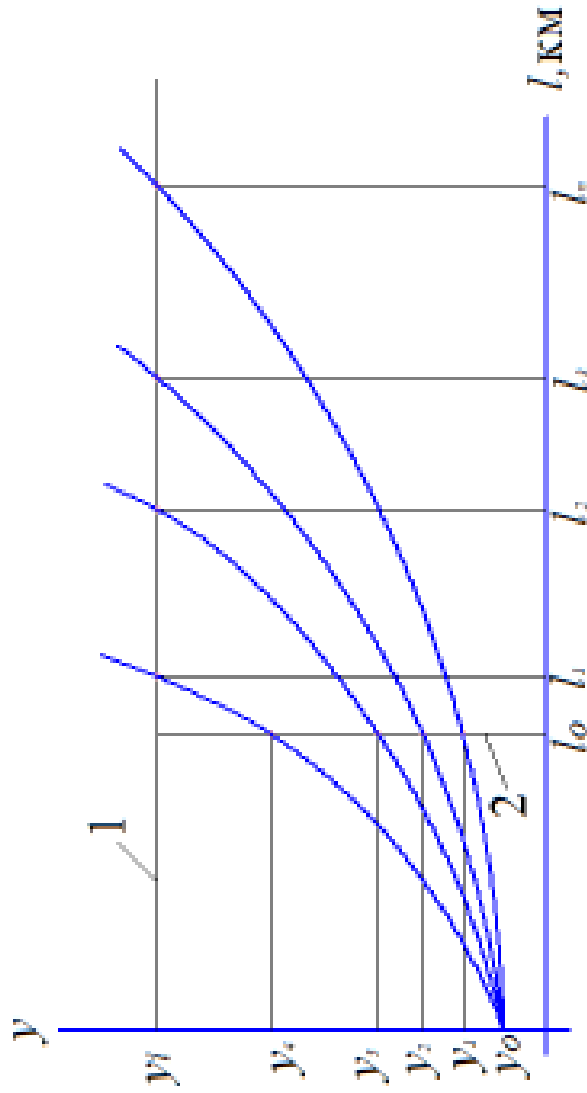


Схема зміни параметрів технічного стану й проведення попереджувальних заходів



1 – початкове значення показника якості; **2** – зміна показника якості в часі; **3** – регульований показник якості; **4** – вплив технічної експлуатації на показник якості; **5** – реалізований показник якості з урахуванням технічної експлуатації

Схема зміни показників військового автомобіля у часі

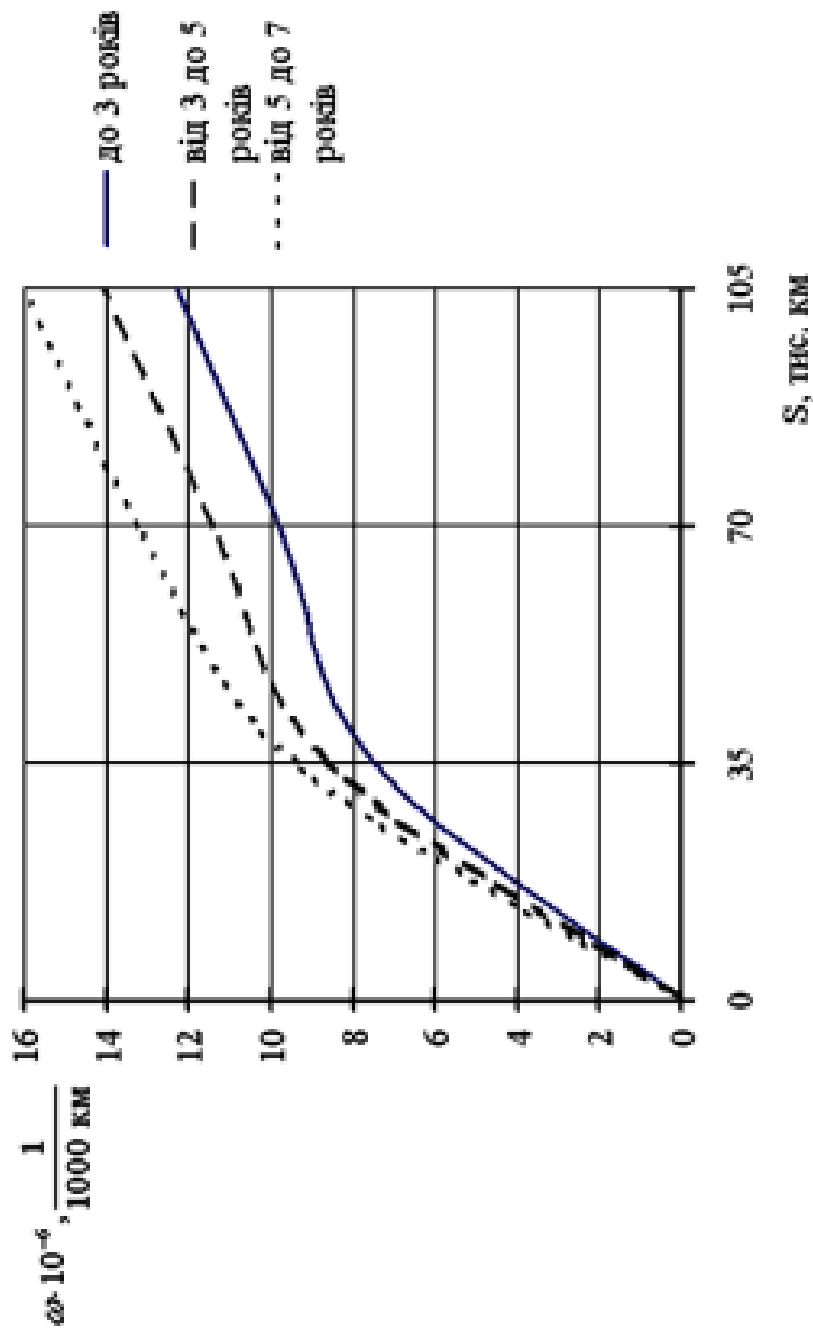


1 – перетин випадкового процесу по параметру y ; **2** – перетин випадкового процесу по напрацюванню l ; y_i – варіації параметрів, що характеризують технічний стан систем, вузлів та агрегатів автомобіля; l_n – відповідний пробіг систем, вузлів та агрегатів

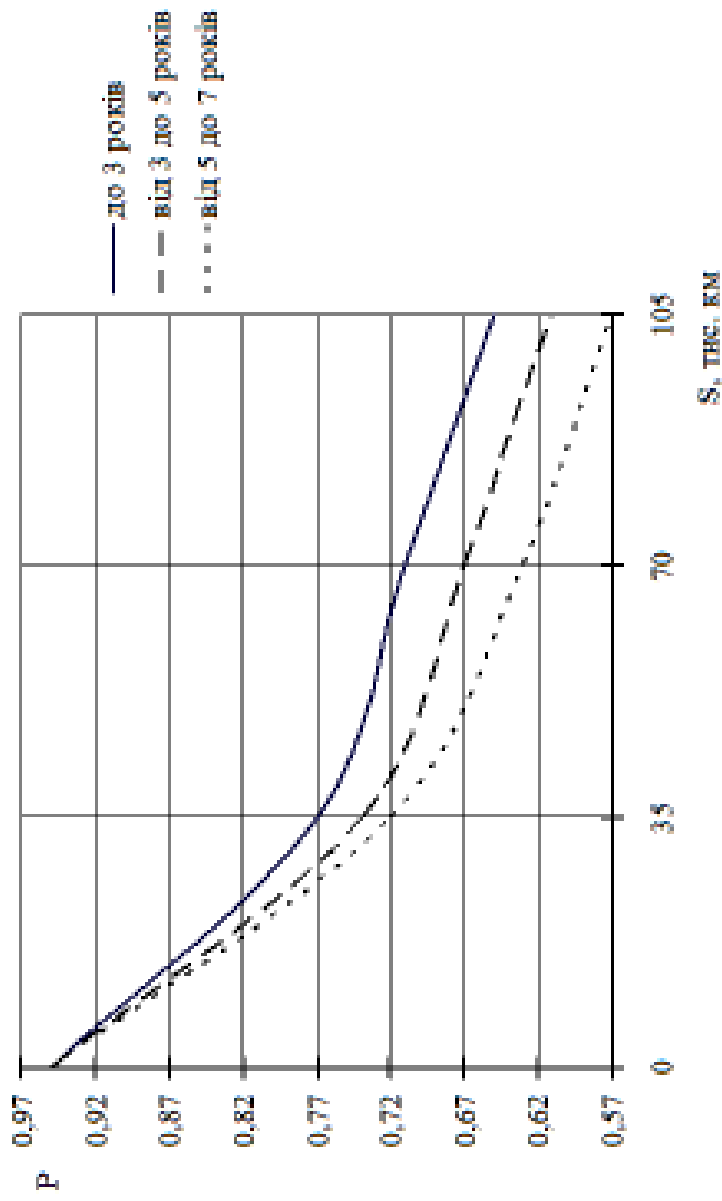
Варіація ресурсу і технічного стану систем, вузлів та агрегатів автомобіля

Розподіл одиниць військових автомобілів на групи за терміном перебування їх в експлуатації
Аналіз статистичних даних відмов систем, вузлів і агрегатів військових автомобілів, які виникли за технічними причинами
Визначення систем, вузлів і агрегатів військових автомобілів, які потребують проведення заходів щодо підвищення їх працездатності
Розрахунок параметра потоку відмов для кожної групи військових автомобілів по їх системам та для автомобіля в цілому залежно від напрацювання і терміну перебування його в експлуатації
Апроксимування залежності параметра потоку відмов від напрацювання і терміну перебування автомобілів в експлуатації
Створення математичної моделі розрахунку імовірності безвідмовної роботи військових автомобілів
Розрахунок імовірності безвідмовної роботи для кожної групи військових автомобілів залежно від напрацювання і терміну перебування їх в експлуатації
Проведення аналізу значень імовірності безвідмовної роботи військових автомобілів і порівняння з допустимими значеннями
Визначення періодичності проведення та обсягу додаткових робіт з підвищення працездатності систем, вузлів і агрегатів військових автомобілів та автомобілів в цілому
Прийняття рішення з проведення додаткових робіт з підвищення працездатності військових автомобілів

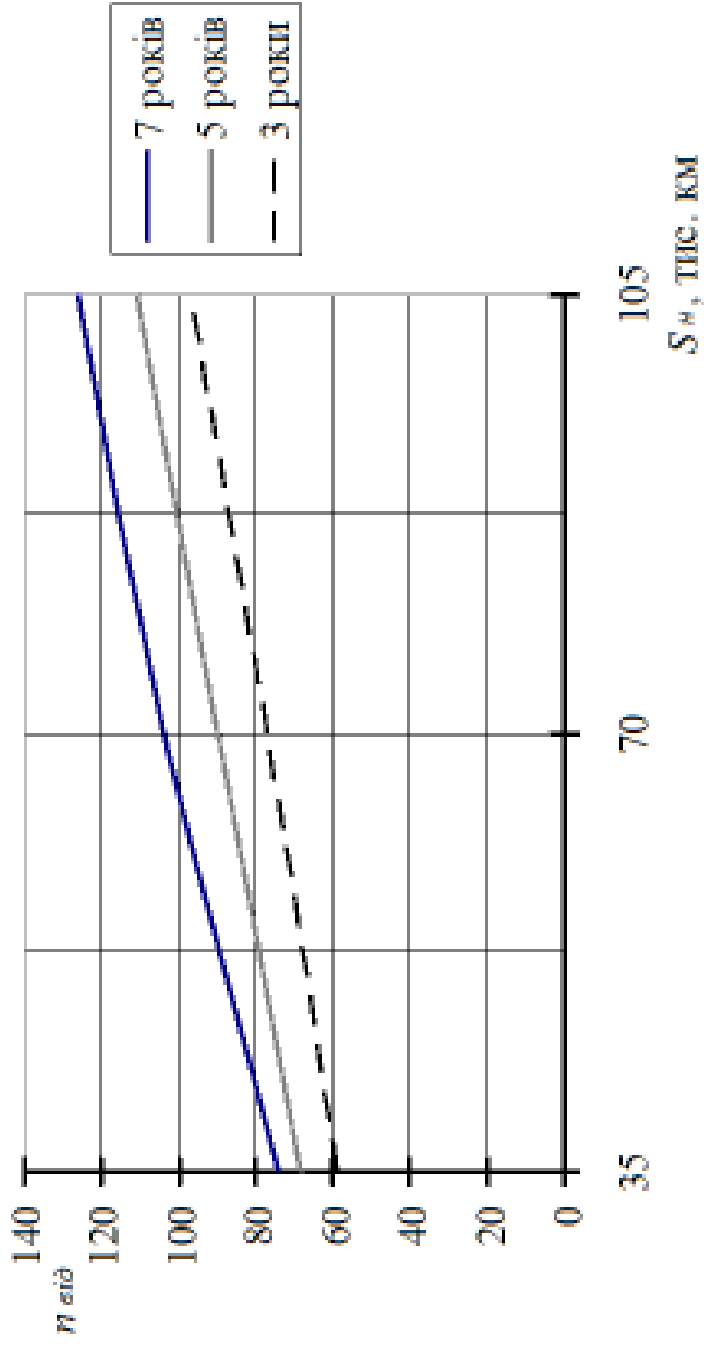
Етапи реалізації методу прогнозування технічного стану військових автомобілів



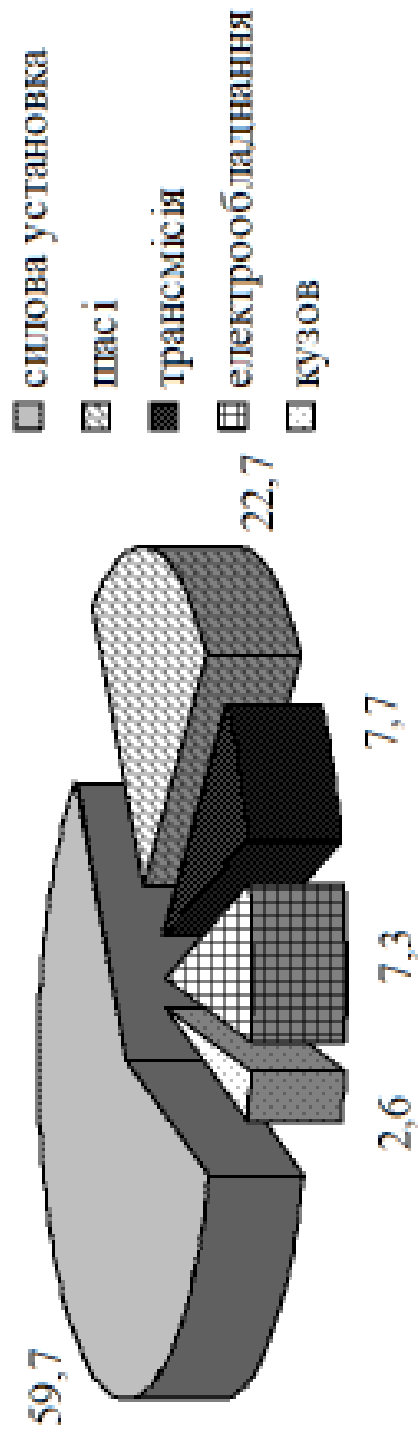
Залежність параметра потоку відмов військового автомобіля ω від напрацювання S



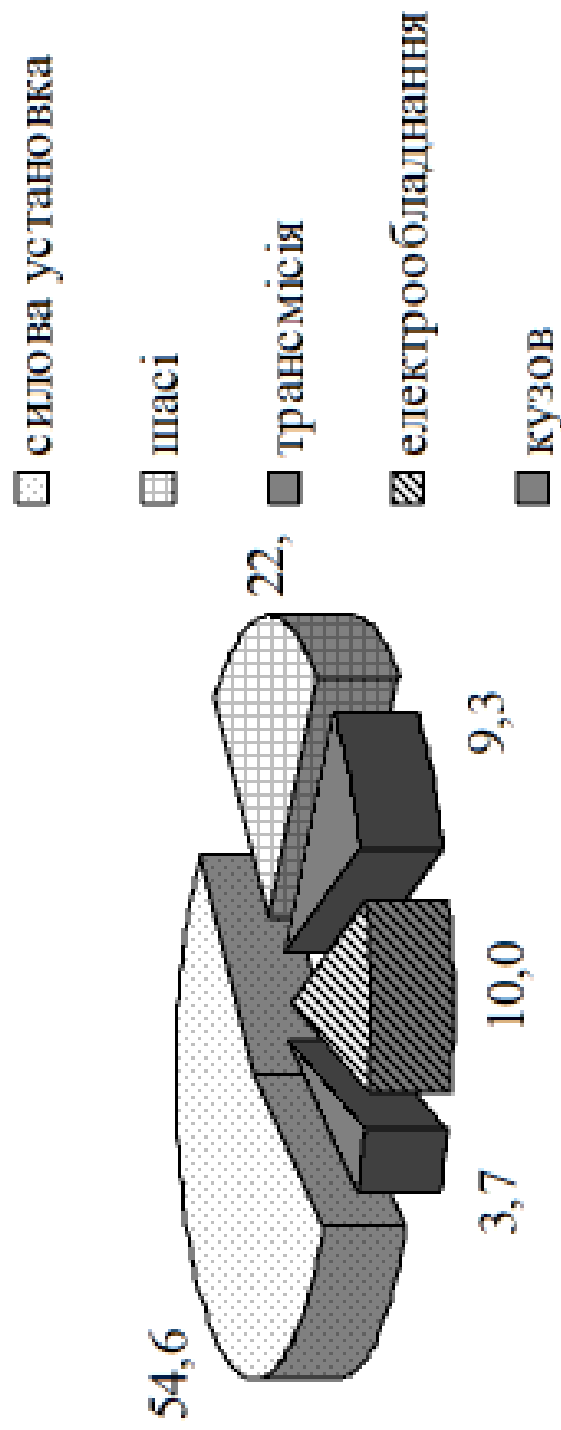
Залежність імовірності безвідмовної роботи військових автомобілів від напрацювання і терміну перебування в експлуатації



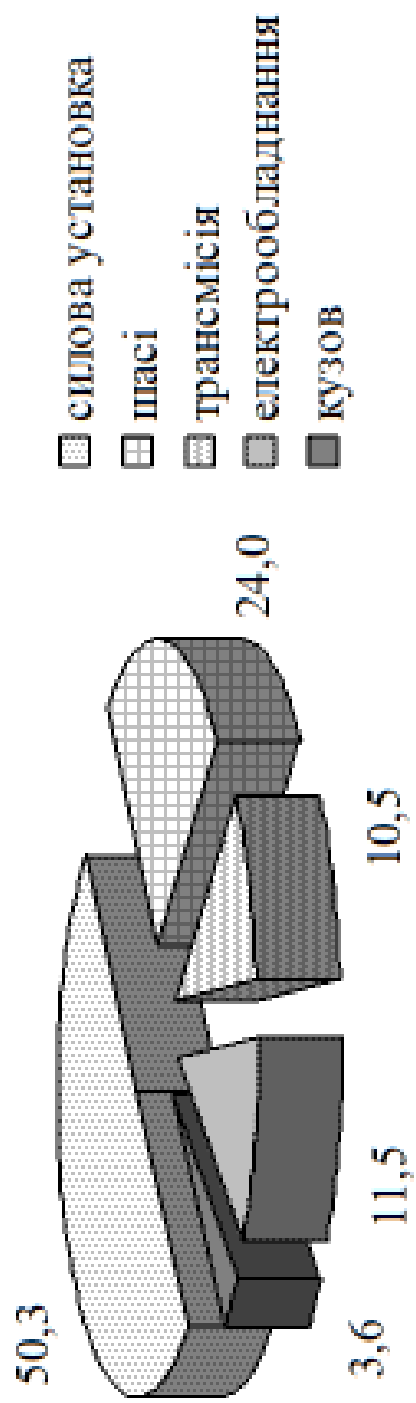
**Залежність кількості відмов від терміну
перебування військового автомобіля в
експлуатації**



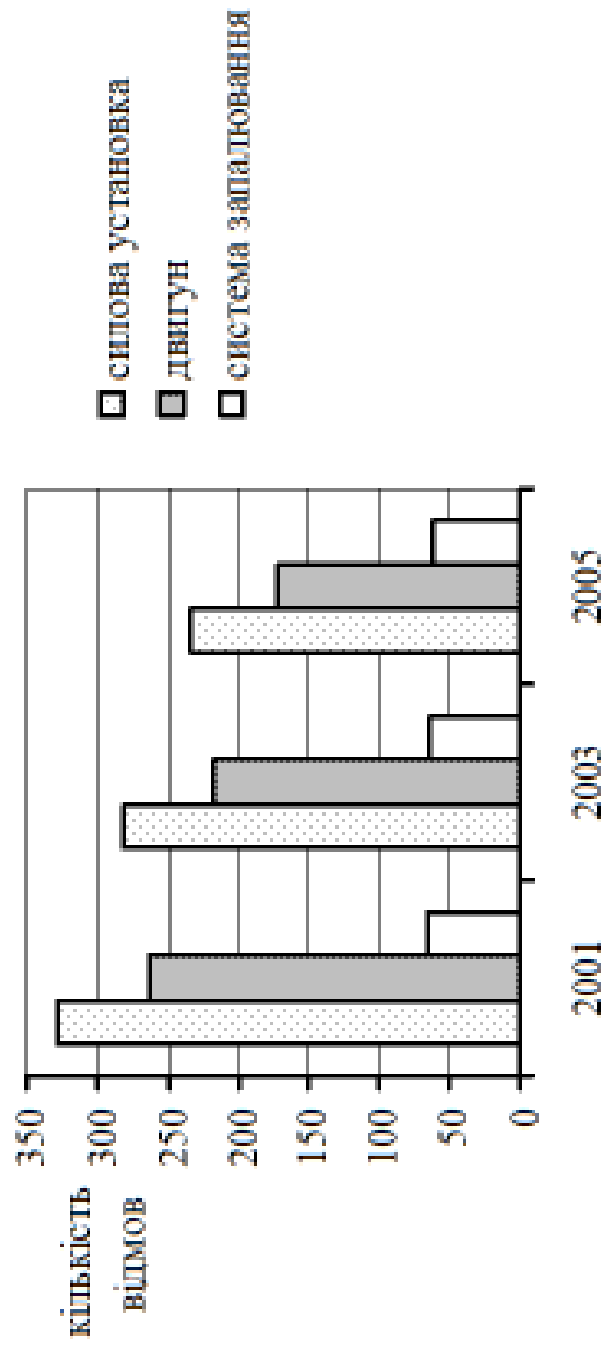
Співвідношення кількості відмов у військових автомобілів терміном перебування в експлуатації 3 роки та пробігом 105 тис. км



Співвідношення кількості відмов у військових автомобілів терміном перебування в експлуатації 5 років та пробігом 105 тис. км



Співвідношення кількості відмов у військових автомобілів терміном перебування в експлуатації 7 років та пробігом 105 тис. км



рік початку експлуатації автомобіля

Кількість відмов силової установки по найменш надійним системам

**Витрати на технічне обслуговування і ремонт
військового автомобіля в залежності від терміну
перебування в експлуатації, тис. грн**

Термін експлуатації, років	Напрацювання автомобілів, 105 тис. км	
	$C_{то}$	$C_{тор}$
до 3	33,37	28,70
3 – 5	41,05	32,85
5 – 7	47,80	35,85

НОВИЗНА РОБОТИ:

Новизна удосконаленого методу прогнозування технічного стану військової автомобільної техніки, в порівнянні з існуючим, полягає у визначенні необхідних обсягів додаткових робіт по технічному обслуговуванню і ремонту автомобіля з врахуванням терміну перебування автомобіля в експлуатації на основі визначення параметру потоку відмов найменш надійних систем, вузлів і агрегатів автомобіля.

ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ РОБОТИ:

Впровадження удосконаленого методу прогнозування технічного стану військової автомобільної техніки дозволить забезпечити безвідмовну роботу автомобіля протягом визначеного напрацювання до проведення номерних технічних обслуговувань за рахунок попередження виникнення можливих відмов елементів автомобіля шляхом проведення визначеного обсягу контрольно-технічних обслуговувань які за своєю вартістю є нижчими від вартості виконання робіт по усуненню відмови.

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Покращення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів автомобільної роти бази забезпечення Командування Повітряних Сил Збройних Сил України удосконаленням методу прогнозування їх технічного стану

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту
(кафедра, факультет)

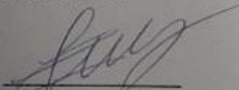
Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 81,1 % Схожість 18,9 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку

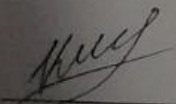

(підпис)

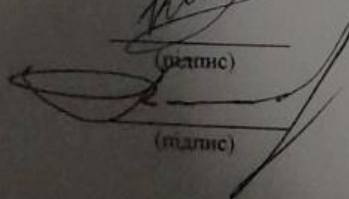
Цимбал О.В.
(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи

Керівник роботи


(підпис)


(підпис)

Клімишин І.В.
(прізвище, ініціали)

Поляков А.П.
(прізвище, ініціали)