

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«Обґрунтування доцільності проведення попереджувальних ремонтів  
двигунів внутрішнього згорання автомобілів з метою зменшення  
експлуатаційних витрат на базі станції технічного обслуговування  
автомобілів приватного підприємства «Автотранском» місто Вінниця»**

Виконав: студент 2 курсу, групи ІАТ-21м  
спеціальності 274 – Автомобільний  
транспорт

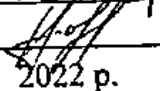
  
Єромін О.О.

Керівник: к.т.н. доцент каф. АТМ

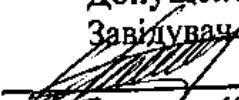
  
Романюк С.О.

« 8 » 12 2022 р.

Опонент: к.т.н. старш. викл. каф. АТМ

  
Ліомтсева О.В.  
« 12 » 12 2022 р.

Допущено до захисту  
Завідувач кафедри АТМ

  
к.т.н, доц. Цимбал С.В.

« 15 » 12 2022 р.

Вінниця ВНТУ – 2022 року

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 Цимбаєв С.В.

«19» 09 2022 року

**ЗАВДАННЯ**  
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Єроміну Олександрю Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування доцільності проведення попереджувальних ремонтів двигунів внутрішнього згорання з метою зменшення експлуатаційних витрат на базі станції технічного обслуговування автомобілів приватного підприємства «Автотранском»»,

керівник роботи Романюк Світлана Олександрівна, к.т.н., доцент,

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

затверджені наказом ВНТУ від «14» вересня 2022 року № 203.

2. Строк подання студентом роботи: 07.12.2022 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 України; район експлуатації автомобілів – Україна; досліджувані моделі – автомобільні двигуни КамАЗ-740; об'єкт дослідження – обґрунтування доцільності попереджувальних ремонтів двигунів внутрішнього згорання з метою зменшення експлуатаційних витрат, похибка прогнозування – 10%.

4. Зміст текстової частини:



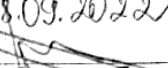
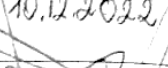


1. Забезпечення роботоздатності двигунів внутрішнього згорання в процесі експлуатації
2. Аналітичне дослідження методів управління технічним станом двигунів внутрішнього згорання
3. Методика експериментального дослідження та аналіз її результатів
4. Планування експлуатаційно-ремонтних циклів ДВЗ з проведенням попереджувальних ремонтів.
5. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

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

1-2 Тема, мета та завдання дослідження.

- 3 Рухомий склад Вінницької автоколонії ІІІ «Автотранском»  
 4 Фактори, що впливають на ефективність технічної експлуатації автомобілів  
 5 Схема загальної методик дослідження оцінки витрат на технічне обслуговування  
 6 Графіки залежності ефективності експлуатації рухомого складу від техніко-експлуатаційних показників  
 7 Обґрунтування періодичності попереджувальних ремонтів за термін служби ДВЗ  
 8 PCTR-діаграма попереджувального ремонту двигуна  
 9 Алгоритм передремонтного діагностування двигунів,  
 10-12 Технологічна карта виконання попереджувального ремонту двигуна КамАЗ  
 13 Загальні висновки

#### 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

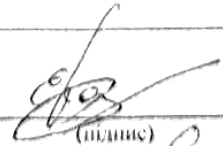
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Романюк С.О., професор кафедри АТМ	8.09.2022 	8.12.2022 
Економічна частина	Бурсніков Ю.Ю., доцент кафедри АТМ	8.09.2022 	10.12.2022 
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Дембіцька С.В., професор кафедри БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання «19» вересня 2022 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

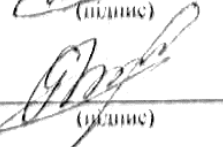
№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	19.09-02.10.2022	<i>век</i>
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	19.09-02.10.2022	<i>век</i>
3	Обґрунтування методів досліджень	19.09-02.10.2022	<i>век</i>
4	Розв'язання поставлених задач	03.10-20.11.2022	<i>век</i>
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	21.11-04.12.2022	<i>век</i>
6	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	07.11-27.11.2022	<i>век</i>
7	Виконання розділу «Економічна частина»	07.11-27.11.2022	<i>век</i>
8	Нормоконтроль МКР	05.12-07.12.2022	<i>век</i>
9	Попередній захист МКР	08.12-09.12.2022	<i>век</i>
10	Рецензування МКР	12.12-16.12.2022	<i>век</i>
11	Захист МКР	20.12-28.12.2022	<i>век</i>

Студент

  
(підпис)

Єромін О.О.

Керівник роботи

  
(підпис)

Романюк С.О.

## ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	5
1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ СТРАТЕГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖНИМ АВТОТРАНСПОРТНИМ ПІДПРИЄМСТВОМ.....	8
1.1 Особливості стратегічного управління вантажним автотранспортним підприємством.....	8
1.2 Поняття потенціалу вантажного автотранспортного підприємства для визначення стратегії розвитку.....	15
1.3 Методи формування стратегії вантажного автотранспортного підприємства в сучасних умовах.....	23
1.4 Висновки до 1 розділу.....	31
2 СТРАТЕГІЧНИЙ АНАЛІЗ СТАНУ ТА ПРОБЛЕМ РОЗВИТКУ ВАНТАЖНИХ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ.....	33
2.1 Вплив факторів зовнішнього середовища на діяльність вантажних АТП.....	33
2.2 Стратегії розвитку на вантажних АТП в сучасних ринкових умовах.....	40
2.3 Визначення стратегічних зон господарювання вантажного АТП..	49
2.4 Висновки до 2 розділу .....	64
3 ОРГАНІЗАЦІЙНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЇ ВАНТАЖНОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА.....	65
3.1 Структура досліджуваного підприємства та його загальна характеристика.....	65
3.2 Модель формування стратегії вантажного АТП в сучасних умовах.....	79
3.3 Проведення розрахунків для визначення пріоритетних стратегічних зон господарювання .....	82
3.4 Висновки до 3 розділу .....	95
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	96

4.1 Аналіз умов праці.....	96
4.2 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи .....	97
4.3 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії .....	103
4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	107
4.5 Висновки до 4 розділу.....	112
ВИСНОВКИ.....	113
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	115
ДОДАТКИ.....	119

## РЕФЕРАТ

Предметом магістерської кваліфікаційної роботи є обґрунтування доцільності проведення попереджувальних ремонтів двигунів внутрішнього згорання автомобілів з метою зменшення експлуатаційних витрат. Об'єкт дослідження – процес, пов'язаний з ремонтом та обслуговуванням двигунів автомобілів на підприємстві, а також зменшення експлуатаційних витрат на їх обслуговування, шляхом введення попереджувальних ремонтів.

Робота складається з п'яти частин:

1. Забезпечення роботоздатності двигунів внутрішнього згорання в процесі експлуатації.
2. Аналітичне дослідження методів управління технічним станом двигунів внутрішнього згорання.
3. Методика експериментального дослідження та аналіз її результатів.
4. Планування експлуатаційно-ремонтних циклів ДВЗ з проведенням попереджувальних ремонтів
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Головною метою кваліфікаційної роботи є обґрунтування доцільності проведення попереджувальних ремонтів двигунів, метою якої є зменшення експлуатаційних витрат на обслуговування двигуна на базі станції технічного обслуговування автомобілів приватного підприємства «Автотранском» міста Вінниці

## ABSTRACT

The subject of the master's thesis is the justification of the expediency of carrying out preventive repairs of internal combustion engines of cars in order to reduce operating costs. The object of the research is the process related to the repair and maintenance of car engines at the enterprise, as well as the reduction of operating costs for their maintenance by introducing preventive repairs.

The work consists of four parts:

1. Ensuring the efficiency of internal combustion engines during operation.
2. Analytical study of methods of managing the technical condition of internal combustion engines.
3. Methodology of experimental research and analysis of its results.
4. Planning of operation and repair cycles of diesel engines with preventive repairs.
5. Occupational health and safety in emergency situations.

The main goal of this qualification work is to substantiate the feasibility of preventive engine repairs, the purpose of which is to reduce operating costs for engine maintenance based on the vehicle maintenance station of the private enterprise "Avtotranskom" in the city of Vinnytsia

## ВСТУП

**Актуальність теми.** В даний час на автомобільному транспорті було прийнято планово-попереджувальну систему технічного обслуговування та ремонту (ТО та Р), її метою є попередження відмов. Для цього проводять лише операції ТО, а поточний ремонт (ПР) планується у питомих одиницях. Інтервал ремонтних дій не планують, оскільки момент коли може трапитися відмова вважається випадковим. Така стратегія значно збільшує витрати на забезпечення працездатності, тому що витрати на попередження відмови у п'ять разів нижчі, ніж на його усунення [1]. Собівартість автомобільних перевезень напряму залежить від якості та кількості проведення ТО і ПР, адже на їхню частку припадає до 15% [2], а від якості їх проведення залежить до 45% [3] собівартості.

Аналіз даних надійності автомобілів показує, що номенклатура відмов та замін деталей повторюється. Особливо це стосується двигунів, трохи менше на коробки передач на які в сумі припадає до 65% витрат на запасні частини, простоїв і трудомісткості усунення відмов [4-7].

Закономірність повторення відмов може свідчити про можливість спланувати частину ПР не тільки за її трудомісткістю, але й періодичність.

Найскладнішим і найдорожчим агрегатом автомобільної техніки є двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ) у процесі своєї експлуатації потребують значних матеріальних та трудових витрат на ТО та ПР, які значно перевищують його першонайальну вартість. Проблема підвищення ефективності технічної експлуатації ДВЗ, полягає в зниженні витрат на обслуговування та збільшенні показників використання системи.

Техніко-економічні показники двигуна внутрішнього згорання визначаються за ефективністю функціонування кривошипно-шатунного механізму (КШМ), циліндро-поршневої групи (ЦПГ), системи мащення та живлення, газорозподілу та його запалювання. Високий коефіцієнт варіації (0,3-0,7 і більше) [8] потребує індивідуального підходу в формуванні структури експлуатаційно-ремонтного циклу (ЕРЦ) ДВЗ. Однак виконання профілактичних та контрольно-регулювальних і головне ремонтно-відновлювальних робіт, які діють в рамках планово-попереджувальної системи, яка передбачає приведення



всіх параметрів ДВЗ до регламентованих середньостатистичних нормативів, не може враховувати таких обставин, що призводить до втрати потенціалу економічних можливостей.

Вдосконалення системи проведення ТО і ПР постійно відображається в нормативно-технічній документації. Згідно з положенням [9], при проведенні технічного огляду (ТО) передбачають супутній ремонт у розмірі 20% від трудомісткості ТО. При проведенні ПР агрегатів та вузлів замінюють не тільки деталі, що відмовили, але й стан яких був близький до граничних, тобто велика частина ПР носить профілактичний характер. Проведення запобіжних (або середніми чи профілактичними) ремонтів (ПР) агрегатів автомобілів у тому числі за результатами діагностування, доведено масою досліджень. Основна перевага полягає у зниженні витрат на ремонт через зниження числа несподіваних відмов агрегатів. Але великим мінусом є збільшення вартості обслуговування такого транспорту.

Вихід із ситуації можливий в розробці абсолютно нових підходів до ЕРЦ ДВЗ автомобілів. В основному необхідно скорочувати експлуатаційні витрати профілактичними впливами та запобіжними ремонтами.

Обґрунтування періодичності поточних ремонтів (ПР) автомобільних ДВЗ дозволить зменшити в деякій мірі витрати праці, часу та засобів, однак повністю це завдання не вирішить. Вирішення можливе з використанням абсолютно нових підходів до цього питання. Системний підхід до процесу експлуатації та ремонту автомобілів і, зокрема, двигунів може значно зменшити тимчасові та матеріальні витрати, як зараз так і в майбутньому.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дослідження за темою магістерської роботи належать до основних напрямів наукових досліджень кафедри "Автомобілі та транспортний менеджмент" Вінницького національного технічного університету.

**Мета і задачі дослідження** - скорочення можливих витрат шляхом проведенням попереджувальних ремонтів з створеною та обґрунтованою періодичністю протягом всього терміну експлуатації ДВЗ.

Об'єктом дослідження виступають автомобільні двигуни.

Предмет дослідження - запобіжний ремонт двигунів та його періодичність.

**Наукова новизна:**

1. Розроблена та обґрунтована періодичність попереджувальних ремонтів автомобільних двигунів, шляхом обліку питомих витрат на забезпечення його працездатності протягом всього терміну служби.

2. Визначено експоненційну залежність частки відновлення ресурса двигуна від трудомісткості ремонтних операцій поточного ремонту (ПР) з використанням теорії багато-рівневої ієрархічної системи (МІС), що знімає заплановану трудомісткість ПР.

3. Створено алгоритми та схеми технологічного процесу діагностування автомобільного двигуна (ДВЗ), за допомогою використання нового пристрою для оцінки технічного стану двигуна.

**Особистий внесок здобувача.** Магістерська робота є самостійним науковим дослідженням.

**Практична цінність роботи.** Розроблена система рекомендації для скорочення експлуатаційних витрат ДВЗ шляхом проведенням попереджувального ремонту з обґрунтованою періодичністю. Створений комплекс заходів дозволять знизити трудомісткість ПР на 11%.

**Публікації.** Матеріали магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано в одній науковій праці [1].

# РОЗДІЛ 1

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОБОТОЗДАТНОСТІ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ В ПРОЦЕСІ ЙОГО ЕКСПЛУАТАЦІЇ

### 1.1 Загальна характеристика підприємства

Приватне підприємство «Автотранском» сьогодні вважається одним із потужних автоперевізних підприємств України. Основною діяльністю даного підприємства є автомобільні перевезення за двома великими напрямками – перевезення нафтопродуктів та перевезення вантажів як в міжміському так і в міжнародному сполученні. Підприємство було створено в результаті поєднання двох масштабних АТП, а саме відкритого акціонерного товариства "Вінницьке автотранспортне підприємство 10554" та Львівського АТП. В даний час підприємство «Автотранском» входить до структури ПАТ «Концерн Галнафтогаз» та є досить потужним автотранспортним підприємством з дислокацією 14 автоколон на всій території України. Одна з найбільших та найпотужніших автоколон знаходиться у місті Вінниця за адресою м. Вінниця, вул. Максимовича б.

Надалі в даній роботі буде розглядатися саме Вінницька автоколона ПП «Автораansom». До її структури входить:

- рухомий склад;
- станція технічного обслуговування вантажних автомобілів (створена на базі існуючої виробничо-технічної бази);
- служба експлуатації, що включає диспетчерську, плановий відділ тощо;
- бухгалтерія;
- технічний відділ;
- загальний відділ.

СТО для вантажних автомобілів, створене на основі вже існуючих авторемонтних майстерень в даний час зосереджене на ТО і ремонтах автомобілів, як самого підприємства, так і по замовленню. СТО обслуговує різні автомобілі, як радянські та країн СНД (ГАЗ, МАЗ, КАМАЗ, ЗИЛ), так і іномарки (DAF, IVECO, VOLVO, SCANIA, MAN, RENAULT).

Відділи і служби АТП виконують організаційно-управлінські функції. Дана організаційна структура дозволяє поліпшити управління та використання ресурсів підприємства. Організаційна структура підприємства є змішаною, як і в більшості аналогічних підприємств. Головою Вінницької автоколони є її виконавчий директор, що звітує генеральному директору ПП «Автотранском».

Для перевезення вантажів за напрямками перевезень, Вінницька автоколона має рухомий склад, станом на 2021 рік дані про який наведені в табл. 1.1

Таблиця 1.1 - Наявність автотранспорту що забезпечує міжміські перевезення

№	Марка автомобіля	Кількість	Номінальна вантажопідйомність, т	Об'єм кузову, м <sup>3</sup>
1	КамАЗ-65111	43	15	8
2	КамАЗ-6520	37	20	12
	Разом	80		

Для проведення аналізу основних техніко-експлуатаційних показників роботи рухомого складу Вінницької автоколони, необхідно порівняти результати роботи автотранспорту за останній період часу, отримані з звітної статистичної документації підприємства, вони наведені в таблиці 1.2. На основі даних, які містяться в таблиці 1.2, визначимо основні технікоексплуатаційні показники роботи рухомого складу автоколони за попередній період, враховуючи рекомендації [2, 4]. За період приймається календарний рік (2019 – 2021). Результати порівняння даних про роботу автотранспорту за базисний (2019 рік) та звітний (2021 рік) період наведено в таблиці 1.3

Таблиця 1.2 - Основні дані про роботи автотранспорту

Показники	2019	2020	2021
1. Середньооблікова кількість автомобілів, одиниць	62	59	80
2. Автомобіледні перебування в господарстві, тис.	22,6	21,5	21,2
3. Автомобіледні в роботі, тис	9,3	10,3	10,8
4. Час в наряді, тис. год.	70,5	90,6	89,6
5. Загальний пробіг, тис. км	2572,9	3267,5	3386,9
6. Обсяг перевезень, тис. т	247,5	291,7	325,1
7. Вантажообіг, тис. ткм	29701,2	35006,3	39017,4

Таблиця 1.5 – Вихідні параметри базисного і звітних періодів

Показник	Базисний період 2019	Звітний період 2021	Абсолютний приріст	Темп росту
1. Середньооблікова кількість автомобілів, одиниць	62	80	18	1,3
2. Автомобіледні перебування в господарстві, тис.	22,6	21,2	-1,5	0,94
3. Автомобіледні в роботі, тис.	9,3	10,8	1,5	1,16
4. Час в наряді, тис. год.	70,5	89,6	19,1	1,27
5. Загальний пробіг, тис. км	2572,9	3386,9	814,1	1,37
6. Пробіг з вантажем, тис.км.	1672,4	2099,9	427,5	1,26
7. Перевезено вантажів, тис.тонн	247,5	325,1	77,6	1,31
8. Вантажооборот, тис. ткм	29701,2	39017,4	9316,1	1,31

Аналізуючи результати налізу матричного (див. табл. 1.3), приходимо до висновків:

- так як підприємство збільшує свій рухомий склад, то кількість автомобіледні перебування в господарстві зменшились на 6%; проте за рахунок цього автомобіледні в роботі збільшились на 16%;

- час у наряді і загальний пробіг збільшилися відповідно на 27% і 32%;
- за рахунок покращення організації перевезень пробіг з вантажем збільшився на 26%;
- обсяги перевезення та вантажообіг збільшилися на 31%.

Розрахуємо основні техніко-експлуатаційні показники роботи парку за період 2019 – 2022 роки на основі даних таблиці 1.2. Коефіцієнт випуску автомобілів на лінію:

$$a_B^i = \frac{AD_{роб}^i}{AD_{госп}^i}, \quad (1.1)$$

де  $AD_{роб}^i$  - автомобіледні в роботі за і-тий період, тис.;

$AD_{госп}^i$  - автомобіледні перебування в господарстві за і-тий період, тис.

$$a_B^{19} = \frac{9,3}{22,6} = 0,41; a_B^{20} = \frac{10,3}{21,5} = 0,48; a_B^{21} = \frac{10,8}{21,2} = 0,51;$$

Середній час перебування рухомого складу в наряді за добу:

$$T_H^i = \frac{A\Gamma_{нар}^i}{A\Gamma_{роб}^i}, \quad (1.2)$$

де  $A\Gamma_{нар}^i$  - час перебування автомобілів в наряді за і-тий період, тис. год

$$T_H^{19} = \frac{70,5}{9,3} = 7,6 \text{ год.}; T_H^{20} = \frac{90,6}{10,3} = 8,8 \text{ год.}; T_H^{21} = \frac{89,6}{10,8} = 8,3 \text{ год.}$$

Середньодобовий пробіг визначається за формулою:

$$l_{сд}^i = \frac{L_{заг}^i}{AD_{роб}^i}, \quad (1.3)$$

де  $L_{заг}^i$  – загальний пробіг рухомого складу за і-тий період, тис. км;

$$l_{\text{сд}}^i = \frac{2572,9}{9,3} = 277 \text{ км.}; l_{\text{сд}}^i = \frac{3267,5}{10,3} = 316 \text{ км.}; l_{\text{сд}}^i = \frac{3386,9}{10,8} = 314 \text{ км.}$$

Для аналізу динаміки зміни обсягів транспортної роботи можна скористатись наступними індексами [4, 6].

Індекси зміни основних параметрів визначаються за формулою:

$$I_A = \frac{A'_i}{A_i}, \quad (1.4)$$

де  $A'_i$ ,  $A_i$ , - відповідно базисне і звітне значення параметрів.

Тоді для обсягів перевезень:

$$I_A^{20-19} = \frac{291,7}{247,5} = 1,18; I_A^{21-20} = \frac{325,1}{291,7} = 1,11.$$

Тоді для вантажообігу:

$$I_A^{20-19} = \frac{35006,3}{29701,2} = 1,18; I_A^{21-20} = \frac{39017,4}{35006,3} = 1,11$$

Аналізуючи виконані розрахунки, приходимо до таких висновків:

- за останній час кількість автомобілів на підприємстві збільшується;
- час перебування автомобілів в наряді практично залишається незмінним і складає 7,6 – 8,7 годин; -
- обсяги наданих транспортних послуг зростають: для обсягів перевезень та вантажообороту – на 18 і 11 % за два останні роки відповідно.

## **1.2 Аналіз варіантів підтримки працездатності двигунів внутрішнього згорання**

Як зазначалось вище, автоколона збільшує свій рухомий склад зарахунок нових автомобілів та списує застарілі, витрати на утримання якого досить високі.

Відповідно за останні роки автоколона повністю звільнилась від автомобілів КамАЗ ще радянського виробництва.

За минулі роки заводи-виробники та авторемонтні підприємства виконали велику роботу для підвищення надійності та довговічності двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ). В ході впровадження маси конструкторсько-техноно-гічних заходів ресурс, наприклад, дизельних двигунів КамАЗ до першого капітального ремонту збільшився в 1,3-1,5 рази. Далі розглянемо конструкторські зміни в двигунах внутрішнього згорання на прикладі заводу-виробника КамАЗ. Значно зросли показники потужності двигунів з 210 к.с. у базового двигуна КамАЗ-740 до 360 к.с. у двигуна КамАЗ-740.50-360 та до 420 к.с. у двигуна КамАЗ-740.80-420. Досягнуто це за рахунок використання турбонаддуву та значних конструкторсько-технологічних удосконалень. Також в підприємствах за останні 10-12 років відбулися суттєві зміни, розглянемо їх. Середня кількість автомобілів нині становить 45 одиниць, 67% автомобілів КамАЗ перебувають у підприємствах, що мають до 50 автомобілів, а 20% - до 10 одиниць. Забезпечення працездатності відбувається за однією з трьох стратегій:

- у плановому порядку тобто за встановленою періодичністю пробігу;
- за потребою - при погіршенні технічного стану або відмові його однієї з систем;
- за результатами передремонтного діагностування та післяремонтного контролю якості технічних впливів.

До такої системи технічних обслуговувань та ремонтів з'являється ряд вимог, основні зводяться до забезпечення заданих рівнів експлуатаційної надійності автомобілів при раціональних витратах, ресурсозберігання та екологічності, гнучкості організаційних методів реалізації принципів та нормативів, що враховують зміну умов експлуатації, якості та надійності автомобілів.

Система технічного обслуговування (ТО) та ремонту займає особливе місце в концепції управління якістю обслуговування автомобілів. Сфера експлуатації автомобіля впливає на його показники якості, що реалізуються: інтенсивність зміни показників якості — через фактори, що визначають ефективність технічної експлуатації автомобілів (ТЕА), включаючи систему ТО та ПР, термін його



служби — через систему управління віковою структурою автомобільних парків, початкові показники якості — через систему вимог до якості та надійності автомобілів. В сумі показники якості частки сфери експлуатації припадає 35-40%, а сфери виробництва - 60-65%. Тоді як важливість підфактора «система та організація ТО та ПР» у частці сфери технічної експлуатації становить близько 25%. Тоді, загальний внесок «системи та організації ТО та ПР» у показники якості (з урахуванням дії сфер експлуатації та виробництва) досить вагомий і становить 7-9% [3].

Вплив основних підфакторів системи та організації ТО та ПР на ефективність ТЕА на галузевому рівні можна оцінити так:

- якість функціонування ТО і ПР чи ступінь виконання рекомендацій системи – близько 29%;
- рівень обґрунтованості і ефективності системи ТО і ПР – майже 26%;
- рівень організації ТО і ПР - 17%.
- забезпеченість ТЕА нормативно-технічною документацією, рівень підготовленості технічної служби, наявність та якість проектної документації на ТО і ПР разом - 28%.

Рівень впливу на працездатність перших двох підфакторів, що визначають якість системи ТО і ПР, та ефективність її функціонування, перевищують 50%, це визначає важливість проведення науково-дослідних та практичних робіт з удосконалення самої системи, та оптимізації її нормативів, і забезпечення умов виконання рекомендацій та нормативів системи.

За даними досліджень [3] виконання рекомендацій системи ТО і ПР забезпечує підвищення коефіцієнта технічної готовності на 2,5-3%, скорочення витрати палива на 1,5-3%. Системи ТО і ПР масових виробів, що застосовуються, базуються на стратегіях забезпечення працездатності. Усю сукупність найбільш поширених відмов та несправностей автомобіля можна розділити на дві великі групи: ті які профілактуються і не профілактуються. До останніх належать, відмови та несправність, які неможливо передбачати по-друге, відмови та несправності, які недоцільно запобігати по економічним та іншим критеріям.

Перевагою такої стратегії є простота її реалізації, основним недоліком є невизначеність стану окремого виробу, який може відмовити у будь-коли, і труднощі планування та організації парку ТО і ПР.

Профілактична стратегія в свою чергу передбачає запобігання частині відмов та несправностей даного найменування, відновлення близького до нього технічного стану виробу до того, як він досягне граничного стану. Тому витрати на підтримку працездатності з профілактичної стратегії значно нижчі за витрати стратегії очікування ремонту, що і є джерелом ефективності профілактичної стратегії. Вона реалізується при запобіжному ТО, діагностиці, заміні деталей чи вузлів. При цьому встановлюється певне напрацювання, при якому виробу відновлюють вихідний або близький до нього технічний стан.

Принципи функціонування системи підтримки у працездатності транспортних засобів та ДВЗ у розвинених країнах не міститься істотних відмінностей від аналогічних систем, що функціонують у нас. Відмінність лише в розподілі обсягів робіт з технічного обслуговування та ремонту техніки між різними методами, все різноманіття яких можна звести до трьох категорій [10-13]:

1. hard time (жорсткий ресурс);
2. op condition (за станом);
3. condition monitoring (контроль стану з контролем рівня надійності).

Перша категорія аналогічна методам ТО та ПР техніки, що становлять основну частину планово-попереджувальної системи.

Для автомобільного транспорту, що експлуатуються за другою, найбільш численною категорією встановлюють обмеження щодо ресурсу. Ремонт здійснюється лише за фактичним технічним станом із періодичним контролем за допомогою засобів діагностування.

Третя категорія це інженерне прогнозування надійності разом з аналізом відмов, вона застосовується значно рідше, хоча і є перспективним напрямом.

Особливості нових двигунів дозволяють відновлювати працездатність заміною окремих вузлів, забезпечуючи збільшення терміну служби до капітального ремонту (КР) чи списання, різко скоротивши витрати і простої в ремонті [14].

Ремонт більшості ДВЗ відбувається не через знос і старіння, а внаслідок критичного стану окремих вузлів, сполучень і деталей. Передчасне надходження двигунів на капітальний ремонт (КР) пояснюють відсутністю діагностичних засобів та використанням суб'єктивних методів для визначення потреби в ремонті. Проблема суб'єктивних методів діагностування автомобілів полягає в тому, що майже на 50% точність залежить від досвіду майстра, це займає дуже серйозне місце в комплексі діагностування. В подальшому такі неточності чи помилки можуть значно скоротити наробіток до капітального ремонту (КР), що викликає великі незручності.

Багатьма вітчизняними та іноземними фахівцями було обґрунтовано доцільність і високу ефективність проведення попереджувальних ремонтів, яке полягає в профілактичній заміні деталей чи вузлів, що швидко зношуються (наприклад вкладишів підшипників колінного валу, поршневих кілець та іншого). В такому складному агрегаті як двигун, можна спрогнозувати деякі типові несправності,

Граничний стан можна визначити трьома критеріями технічним, технологічним і економічним критерієм [3]. Для поєднання «шийка колінчастого валу — вкладиш» чи «гільза — поршневе кільце — поршень», економічним критерієм граничного стану є витрати на підтримку працездатності їх у період до КР. В ході аналізу різних досліджень [38-46] було складено таблицю, в ній представлені напрацювання різних ДВЗ до моменту настання відмови та виконання ремонтних впливів, а також створений рекомендований зміст відновлювальних робіт наведений в табл. В.1, Додаток В.

При проведенні профілактичних ремонтів необхідно визначити перелік необхідних деталей, що замінюють одночасно з тими, що відмовили. Можна використовувати два методи. У першому випадку оцінюється можливість безвідмовної роботи об'єкта протягом необхідного періоду експлуатації. Якщо виявляють деталі, стан яких критичний або близький до нього то їх замінюють на нові. Другий метод полягає в оцінці залишкового ресурса деталей у відсотках до їх середнього ресурсу, тобто він дозволяє визначити величину втрати ресурса диференційовано для окремої деталі та агрегата, об'єкта, що досліджується. Слід зазначити, що при такому методі величина втрата ресурса деталі виражається в

абсолютних одиницях (кілометрах пробігу, годинах напрацювання та інших). Диференційований метод цікавий тим, що дозволяє по кожній окремій деталі визначати величину недовикористання її ресурса при проведенні супутніх профілактичних ремонтів, які не впливають на неї [5].

Недоліком цих стратегій ЕРЦ є чітке закріплення складу всіх відновлювальних робіт за напрацюванням. Очевидним є те, що не враховується стан ДВЗ в конкретний час, проте вдосконалення системи ТО та ТР дозволило суттєво знизити витрати на підтримку працездатності, про це можна дізнатися за даними табл. 1.4.

Таблиця 1.4 - Зміна витрат на підтримку працездатності автомобілів в залежності від поєднання стратегій

Поєднання стратегій	Витрат %
Усунення відмов за потребою	100
Проведення ТО з плану та ремонту за потребою	64
Проведення ТО за планом та ремонтом за потребою з діагностуванням	54
Проведення ТО та ремонту за результатами примусового діагностування.	20

Про необхідність поєднання стратегій забезпечення працездатності систем ТО та ПР можна зрозуміти по ступеню впливу цього фактора на ефективність експлуатації автомобіля. Основні фактори, які визначають ефективність ТЕА, були сформульовані професором Кузнецовим Є.С., також він визначив їх вагомість щодо впливу на технічну готовність рухомого складу (РС) та витрат на ТО та ПР [47]. Поряд з такими організаційно-технічними факторами як виробничо-технічна база, кваліфікація та забезпеченість персоналом, система постачання та резервування запасними частинами особливо виділяється система організації та рівень управління ТО та ПР. Така система включає в себе обґрунтованість структури ЕРЦ, ступінь її виконання, рівень технології та організації і управління ТО та ПР.

Впровадження системи діагностування РС у вигляді системи технічних заходів допоможе впорядувати структуру ЕРЦ, скоротити витрати праці, часу та коштів на забезпечення працездатності ДВЗ дозволить впровадження за результатами діагностування ПР у вигляді системи технічних заходів за весь термін служби агрегату автомобіля.

### **1.3 Зміни технічного стану ДВЗ в ході експлуатації**

В процесі експлуатації автомобіля під впливом тих чи інших факторів технічний стан двигуна постійно змінюється. Основною та не змінною причиною його зміни є зношування деталей. В загальному зношування деталей залежить від трьох груп факторів [48-57]:

1. Навантаження на поверхню тертя (тиску, швидкості відносного переміщення, температури поверхні тертя),
2. Параметри середовища (фізико-хімічних властивостей масел, температури повітря )
3. Матеріалу деталей.

Частина основних відмов елементів автомобілів обумовлена зношуванням деталей в процесі експлуатації. Для створення залежностей різних показників технічного стану елементів від напрацювання необхідно проаналізувати закономірності зношування деталей. В основному більшість сполучень деталей та агрегатів страждають від надмірного тертя ковзання. Такі з'єднання у нормальних умовах працюють із змащувальним матеріалом і стійкі до механічного та корозійно-механічного зношування. Різними авторами запропоновано декілька типів залежностей зносу деталей від площі тертя чи часу роботи.

При характерному режимі роботи для двигуна, від тертя, і тиску сполучених деталей, відбувається основне зношування. В процесі приробітку розміри зон тертя та контакту збільшуються: чим більша сила, з якою одна деталь тисне на іншу, то тиск, а отже, і зношування за одиницю пробігу зменшуватимуться. Площа контакту перестане збільшуватися, тоді коли сполучені деталі стикаються по всій поверхні. Тоді закінчиться період приробітку. Коли після закінчення періоду приробітку сила притискання деталей стала, то спрацювання деталей та агрегатів

збільшується рівномірно та пропорційно до пробігу. Але в процесі експлуатації сила притискання деталей не завжди залишається сталою та рівномірною, через цю може змінюватися інтенсивність зношування.

В процесі експлуатації ДВЗ циліндри та поршневі кільця зношуються по радіальній товщині та висоті. Разом з зміною параметрів кільця та циліндра пропорційно буде збільшуватися зазор між ними та зменшується пружність поршневого кільця. Товщина поршневих кілець та гільзи експоненційно зменшується в процесі експлуатації [8, 58].

Встановлено, що інтенсивність зношування пар при напіввідинному терті змінюється пропорційно зміні тиску  $p_r$  на поверхні тертя:

$$a' = a_0 * c p_r \quad (1.5)$$

де,  $a_0$  — інтенсивність зношування до початку зміни тиску на поверхні тертя;  $c$  - коефіцієнт пропорційності.

Зміна інтенсивності спрацювання сполучень залежно від пробігу впливає на форму залежності зносу сполучення від пробігу.

Важливо, що інтенсивність зношування динамічно навантажених сполучень таких як: втулка верхньої головки шатуна - поршковий палець збільшується, а саморозвантажувальних: циліндр - поршкове кільце зменшується. При відносному переміщенні поверхоні тертя в середовищі (з певними швидкістю та тиском) на робочій поверхні тертя змінюється температура. Залежність інтенсивності зношування від температури з достатньою для практичних цілей точністю приймається лінійною:

При підвищенні температури мастила на поверхнях тертя вище критичної, зростає інтенсивність зношування, погіршуються змащувальні властивості мастила та прискорюється процес старіння мастила. Найбільш інтенсивно процес старіння відбувається в зоні поршневих кілець двигуна, де тонка плівка мастила має високу температуру та концентрацію продуктів згоряння палива.

Розглянемо таблицю 1.5, в якій наведені параметри експоненційної залежності показників технічного стану, на прикладі автомобілів КамАЗ.

Таблиця 1.5 - Параметри експоненційної залежності (1.2) показників технічного стану автомобілів КамАЗ

Показники технічного стану	$\alpha_0$	$b$	$r$	$P$
Витрата мастила на угар у % до витрати палива	0,763	0,00830	0,959	0,998
Зношування корінних шийок колінчастого валу	21,6	0,00453	0,967	0,992
Зношення нижніх корінних вкладишів	47,3	0,00491	0,972	0,998
Зношування верхніх корінних вкладишів	32,9	0,005	0,982	0,996
Знос нижніх шатунних вкладишів	26,5	0,00455	0,987	0,998
Знос верхніх шатунних вкладишів	31,8	0,00444	0,973	0,996
Зазор у поєднанні канавка поршня - кільце:				
- верхнє компресійне	119	0,00558	0,965	0,991
- друге компресійне	87	0,00472	0,978	0,987
- маслзйомне	60	0,00397	0,937	0,996

Зношування деталей та агрегатів двигуна призводить до зміни різних експлуатаційних показників його роботи. Основним сполученням, за допомогою якого визначають міжремонтний пробіг двигуна, є кривошипно-шатунний механізм та циліндропоршнева група. Серед всіх причин зняття двигунів в капітальний ремонт, наприклад КамАЗ-740, на частку підшипників колінчастого валу припадає майже 43%, тоді як на циліндропоршкову групу менше 35% [68-70]. Як показують експериментальні дані, знос і овальність шийок колінчастого валу, знос вкладишів, зазор у підшипниках зростають за експоненційною залежністю від пробігу.

У таблиці 1.6. наведено параметри розподілу показників технічного стану деталей двигунів КамАЗ-740, знятих капітальний ремонт [71]. Тепер розрахуємо відхилення значень представлених параметрів. За цими даними можна допустити, що підвищений знос гільз циліндрів, корінних і шатунних шийок колінчастого валу на певному етапі можна запобігти за допомогою заміни вкладишів.

Таблиця 1.6 - Параметри розподілу показників технічного стану деталей двигунів КамАЗ-740, знятих у КР, мкм

Показники технічного стану	Капітально			
	не ремонттованих		ремонттованих	
Зношування гільз циліндрів у поясі зупинки верхнього компресійного кільця в ВМТ у площині хитання шатуна	200	59	160	42
Овальність гільз циліндрів у тому ж поясі	38	21,5	28	15
Радіальне знос верхніх компресійних кілець	320	442	230	367
Радіальний знос нижніх компресійних кілець	175	205	131	182
Радіальний знос маслозйомних кілець	182	212	123	161
Зазор у стику верхніх компресійних кілець у калібрі діаметра 120*0,02мм	175,0	42,7	161,0	39,8
Зазор у стику нижніх компресійних кілець	142,5	36,5	126,0	29,7
Зношування шатунних шийок колінчастого валу в площині кривошипа	37,6	19,5	46,5	26
Те саме перпендикулярно. площині	24	16	39,3	21
Зношування коріних шийок колінчастого валу	20,5	9,4	13,9	23
Знос верхніх шатунних вкладишів	37,4	23,4	31,4	28
Знос нижніх шатунних вкладишів	25,2	17,4	23,4	14,7
Зношування верхніх корінних вкладишів	40,1	24,5	31,1	41,8
Знос нижніх коріних вкладишів	31,3	29	22,5	36

m - середнє значення; п - середньоквадратичне відхилення.

За допомогою цих дій можна знизити витрату мастила на угар та підвищиться тиск у системі мащення.

Велику роль відіграє вчасне проведення регулювальних робіт за результатами діагностування. Не велике відхилення регулювань паливної апаратури від нормальних значень дуже впливає на знос всіх деталей циліндропоршневої групи (ЦПГ) та кривошипно-шатунного механізму (КШМ), що в свою чергу знижує надійність двигуна.



Аналіз стану двигунів КамАЗ-740, які надійшли в капітальний ремонт, показав, що половина двигунів які потрапили в ремонт, були через спрацювання та відмову підшипників колінчастого валу.Тоді можна зробити висновок, що від технічного стану підшипників залежить ресурс двигуна в цілому. За даними досліджень [8] встановлено таку вибірку, що відмови двигунів КамАЗ через конструктивні фактори становлять - 21,3%, технологічні - 31,3% та експлуатаційні - 47,4%. Через зниження надійності автомобілів збільшується час простоїв, та витрат на обслуговування. Аналіз цих витрат показує, що основні та найдорожчі — це відмови підшипників колінчастого валу та ЦПГ.

Основний напрямок для забезпечення підвищення надійності двигунів і скороченні витрах на обслуговування - є вдосконалення процесів обслуговування та ремонту двигунів, за допомогою впровадження нових методів та засобів діагностування, які б дозволили визначати технічний стан двигунів без розбирання та могли б точно спрогнозувати ресурс їхньої роботи.

Діагностування відіграє основну роль при виборі оптимальної структури ЕРЦ. Вимоги для оптимізації діагностування повинні включати в себе вибір різних засобів діагностування чи розробку абсолютно нових діагностичних пристроїв, які будуть зручними та інформативними для прийняття рішень про структуру ЕРЦ.

Розглянемо варіацію різних засобів діагностування та визначимося з їх оптимальним набором для вирішення завдань [8].

В даний час випускається велика кількість діагностичного обладнання для дизельних двигунів. Однак, за даними заводів виробників які проводять аналіз каталогів обладнання, номенклатура обладнання, яке випускається в нашій країні, має недостатньо широкий спектр, а реалізація ефективних розробок науково-дослідних організацій не знайшла широкого застосування на практиці, закінчуючи виготовленням одиничного примірника або випуском дрібних серій приладів.

Нині використовують метод лінійних переміщень для ресурсного діагностування кривошипно-шатунної грутіпи, він заснований на осьовому переміщенні поршня в області ВМТ. Через цей метод двигуни спрямовувати в ремонт виходячи з міжремонтного напрацювання, проте багато з них ремонтують передчасно. Впровадження обладнання яке може безрозбору двигуна точно оцінити технічний стан двигуна скоротило експлуатаційні витрати на 20%. У

зв'язку з цим створення більш ефективних методів та засобів діагностування технічного стану двигунів залишається актуальним завданням і сьогодні.

Двигун складається зі складних самостійних механізмів та агрегатів, вони працюють у різних умовах та навантаженнях, через це не існує єдиного методу для визначення технічного стану всіх механізмів одразу.

Методи оцінки технічного стану за допомогою зміни тиску масла мають великі похибки. При діагностуванні підшипників колінчастого валу можна вимірювати його діаметральні переміщення стосовно підшипника. Суть вимірювання в тому, що маховик з колінчастим валом переміщують в межах діаметрального зазору в задньому корінному підшипнику, тоді фіксують розмір переміщення за допомогою індикатора.

Існують і інші методи вимірювання зазорів за допомогою індикаторів у сполученнях колінчастий вал — підшипник, або втулка верхньої головки шатуна — поршневий палець. Пристрій встановлюють замість вигвнчаної форсунки та закріплюють його штатним кріпленням, а потім опускають струну, за допомогою обертання гайки, і стежать за стрілкою індикатора. Як тільки вона почне вібрувати, її встановлюють знову на 0 і відразу відводять вгору на 0,8...0,9 мм, а потім при максимальній частоті обертання колінного валу двигуна струну плавно опускають, поки стрілка індикатора знов не почне вібрувати, в цей момент роблять відлік. Аналогічним пристроєм вимірюють прогин в шатунних вкладишах без його розбирання. Тиск повітря в камері згоряння при вимірі пружного прогину вкладишів визначають експериментально при стабілізації переміщення поршня, наприклад в двигуна КамАЗ-740 це тиск 0,6 МПа.

Спектральний метод полягає у визначенні вмісту продуктів зносу деталей у мастилі [92-95]. Велика увага приділяється спектральному аналізу мастила, за результатом якої визначають вміст продуктів зносу основних деталей, та вміст абразивних частинок в його складі. Незважаючи на його високу ефективність, широке поширення не можливе через брак необхідних установок. Також до недоліків такого методу слід віднести те, що велика частина продуктів зносу осідає, інша частина вигорає разом з маслом, та губиться через вихлопну трубу. Також на результат впливає багатоконпонентність продуктів зношування та точність відбору проб.

Віброакустичний метод діагностування передбачає такі ж засоби, що й метод лінійних переміщень — компресорно-вакуумну установку. При швидкому зростанні тиску після розрідження в надпоршневому просторі відбуваються удари та стуки в сполученнях КШМ. За допомогою спеціального датчика вимірюють рівень вібрації. За амплітудою вібраційного імпульсу та тимчасовим інтервалом між вібраційними імпульсами судять про технічний стан сполучення. Недоліком є складність розділення сигналів від зіткнень.

Всі розглянуті вище методи діагностування шатунних підшипників не забезпечують видавлювання мастила з пар, а показання ще залежать від перекладки поршня, герметичності клапанів і циліндропоршневої групи. Найбільш перспективним на сьогодні є метод діагностування шатунних підшипників щодо зміни положення поршня в ВМТ на робочих та пускових режимах (динамічні методи) [96].

У 2010 році була створена корисна модель засобу для діагностування технічного стану циліндропоршневої групи за температурою в камері згоряння. В дизелях температура в момент такту стиснення є важливим фактором, оскільки впливає на його ефективність та економічність і може бути додатковим діагностичним параметром технічного стану ЦПГ ДВЗ.

#### **1.4 Аналіз підходів до планування експлуатаційно-ремонтних циклів двигунів**

Характерна структура ЕРЦ, якою користуються в даний час, дуже далека від досконалості, оскільки не може врахувати фактичні зміни технічного стану елементів у процесі його експлуатації. Проведений аналіз зміни технічного стану ДВЗ у процесі його експлуатації дозволяє зробити висновок про доцільність планового проведення ремонтних впливів різної важливості та характеру, які можна віднести до ПР та КР. Для визначення раціонального поєднання та необхідної кількості за термін служби двигуна треба враховувати зміну напрацювання яке було до ремонту, вона обумовлена впливом технічного стану систем та механізмів на двигун в цілому.

Зрозуміло, інтенсивність зміни стану ДВЗ та інших агрегатів після ремонту вище, ніж була до нього, так як при ремонті більшість деталей не були ремонтвані, і вони в разі підвищують інтенсивність зношування деталей та вузлів, що замінювалися або відновлювалися. Тому пробіг до наступного ремонту буде значно нижчим, ніж до попереднього.

Аналогічно цьому скорочується ресурс двигуна після капітального ремонту, це зумовлено погіршенням технічного стану базових деталей таких як блок циліндрів та колінчастий вал. Проведений аналіз ремонтного фонду перед КР, говорить про те що двигуни різняться технічним станом базових деталей. Двигуни після КР, які були більше двох разів, мають менший на 12-15% пробіг до ремонту, ніж двигуни після першого КР. Пов'язано це з більшим напрацюванням блоків ДВЗ, через це дуже великими макрогеометричeskими відхиленнями, які відбулись внаслідок деформаційних процесів залишкового характеру та старіння. Також їм характерна значна не співвісність корінних опор, порушення посадкових місць гільз циліндрів та деформація колінчастих валів. Всі ці фактори ведуть до більш інтенсивного зношування деталей, і наслідок чого до скорочення напрацювання до ремонту.

Багатьма авторами створені рекомендації для оптимального числа ПР, та раціонального напрацювання до КР. Наприклад, для двигуна КамАЗ-740 термін служби складає 7-7,5 років при цьому середній пробіг в рік 50 тис.км., що передбачає проведення двох ПР та одного КР. В свою чергу нове сімейство ДВЗ КамАЗ-740.11.260 Євро з ресурсом 550 тис. км до КР має приблизно в 1,6 рази кращі показники по напрацюванню та надійності, завдяки таким змінам: встановлення нового продуктивнішого масляного насоса, серйозним змінам конструкції колінчастого валу та інших. Тому, пробіг до чергового ремонту повинен розрховуватись за результатами діагностування.

Про доцільність запобіжної стратегії при ПР та диференціації обсягу робіт можна зрозуміти з причин виникнення та складності відмов. Майже 90% відмов двигуна це поспупові, вони трапляються через зношування, втомую чи корозію. Значна частина відмов поступового характеру свідчить про необхідність створення та використання запобіжної стратегії забезпечення працездатності. Також при черговому ПР крім основних відмов ДВЗ усуваються разом і супутні

несправності [99-103]. Створена таблиця для визначення спеціальної номенклатури елементів, за якими доцільною є профілактична стратегія, виконано аналіз відмов до КР ДВЗ з урахуванням їх повторюваності (табл. 1.7).

Таблиця 1.7 - Найменування деталей ЦПГ і КШМ, що замінюються і відновлюються під час проведення ПР двигунів КамАЗ-740 у %

Найменування деталей	Підлягає заміні	Підлягає відновленню
Колінчастий вал	5	15
Гільзи циліндрів	13	-
Поршень	13	-
Поршневий палець	13	-
Шатун	6	-
Прокладки головок блоку	100	-
Вкладиші корінні	78	-
Вкладьші шатунні	69	-
Поршневі кільця	79	-
Сальники колінчастого вала	8	-

Обґрунтування граничного стану деталей дозволить використовувати ресурс деталей на максимум при мінімальних витратах на підтримання його в працездатному стані. Граничний стан деталей пов'язаний з призначенням сполучення та відхиленнями в його роботі, які відбуваються під час зміни технічного стану даного сполучення, порушення міцності деталі або зміни умов тертя та зношування.

Технічний стан двигуна можна визначити по рівню зносу та зміною геометричної форми деталей двох основних та найголовніших груп сполучень: кривошипно-шатунної (КШМ) та циліндропоршневої (ЦПГ).

У кривошипно-шатунну групу включають такі сполучення: втулка верхньої головки шатуна - поршневий палець, вкладиші - шийки колінчастого валу (підшипники колінчастого валу). Найбільш дорогими сполученнями є підшипники

колінчастого валу і ЦПГ, тому граничний стан гільз циліндрів, поршневих кілець, вкладишів і шийок колінчастого валу заслуговує на особливу увагу.

У свою чергу, експлуатаційні показники залежать від умов та режимів навантаження, зміни геометричної форми деталі (наприклад, шийок колінчастого валу, гільз циліндрів).

Зміна геометричної форми деталі скорочує довговічність сполучення. Наприклад, збільшення некруглості шийки знизило термін напрацювання вкладишів до початку руйнування в 8 разів. Залежність пробігу до заміни вкладишів підшипників колінчастого валу та гільз циліндрів від пробігу автомобіля з початку експлуатації експоненційні. Такі дані отримані в процесі експлуатації деталей ДВЗ, які встановлюються на автомобілі сімейства КамАЗ.

Граничний стан ДВЗ слід визначати по економічному критерію залежно від ресурсів на технічне обслуговування з урахуванням трудових витрат та їх вартості. Критична зміна геометричної форми шийки колінчастого валу та гільзи, приведе до подальшої заміни вкладишів та поршневих кілець буде економічно не доцільна (витрати на одиницю пробігу мінімальні), і стане граничною. При заміні шатунних вкладишів роблять одночасно заміну поршневих кілець підставою для цього є підвищена витрата мастила та прорив вихлопних газів у картер, тоді трудові витрати на їх заміну та вартість потрібно рахувати сумарно. В такому випадку витрати на підтримку робочого стану будуть мінімальними при граничному стані циліндрів і шатунних шийок колінчастого валу. За спеціальним техніко-економічним критерієм можна встановити подальшу доцільність числа замін деталей до зняття такого агрегату на ремонт. Для встановлення, граничного стану шатунної шийки коли далі необхідна заміна шатунних вкладишів недоцільна, необхідно знати в залежності від пробігу. Залежність конусності та еліпсності, так само як і зношування шатунних шийок, від пробігу автомобіля експоненційна [59-61]. Наприклад для двигунів сімейства КамАЗ-740 зношування становить 150 мкм, конусність - 55 мкм, еліпсність - 35 мкм. За результатами аналізу по всій вибірці з урахуванням граничних значень ЦПГ, приймають величину граничного стану для заданих умов роботи.

Отже, за критерій граничного зносу ДВЗ приймають всі сумарні витрати на придбання нових сполучених деталей ЦПГ і КШМ. Використання економічного

критерію, щоб оцінити граничний стан дорогої деталі, слід проводити за умови її повного використання. Передчасна заміна дешевших деталей призведе до різкого зниження величини граничної зміни геометричних форм дорогої деталі. Економічний критерій оцінки граничного використовують для малоцінних деталей та сполучень, але якщо це поєднання не впливає на витрату експлуатаційних матеріалів, наприклад, зношування поршневого кільця по радіальній товщині залежить від збільшення прориву газів у картер, а по висоті — від витрати мастила.

Тоді можна зробити висновок, що використання деталей до настання їх граничного зносу є одним із шляхів підвищення терміну служби двигуна до ремонту. Суттєвим недоліком таких методик є та обставина, що невраховується недовикористаний ресурс базових дорогих деталей агрегатів.

Використання граничних значень показників технічного стану, визначених у різних роботах за технічними критеріями та залежностей показників технічного стану основних сполучень ДВЗ від напрацювання дозволяє визначити середній технічний ресурс деталей, значення яких наведені в табл. 1.8.

Таблиця 1.8 - Граничні значення показників технічного стану основсполучень та середні значення ресурса ДВЗ КамАЗ-740

Показники технічного стану	Граничні значення	Середній технічний ресурс, тис. км
Зношування шатунних шийок, мкм	50	240
Зношування корінних шийок, мкм	60	200
Зазор у шатунних підшипників, мкм	220	150
Зазор у корінних підшипниках, мкм	250	120
Тиск в системі мащення, МПа:		
при 2600 об/хв	0,3	180
при 600 об/хв	0,1	180
Зношування гільз циліндрів, мкм	220	240
Овальність гільз циліндрів, мкм	90	230
Радіальний знос верхнього компресійного кільця, мкм	130	130
Температура камери згоряння ДВЗ,	180	240

З табл. 1.8 випливає, що за основними сполученнями, які визначають ресурс ДВЗ можна розділити дві групи деталей, що відрізняються за вартістю та ресурсом. У КШМ це колінчастий вал і вкладиші, а ЦПГ це гільзи циліндрів і поршні. Колінчастий вал і гільзи циліндрів з поршнями суттєво дорощі за вкладиші та поршневі кільця, а інтенсивність зношування вкладишів та поршневих кілець в 3-4 рази вище ніж у шийок колінчастого валу і гільз циліндрів. В силу цього ресурс базових деталей при надходженні до КР використовується лише на половину, на відміну за повне використання ресурсів дешевих деталей, що швидко зношуються.

Рядом вчених запропоновано розраховувати мінімум витрат на придбання дорогих деталей (колінчастий вал, гільзи та поршні) та підтримання їх працездатності шляхом заміни дешевих та швидко зношуваних деталей (вкладиші та поршневі кільця) [9].

Все це свідчить про технічну доцільність попереджувальних ремонтів, та дороговизну капітальних ремонтів, але періодичність та кількість попереджувальних ремонтів без капітальних ремонтів має бути серйозно обґрунтовано економічно.

### **1.5 Висновки та завдання дослідження**

Приватне підприємство «Автотранском» сьогодні вважається одним із потужних автоперевізних підприємств України. Основною діяльністю даного підприємства є автомобільні перевезення за двома великими напрямками – перевезення нафтопродуктів та перевезення вантажів як в міжміському так і в міжнародному сполученні.

Проведений аналіз технічного обслуговування, за яким працює обране підприємство дозволяє зробити такі висновки:

1. Рекомендовані ЕРЦ двигунів не враховують індивідуального стану, що призводить до недовикористання ресурса ДВС та його складових елементів і, зрештою, перевитрати запасних частин при КР та збільшення трудомісткості робіт, яку важко оцінити кількісно. КР дорогі та не ефективні.

2. Аналіз існуючих методів та засобів діагностування двигунів показав, що вони відрізняються різноманіттям використовуваних діагностичних параметрів,



недостатньою універсальністю та порівняно великою трудомісткістю, що обмежує їх застосування для оперативного діагностування в різних умовах експлуатації.

3. Перспективним напрямком є вимірювання температури камери згоряння циліндропоршневої групи як сполучення, що визначає ресурс ДВС.

Зроблені висновки дозволяють сформулювати такі основні завдання цього дослідження:

1. Обґрунтувати періодичність ПР автомобільних ДВС з урахуванням експлуатаційних витрат.

2. Обґрунтувати залежність частки відновлення ресурса ДВС від трудоемності ПР для планування його обсягу.

3. Розробити алгоритм передремонтного діагностування ДВЗ.

4. Провести техніко-економічну оцінку результатів дослідження

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ

#### 2.1 Дослідження методів визначення періодичності ремонтів за термін служби ДВЗ та обґрунтування критерію оптимальності

На автомобільному транспорті здобули поширення два методи визначення періодичності обслуговування та ремонтів: техніко-економічний та економіко-імовірнісний. Але такі методи є досить застарілі як економічно так і технічно. Тому вчені досліджують та створюють нові методи які будуть розглянуті нижче.

При побудові нових альтернативних методів, формуються такі основні методологічні принципи:

1. оптимальною можна вважати таку систему, яка забезпечує найбільшу рентабельність використання машин;
2. у загальному випадку умовам оптимальності може відповідати лише система, розроблена для окремої машини з розробляною для нею системою та умов експлуатації;
3. при розробці системи ремонту не можна об'єднувати елементи різної довговічності в спілгрянні упи, а потім відшукувати оптимальну систему ремонту, тому що саме у відшуканні оптимальних варіантів об'єднання елементів різної довговічності в групи для одночасної заміни (ремонту) фактично і полягає розробка оптимальної системи ремонту машин;
4. кількість видів планових ремонтів може змінюватись в залежності від терміну служби машини, для якої встановлено оптимальну систему;
5. величини міжремонтних періодів можуть не залишатися рівновеликими протягом усього терміну служби автомобіля.

Існує дві великі стратегії ремонту автомобілів.

При першій стратегії деталь знімається агрегату після вироботки призначеного ресурса  $L$ , який встановлюють виходячи із забезпечення певного рівня ймовірності безвідмовної роботи заданої деталі.

Друга стратегія заснована на примусовій заміні всієї групи деталей при відмові хоча б однієї з них.

Із двох стратегій економічно обґрунтованішою для умов роботи автомобільного транспорту є друга. Проте в обох стратегіях не враховується вартість замін та інші фактори, що робить завдання не коректним, оскільки мінімальні втрати від недовикористання ресурса будуть при замінах по відказу. Крім того, методика будується у припущенні розподілу відмов деталей за нормальним законом, що не завжди відображає фактичний розподіл.

При побудові оптимальної системи ремонту автомобілів необхідно використовувати інформацію про значення витрат та довговічність деталей, а як критерій оптимальності прийнято рентабельність роботи автомобіля. При цьому можна визначити величину загального пробігу автомобіля, пробіг до капітального ремонту (КР), кількість КР. Однак при вирішенні завдання не робилося жодних обмежень щодо рівновеликості міжремонтних періодів та циклів. Отримання досить достовірних результатів пов'язане з проведенням великого обсягу розрахунків робіт і потребує значних витрат часу.

Аналіз вже існуючих методів для побудови оптимальної системи ремонту показав, що їх можна диференціювати на дві великі та самостійні групи залежно від вихідної інформації, яка закладена в основу виконання завдання.

Перша група визначає підхід, при якому система ремонту будується на основі відомих функцій доходу та витрат, що приносяться машиною за період експлуатації. При цьому система ремонту передбачається заданою, а оптимізація зводиться до визначення міжремонтних періодів.

Друга група передбачає використання всьєї інформації про ресурс окремих елементів автомобілів. У такому випадку, економічно обґрунтованим буде структура ремонтів та їх періодичність. Однак не можливо врахувати втрати прибутку або доходу, що приноситься таким автомобілем при недовикористанні ресурса.

При побудові оптимальної системи ремонту автомобільного транспорту необхідно синтезувати обидва підходи в один, тобто одночасно використовувати інформацію про значення функцій витрат і доходу, а також інформацію про ресурс елементів автомобіля, отриману за результатами діагностування.

Важливо, що такі методи складні для практичного застосування, або містять дуже малий відсоток оптимізації. Тому у цій роботі ставиться завдання розробки критерію оптимальної стратегії ремонту для коригування за результатами діагностування на основі теорії МІС структури технічних впливів за весь термін служби ДВЗ з використанням запобіжних та капітальних ремонтів.

Також буде проводитись економічний аналіз втрат через простої в ремонті, на заміну зношених елементів, внаслідок недовикористання ресурса деталей та сформульовано математичну постановку завдання. Визначаючи оптимальний перелік деталей та агрегатів двигуна, що замінюються, з використанням інформації про їх довговічність та вартість відновлення працездатності, необхідно мінімізувати питомі витрати на ТО і ПР двигуна в цілому.

Узагальнюючи наведені методи, критерій оптимальності можна виразити цільовим функціоналом виду (критерій оптимальності ремонту):

$$C_{\text{уд}} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{C_{pi} + C_{oi}}{\tau_i} \right) + \frac{t_{np} \cdot C_{np}}{\tau_{\max}} + \sum_{\tau'_{\max} - \tau'_i} C'_{np_i} \rightarrow \min, \quad (2.1)$$

де Суд, — сумарні вартості відповідно до попереджувального ремонту, усунення відмови, втрат прибутку або доходу, що приносить двигун при недовикористанні ресурса;

n — кількість змінних комплектів у двигуні;

$t_{np}$  — міжремонтне напрацювання (пробіг) комплекту до ПР;

$p_r$  — сумарний час простою автомобіля з технічних причин;

$C_{np}$  - середня вартість простою автомобіля при ПР.

Для оцінки важливості складових питомих витрат може бути створено аналіз статистичних даних експлуатації ДВЗ. Можна розрахувати, що при певній (оптимальній) кількості замін дешевих деталей до ПР або КР абсолютні витрати в чисельнику практично не залежать від напрацювання, мінімум цільової функції настає при максимальному значенні знаменника, це означає, що міжремонтний пробіг для використання всього потенціалу повинен бути максимальним. Для визначення раціонального ресурса дорогих деталей доцільно використовувати економічний критерій — тобто мінімальними сумарними питомими витратами на їх придбання та підтримання у працездатному стані шляхом заміни окремих

дешевих деталей. Для визначення напрацювання до цього мінімуму і проводиться аналіз напрацювання комплектів дешевих деталей та агрегатів до заміни при неремонтованих та незамінених дорогих деталях на рівні сполучень з урахуванням взаємовпливу. Поряд із вибором методу ремонту вирішується і питання комплектування змінних комплектів для відновлення працездатності автомобільних ДВЗ. При цьому вводяться такі обмеження:

1. час на заміну комплекту має бути обов'язково меншим часу усунення відмови;
2. ресурси деталей та сполучення комплекту повинні бути близькими або кратними;
3. різниця в міжремонтних ресурсах різних комплектів повинна бути досить великою.

Таким чином, методи управління структурою технічних впливів за весь термін служби агрегатів (ДВЗ) не враховують їх недовикористаний ресурс, що дуже впливає на оптимальність прийнятого рішення з точки зору питомих витрат, і через це є недостатньо гнучкими і трудомісткими.

## **2.2 Моделювання відновлення працездатності ДВЗ за допомогою графічного методу**

Відновлення працездатності ДВЗ (як окремої системи) можна вважати паралельним процесом, тому що воно завжди пов'язане з ремонтом ЦПГ, КШМ, системи живлення та мащення. Структурно відновлення працездатності, як і ПР, багатоваріантне і проектування маршрутів ПР без інформації про стан сполучення неможливе. Такий підхід дозволив створити структуру процесу організації ПР у вигляді дерева різних альтернатив. Можна поділити на дві основні групи за їх призначенням. Перша група відповідає за генерацію та синтез усіх можливих варіантів продовження розробки ПР на кожному етапі. Друга група підсистем вирішує завдання вибору найкращого варіанта ПР для кожного конкретного ДВЗ у конкретних умовах виробництва. Заміна або відновлення деталі сполучення є одиничною подією під час програмування та проектування структури ремонтного циклу. Спочатку використовуються дані діагностування, що вказують на

необхідність проведення ПР або КР. Вони подаються у вигляді закодованої інформації під час програмування. Розшифрована інформація про стан сполучення звіряється з інформацією, яку було внесеною до бази комп'ютера і у випадку її невідповідності формують варіант необхідного технічного впливу. Пошук усієї інформації про таке сполучення дає змогу сформувавши безліч технічних впливів або варіантів ремонту. Такі самі дії виконуються і з іншими підсистемами ДВЗ. З кожним наступним кроком проектування інформація деталізується та накопичується по всім підсистемам.

Реалізація вище наведених умов синтезу варіантів ПР є складним завданням через неминучість аналізу станів сполучення ДВЗ у підсистемах, що претендують для їх об'єднання в структуру ПР. Розв'язання можливе в використанні теорії мереж Петрі, вона дуже швидко розвивається в даний час і була розроблена саме для комп'ютерного моделювання систем із взаємодіючими паралельними процесами. Безліч позицій для моделювання підсистем синтезу комплексів відновлення та технічних робіт виступають як події, що визначають можливість або неможливість включення кількох відновлювальних робіт в один комплекс відновлювальних робіт.

Взаємодія компонентів системи в реальному часі можна описати в — диференціальному рівнянні, а у дискретному — рівняннями в кінцевих різницях та нерегулярному (подійному) часі, коли час відраховується лише в моменти створення подій, які змінюють стан. Такий спосіб відновлення працездатності в ДВЗ є найбільш економічним, але складним з точки зору аналітичного опису. Система, що моделюється, є сукупністю компонентів, що мають власні окремі стани. Зміна їх технічних станів може здійснюватися за допомогою заміни окремих деталей або регулюванням. Серед них можна виокремити три різних класи стану: зовнішні, спряжені та внутрішні. Стан першого класу деталей важливий для планування ремонтних циклів ДВЗ. Це окрема сукупність сполучень станів елементів ДВЗ, що знаходяться під впливом зовнішніх факторів — виробничих умов відновлення працездатності. Зміна стану внутрішніх систем та механізмів ДВЗ залишає відбиток на функціонуванні інших систем, ці стани важливі лише з погляду дослідження їх технічного стану.

Систему яку досліджуємо є сукупністю процесів, в термінах динамічного моделювання вона описана у вигляді послідовностей взаємодії з елементами суміжних об'єктів системи.

На рис. 2.1 представлено взаємодію систем, зазначені стани показані суцільними (зафарбованими) колами.

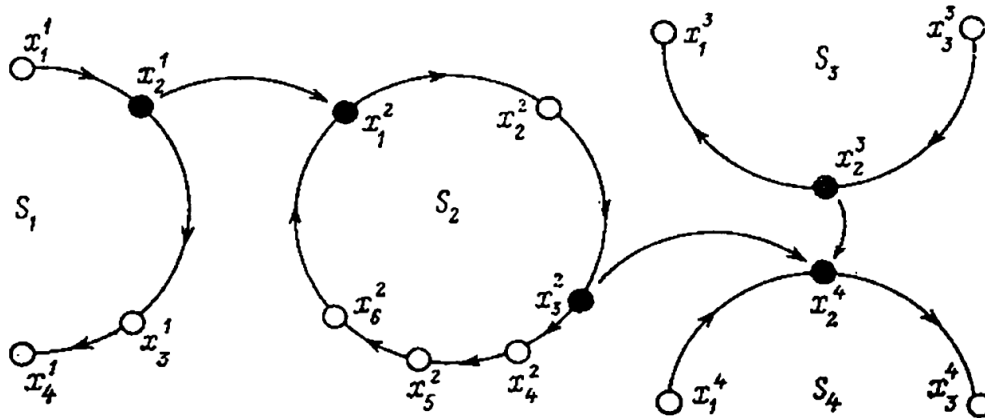


Рисунок 2.1 - Взаємодія елементів системи через сполучені стани

Стан системи S1 ініціює запуск системи S2, стан якої разом з станом системи S3 ініціюють запуск системи S4.

Взаємодію можна представити графом, зображеним на рис. 2.2.

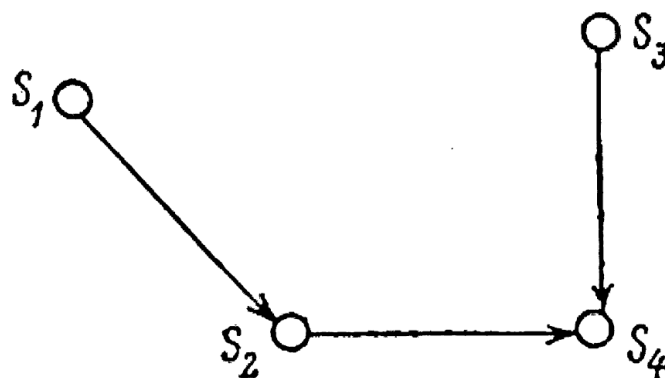


Рисунок 2.2 - Граф взаємодіючих систем

В даному випадку можна говорити про динамізацію графової статичної моделі систем ДВЗ через динамічні системи S, (мащення, живлення, КШМ та ЦПГ). Модель такої системи може бути отримана засобами мов програмування та

серйозного програмного забезпечення. Крім того важливою є послідовність зміни стану систем. Моделювання цих процесів можна здійснити, присвоєвши кожному стану  $X_k$  спеціальний параметр порядку, тобто розглядаючи розширений стан  $k, k - 1, \dots, n, i$  впорядковуючи параметри  $u$ .

Вирішенням проблеми взаємодії паралельних процесів може бути метод «рандеву». Основною перевагою такою методом є чіткість функціонування моделюваної системи з паралельними процесами, так як синхронізація виступає умовою взаємодій. Але чітка синхронізація процесів потребує побудови нових паралельних процесів.

В свою чергу механізм «моніторів» полягає в розробці моделі яка буде проводитись незалежно від проектування інших процесів, але в такій системі не існує механізмів синхронізації, проте це не дуже важливе для систем, які побудовані з незалежних процесів. Метод моделювання, який інтегрує такі підходи - це метод який заснований на діаграмах Ганта. Для проведення ремонту двигуна вже відома черговість операцій  $n$ , та тривалість (трудомісткість)  $T^j$  кожної операції на кожній одиниці обладнання. Сукупність векторів  $T^j$  на площині для фіксованого утворює діаграму Ганта (рис. 2.3).

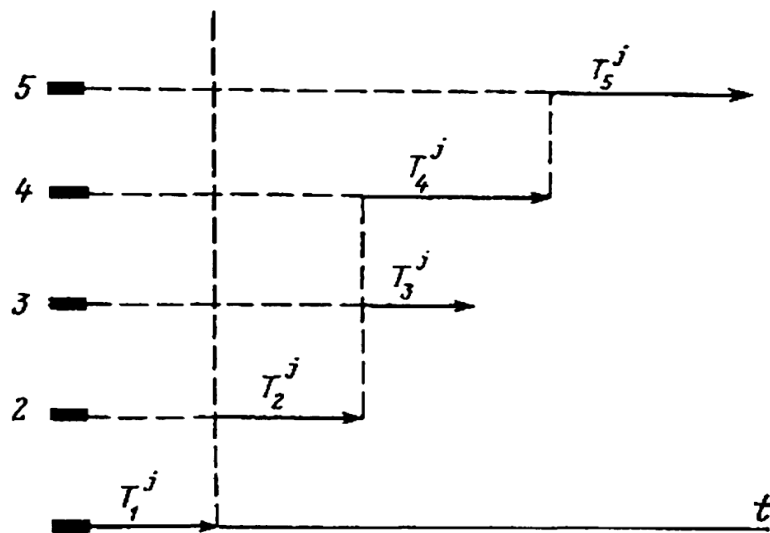


Рисунок 2.3 – Діаграма Ганта

Діаграма Ганта — це статичний портрет на якому відображається динаміка ремонтних дій. Вона створює уявлення про тимчасові співвідношення та взаємозв'язок між процесами необхідними для відновлення працездатності. Важливим є той факт, що за допомогою діаграми Ганта, можна визначити час простою та час завершення циклу відновлення працездатності кожної із систем



(механізмів)  $S$ . Ці данні відіграють велику роль в оцінці організації технологічних та інформаційних процесів, а також оцінці трудомісткості та вирішенні завдань планування виробництва.

Для складних систем з паралельними процесами, наприклад ДВЗ, необхідно створювати багатовимірні діаграмами Ганта, що являють собою вкладений в тривимірний евклідовий простір з осями  $i$ ,  $j$ ,  $t$  та набір векторів  $T$ , визначених схемою ремонту двигунів (рис. 2.4).

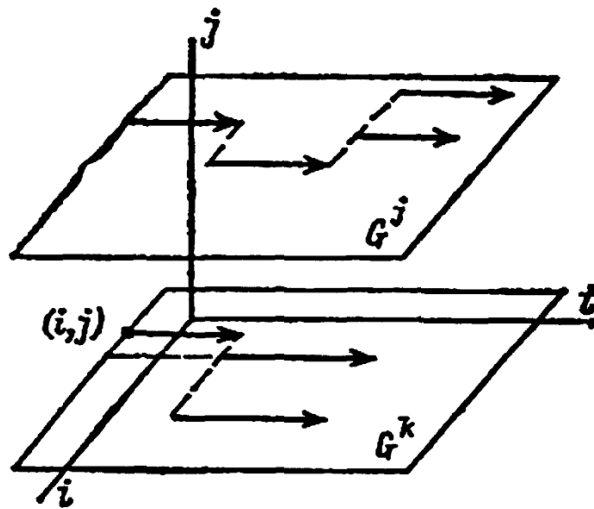


Рисунок 2.4 - Багатовимірна діаграма Ганта

Багатовимірна діаграма Ганта (БДГ) описується системою, де нерівність запроваджена для реалізації умови неперетину:

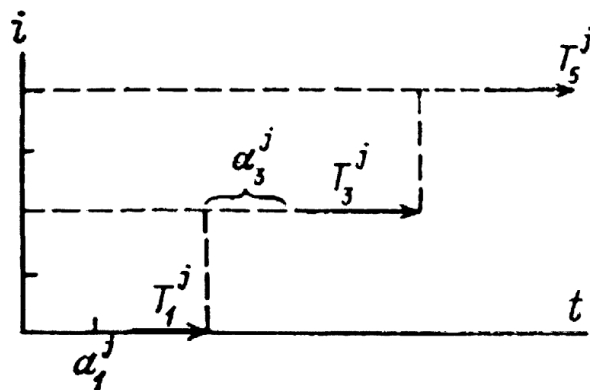


Рисунок 2.5 - Параметри простою перед операціямивідновлення деяких складальних одиниць ДВЗ

БДГ - це модель яка показує процес функціонування ремонтних циклів ДВЗ. Для вирішення задачі необхідної для оптимального планування все зводиться до мінімізації цільової функції.

З допомогою цього можна буде розрахувати значення пробігу до попереджувального ремонту (або КР), і можна буде використовувати як орієнтири для діагностування, метою якого буде визначення залишкового ресурса двигуна. Використання мережевих методів планування ремонтів за допомогою урахування паралельності процесу ремонту можуть дозволити обґрунтувати залежність частки відновлення ДВЗ при попереджувальному ремонті від трудомісткості технічних впливів, а не через підсумовування трудомісткостей окремих операцій.

На рисунку 2.6 визначені коефіцієнти та параметри експоненційних залежностей для трьох різних груп двигунів.

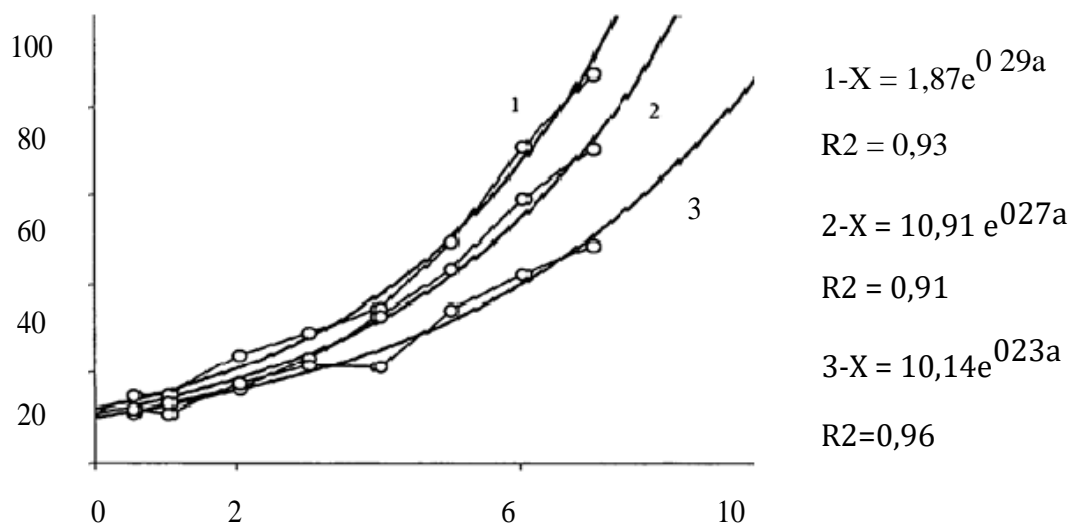


Рисунок 2.6 - Залежність частки відновлення ресурса ДВЗ від трудомісткості ПР:

- 1 ДВЗ «нові» - 25 од.;
- 2 ДВЗ після ПР - 22 од.;
- 3 ДВЗ після КР - 21 од.

Тобто при ремонті систем двигунів трудомісткість повинна визначатися не алгебраїчною сумою трудомісткостей кожної з них, а експоненціальною залежністю [16].

Таким чином дослідження питань, пов'язаних з системним уявленням проблеми технологічного забезпечення ремонтно-виробничих систем стало

складним питанням у комплексному здійсненні робіт в галузі комп'ютеризації ЕРЦ. Без здійснення загальносистемного концептуального підходу неможливо домогтися створення системи планування ЕРЦ, що охоплює всю сукупність робіт із проектування та реалізації технології.

### **2.3 Аналітичне обґрунтування параметра діагностування та розробка пристрою для оцінки технічного стану циліндропоршневої групи**

В даний час створено чимало способів та засобів визначення технічного стану сполучень в двигуні. Технічний стан сполучень двигуна без його розбору оцінюють по величині їх зносу сполучень. Ступінь зношування та потребу в ремонті двигуна можна встановити за рядом непрямих ознак, це може бути: витрата палива, моторного масла, падіння тиску в системі мащення або падіння потужності. Зрозуміло, що точність такого діагностування дуже відносна, і не показує весь стан і ступінь зношеності циліндропоршневої групи двигуна та не може провести оцінку проведеного ремонту або забезпечити інформацією, яка дозволяє спрогнозувати залишковий ресурс ЦПГ.

З'єднання в двигуні циліндр - поршневе кільце можна віднести до саморозвантажувальних, через тиск на поверхні тертя який в міру зношування пари зменшується в ході експлуатації. Зношування циліндрів і поршневих кілець за однакових зовнішніх умов роботи залежить від дії двох основних факторів: тиску газів та пружності поршневих кілець. Зниження потужності двигуна відбувається через зменшення ущільнюючої здатності поршневих кілець, герметичність камери згоряння, пружності поршневого кільця та зміни форми гільзи. Якщо відхилення форми гільзи в поперечному перерізі зростає, а пружність кільця зменшується, то це відразу змінює параметр його прилеглості до гільзи. Зазор між кільцем і гільзою пропорційний зносу гільзи на величину  $d$ , тоді зазор у стику кільця збільшиться на величину  $dk$ . Тому залежність прилеглості поршневого кільця до гільзи є лінійним. За експериментальними даними, тиск стиснення та згоряння зменшується пропорційно площі просвітів. Такі закономірності справедливі за величиною відносної площі просвіту до 10%. Тобто інтенсивність

зношування робочої пари циліндр – поршневе кільце зменшується впродовж всього пробігу за експонентним законом.

Наступним етапом для обґрунтування параметрів діагностування повинна бути розробка діагностичного пристрою та з його допомогою здійснення оцінки технічного стану камери згорання.

В даний час відомий лише один досконалий практично створений пристрій для безрозбірної оцінки циліндропоршневої групи ДВЗ - компресометр. Манометр цього пристрою змонтований у корпусі, закріпленому на ДВЗ, що перевіряється, замість форсунки в дизельному або свічки запалювання в бензиновому двигуні. Під час перевірки за допомогою стартера обертають двигун, а загвинчений манометр вимірює створений тиск. Проте компресометр не можна охарактеризувати високою точністю, на його роботу впливає герметичність клапанів, а також частота обертання колінчастого валу. До всього цього він складний конструктивно, вимагає високої кваліфікації від оператора, а також його легко пошкодити.

В наш час ведеться розробка інших пристроїв для діагностування двигуна без його рзбирання. У 2010 році було отримано патент на корисну модель № 95827 для створення діагностування двигуна, а саме стану циліндропоршневої групи за температурою в камері згорання. У дизелях температура під час такту стиснення є важливим фактором, оскільки його робота без цього не можлива а низька тмпература впливає на його ефективність та економічність [13].

Схематичний вигляд цього пристрою наведено на малюнку 2.7. Розглянемо його будову, вона досить проста: пристрій містить термопару 1, закріплену в корпусі 2. Можна використовувати корпус штатної форсунки конкретного ДВЗ або свічки запалювання, якщо вона забезпечує легкознімне, але герметичне кріплення до двигуна, або можна скористатись і корпусом комплектним з приладом, він створений стандартним і підходить майже для всіх автомобілів. Якщо так, то термопара кріпиться до частини корпусу пристрою, вгвинченого в камеру згорання ДВЗ 3. Термопара 1 за допомогою приєднаного до неї дроту, прокладеного в каналі 4 корпусу 1, пов'язана з блоком реєстрації 5, що розміщується у будь якому зручному для огляду місці. Блок реєстрації включає цифровий перетворювач сигналу від термопари до одиниці температури.

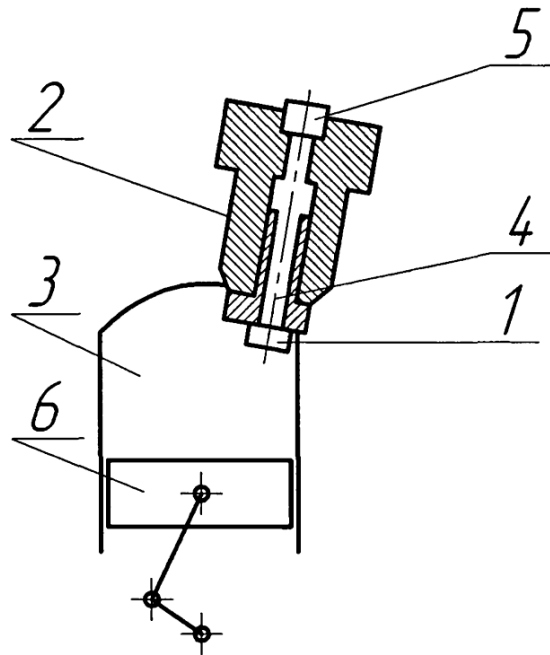


Рисунок 2.7. Влаштування діагностики ДВЗ: 1- термопара; 2 - корпус; 3 - камера згоряння; 4 - канал; 5 - блок реєстрації; 6 - поршень.

Для роботи пристрою двигун необхідно запустити в режим холостого ходу (850 хв-1), під час цього паливо-повітряна суміш нагріває камеру згоряння 3 приблизно до температури 200°C. Тоді прилад починає фіксувати та передавати параметр температури, при його зниженні температури на 50° і більше (для ДВЗ КамАЗ це 10°C) від нормативних значень робочих температур, вносяться данні про несправність та необхідність поглибленого діагностування ЦПГ. Значення температури в камері згоряння можна перетворити на параметр величини зносу циліндро-поршневої групи за пропонованою залежністю. Такий прилад допомагає збільшити точність та інформативність діагностування ЦПГ двигуна. Заліжність створила граничні значення температури в камері згоряння перед ПР - 200 град. С, і перед КР – 180 град.С. На думку багатьох вчених цей прилад дозволяє отримати більш достовірну інформацію ніж манометр про стан ДВЗ.

## 2.4 Висновки

1. Аналіз критеріїв варіантів ремонту та методичні принципи по-будови ЕРЦ дозволили обґрунтувати критерій оптимальності ремонту ДВС, що враховує не до використаний ресурс ДВС.

2. Планування ЕРЦ доцільно проводити з використанням теорії

багаторівневих ієрархічних систем, та теорії мереж Петрі.

3. При визначенні трудомісткості для планування відновлювальних робіт для всіх груп ДВЗ доцільно використати отриману експоненційну залежність, яка враховує частку відновлення системи ДВЗ.

4. Використання засобу контролю технічного стану циліндропоршневої групи за температурою в камері згоряння без запалення є додатковим параметром оцінки стану ДВЗ. Новизна устрою діагностики підтверджена патентом.

## РОЗДІЛ 3

# МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ЇЇ РЕЗУЛЬТАТІВ

### 3.1 Оцінка значимості питомих витрат за технічні обслуговування та ремонт ДВЗ та статистичних даних

Метою експлуатаційних досліджень є збирання та обробка статистичних даних щодо надійності деталей ДВЗ. В даній магістрській курсовій роботі буде розглядатись питання таких досліджень на прикладі автомобіля КамАЗ—740, буде створене обґрунтування періодичності ремонтів, аналіз експлуатаційних витрат при проведенні різних технічних впливів, розробка за діагностичними параметрами нових маршрутних схем для відновлення працездатності двигунів, розробка технології проведення попереджувальних ремонтів , періодичності. Перелік питань, що підлягають розробці, відображено у схемі загальної методики дослідження, посилення (рис.В.1, Додаток В).

Для оцінки структури питомих витрат та значущості складових їх доданків необхідно проаналізувати статистичні дані експлуатації ДВЗ, враховуючи всю кількість факторів, що впливають на експлуатаційні витрати.

Розглядали вартість ремонту для усунення відмови, залишкову вартість визначали ступенем зношування та можливістю відновлення деталі. Ступінь зносу умовно приймали еквівалентну частку реалізованої вартості деталі. При заміні деталей через знос або пошкодження визначали їх залишкову вартість, еквівалентну ресурсу і враховувати у витратах при недовикористанні ресурса.

Аналіз статистичних даних усунення несправностей дозволив умовно виділити три основні групи за трудомісткістю відновлювальних робіт: несправності, що усуваються за одну робочу зміну (трудомісткістю до 8 чол. Ч.); несправності, що усуваються за дві робочі зміни (трудомісткістю до 16 чол. Ч.); несправності, що усуваються за три робочі зміни (до 24 чол. Ч.).

Підсумком стало коригування структури експлуатаційно-ремонтного циклу з пр за техніко-економічним критерієм. Приймавши за 100% витрати на забезпечення працездатності двз однієї зі схеми структур, підраховувалися

витрати на забезпечення працездатності двигунів за іншими структурами у відсотках. Структура з мінімальними витратами на забезпечення працездатності ДВЗ за весь термін служби вважалася раціональною.

Під час проведення експериментальних досліджень з виявлення залежностей між будь-якими параметрами, важко враховувати вплив всіх факторів. Експериментальні дані не можуть бути детермінованими, це означає що кожному значенню аргументу відповідає не суворо певна величина функції, а закон її розподілу. Межі даних обумовлені впливом неврахованих факторів, різницею у кваліфікації водіїв та технічному стані агрегатів нового автомобіля, навантаженні та ін.

### 3.2 Обґрунтування періодичності попереджувальних ремонтів за термін служби ДВЗ

При проведенні дослідження надійності двигунів КамАЗ трьох різних груп, а саме: не ремонтованих, після КР та після ПР. Розподіл причин зняття двигуна з автомобіля наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Розподіл причин зняття дизелів КамАЗ-740 в КР,%

№	Найменування	До КР	Після КР	Після ПР
1	Зношування КШМ	11	9	29
2	Зношування ЦПГ	28	11	49
3	Зношування головок циліндрів	6	3	11
4	Руйнування головок циліндрів	7	9	0,5
5	Тріщини і задири гільз циліндрів	11	21	3,5
6	Руйнування блоку двигуна шатуном	3	14	1
7	Прокручуваннявкладишів:	9	9	2
		корінних шатунних	26	24



Багато двигунів мали поєднання дефектів, які були наслідками одного з аварійних пошкоджень. Після першого КР збільшується частка дефектів аварійного характеру, а через зношування вибраковується менше ДВЗ, ніж двигунів першої та третьої груп. Цей факт пояснюється низькою якістю ремонту. Навпаки, двигуни після ПР знімають у КР в основному через знос деталей, їх ресурс на 20...25% вище ніж ресурс двигунів другої групи, які надходять у повторний КР. Більший відсоток зняття двигунів першої та третьої груп з причин зносу пояснюється не стільки більшим напрацюванням до КР, скільки більшою часткою раптових аварійних відмов двигунів другої групи. Недостатня гнучкість ПР автомобілів обертається значним недовикористанням потенційних можливостей двигунів, а їх працездатність забезпечується дорогими капітальними ремонтами (на порядок вище вартості ПР).

Параметри розподілу пробігу двигунів до КР з різних причин мають значну дисперсію та наведені у табл. 3.2. Без урахування 20% двигунів, в яких до першого КР були замінені вкладиші та поршневі кільця, а середній пробіг двигунів до першого ремонту складає 130 тис. км (але середнє відхилення складає близько 50 тис. км).

На рис. 3.2 представлені криві розподіли пробігу до КР, одержані шляхом математичної обробки статистичних даних, що дозволяють визначити ймовірність роботи двигунів до КР.

Таблиця 3.2 – Параметри розподілу пробігу ДВЗ КамАЗ-740 до КР

Пробіг	Середнє значення, тис. км	Середньоквадратичне відхилення, тис. км
Загальний до першого КР	172,2	84,8
Загальний до повторного КР	103,5	55,9
До першого КР через аварійні пошкодження	151,9	75,4
До першого КР за ознаками зношування	203,7	98,9

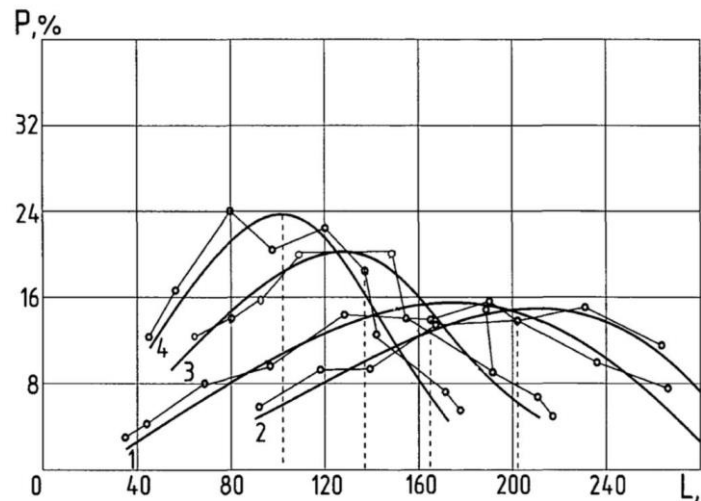


Рисунок 3.2 – Розподіл пробігу  $L$  до КР двигунів: 1 - загальна до першого КР; 2 - до першого КР за ознаками зносу; 3 - до першого КР по причині аварійних пошкоджень; 4 - до повторного КР

Вимірювання показників технічного стану двигунів доставляних у ремонт допомогло визначити параметри їхнього розподілу, по їх даним можна визначити ступінь зносу деталей. Зношування шатунних шийок у площині кривошипу в двигунах старого та нового сімейства КамАЗ у середньому в 1,5 рази більше, ніж у перпендикулярній площині. Ця різниця через зростання овальності шатунних шийок колінчастого валу в процесі експлуатації. Для корінних шийок також характерне нерівномірне зношування та утворення овальності. Зі зростанням зазору падає тиск у системі мащення і підвищується ймовірність аварійних пошкоджень (перегрів, задирів та провертання вкладишів). Як правило, відновлення шийок (шліфування під ремонтний розмір або заміна колінчастого валу) пов'язана з великими витратами.

Аналогічні процеси протікають і в інших сполученнях циліндропоршневої групи. Зношування поршневих кілець, поршнів, гільз супроводжується підвищенням витрати мащення на угар та концентрацією абразивних частинок (особливо при підвищеній запиленості та неякісному очищенні повітря).

Іноді трапляються відмови, які умовно можна вважати незалежними: вони негативно впливають на працездатність інших елементів.

Планування попереджувальних ремонтів, розрахунок річної кількості та номенклатури запасних частин спрощується і з допомогою цього структурам ЕРЦ надається гнучкість при врахуванні коефіцієнтів повторюваності замінних

деталей, визначених для поточного ремонту двигунів. З урахуванням статистичної інформації з технічних впливів близько 87 двигунів КамАЗ-740 номенклатура замінних деталей при ПР включає вкладиші колінчастого валу, поршневі кільця, прокладки головок блоку циліндрів, ущільнювальні кільця гільз циліндрів, сальники складальних одиниць системи мащення, відновлення працездатності водяного насоса, шліфування з наступним притиранням фасок клапанів і сідел, очищення шатунних шийок з постановкою нових заглушок. При необхідності допускається заміна окремих гільз циліндрів та поршнів, можливий також супутній ремонт. Даних щодо ДВЗ КамАЗ-ЄВРО поки що недостатньо, але й наявна інформація щодо середнього напрацювання на відмову деталей ЦПГ та КШМ дозволяє зробити висновок про доцільність попереджувального ремонту.

На рис. 3.3 наведено можливості роботи двигунів КамАЗ-740 до КР для трьох визначених груп: не ремонтваних; після ПР; після КР.

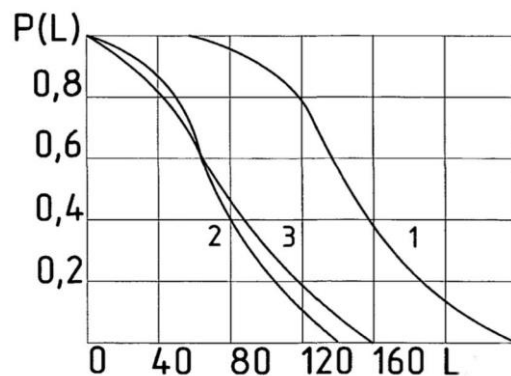


Рисунок 3.3 – Можливість роботи двигунів КамАЗ-740 до КР: 1 - не ремонтвані; 2 - після ПР; 3 - після КР

Надійність роботи двигунів після ПР майже така, як і після КР і в перший період до пробігу 50 тис. км навіть дещо вище, ніж у капітально відремонтованих двигунів. Тобто КР не є 100% ефективним засобом в усуненні несправностей. Результати обробки статистичних даних із загального напрацювання з початку експлуатації до першого КР в яких було проведення профілактична заміна вкладишів та поршневих кілець на вибірці з 87 двигунів показала, що загальний пробіг збільшився і становить у середньому 210 тис. км. Якщо прийняти гамма - відсотковий ресурс при регламентованій ймовірності  $y = 80\%$ , то можна гарантувати, що після попереджувального ремонту пробіг до виходу в наступний ремонт становитиме не менше 39,5 тис. км. Переваги стратегій, передбачені

попереджувальним ремонтом можна проілюструвати змінами параметра двигуна, виміряними за загальноприйнятою методикою (рис.3.4).

Середня трудомісткість попереджувального ремонту становить 24...26 чол.ч., вартість близько 10 тис. грн. в умовах АТП та спеціалізованих ремонтних підприємств. Зміни абсолютних і питомих витрат на ремонт двигуна в залежності від пробігу, з врахуванням можливого відказу розглянутих деталей наведено на рис. 3.5.

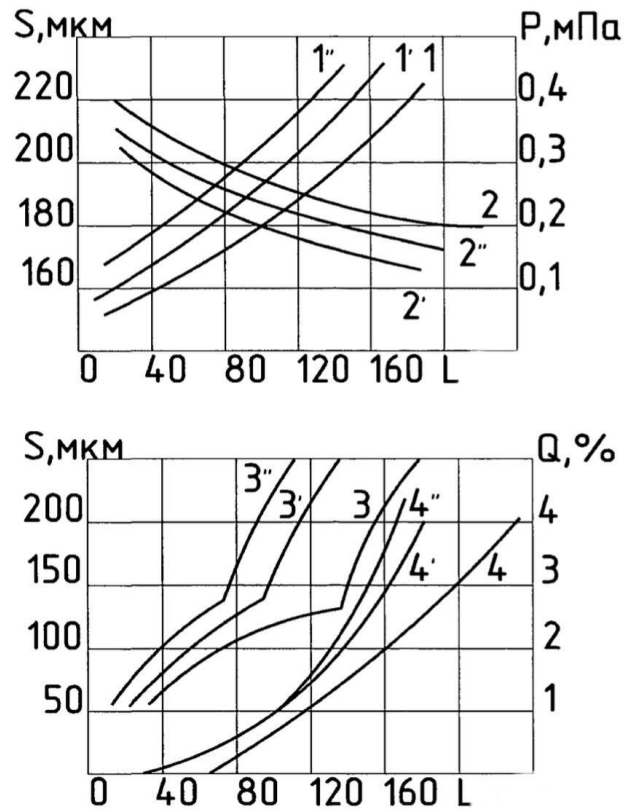


Рисунок 3.4 – Зміни від пробігу:

1 - зазору у шатуних підшипниках; 2 - тиску системі мащення; 3 - радіального зносу кілець; 4 - витрати мастила на угар

Цифри без штриха - ДВЗ не ремонтвані, з одним - після ПР, з двома - після КР

Повсюдне впровадження попереджувальних ремонтів могло б дозволити збільшити ресурс двигунів КамАЗ-740 майже в 1.5 рази. З наведених даних очевидна технічна та економічна доцільність та висока ефективність проведення ремонту двигунів за результатами діагностування. Окремим завданням є експериментальний аналіз критерію оптимальності варіанта попереджувального ремонту. Через зміну доданків в широких межах виникла необхідність у

диференціації трудомісткостей для усунення виниклих несправностей на три основні групи (рис. 3.5):

- несправності, що усуваються за одну робочу зміну до 8 чол.ч.;
- несправності, які потребують трудомісткості усунення до 16 чол.ч.;
- несправності, що вимагають трудомісткості усунення до 24 чол.

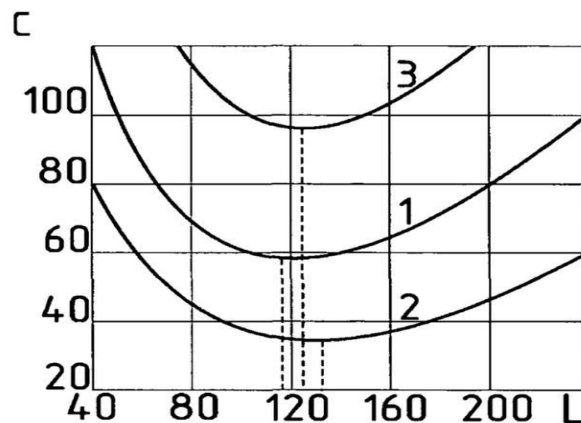
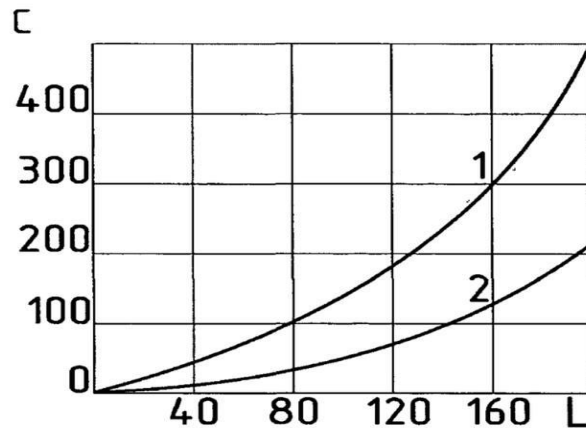


Рисунок 3.5 - Залежність абсолютних (C) та можливих (C1) витрат на ремонт: 1 - підшипників колінчастого валу; 2 - циліндропоршневої групи; 3 - сумарних витрат від напрацювання до ПР

Для кожної з цих трьох груп визначили середні витрати та їх складові у відсотках, опрацьовуючи ці статистичні дані. Виявилось, що для несправностей двигунів третьої групи у структурі питомих витрат дуже великі витрати через простої автомобілів, вони становлять майже 33%. Витрати на ремонт, усунення несправностей, створення та підтримання оборотного фонду для цієї групи становлять близько 65% (табл. 3.4). Так як трудомісткі відмови характерні для ДВЗ з пробігом більше ніж 130...150 тис. км, то витрати, при недовикористанні такого ресурса його деталей невеликі (до 2%).

Таблиця 3.4 - Структура витрат несправностей ДВЗ різних груп

Група відмови	Витрати,%		
	на ремонт	через простой	через недовикористання ресурса
1	55	25	20
2	63	30	7
3	65	33	2

Запропоновані ЕРЦ за критерієм оптимальності ремонту можуть бути декількох варіантів: без КР, з одним КР, декількома ПР за весь термін служби. Все залежить від технічного стану конкретного двигуна, визначеного за результатами діагностування із запропонованою періодичністю. Схеми структур з урахуванням отриманої динаміки зміни напрацювання без КР або з одним КР, питомої вартості ремонтів наведено на рис. 3.6.

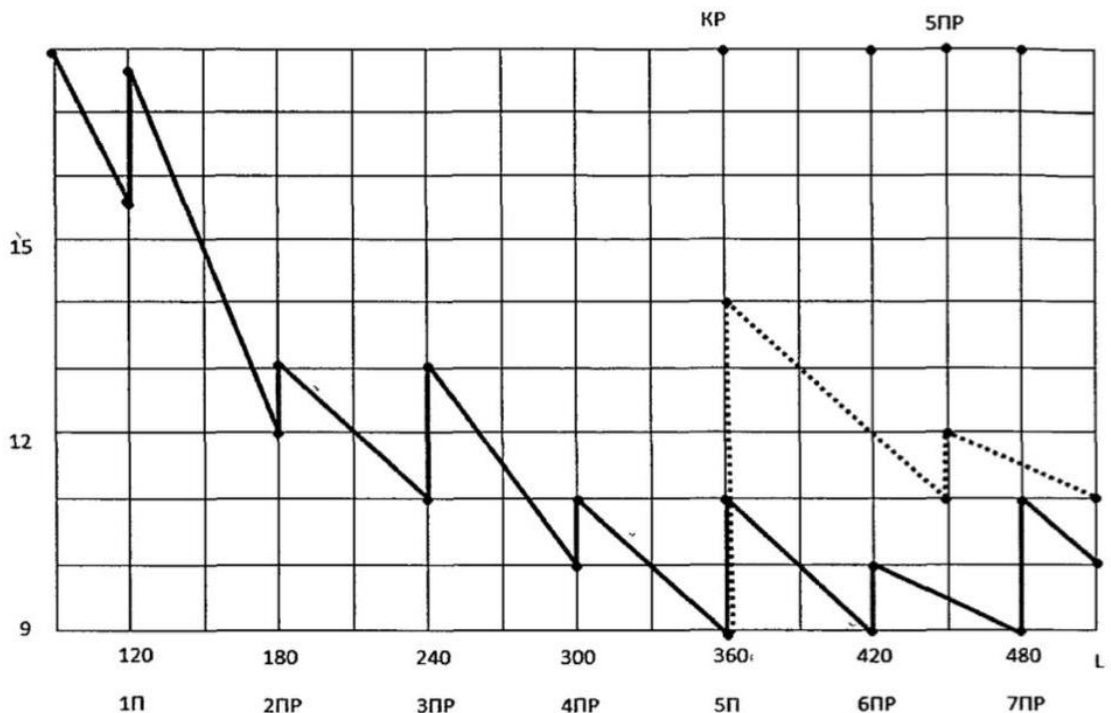


Рисунок 3.6-Зміна середніх сумарних витрат проведенням ПР та ПР з одним КР

Пунктирною лінією показано динаміку зміни витрат ЕРЦ з одним КР, а до пробігу 360 тис. км. вона збігається зі структурою без КР. Попередній аналіз двигунів автомобілів КамАЗ показав, що значення напрацювання з КР вище, ніж із забезпеченням працездатності тільки попереджувальними ремонтами. В такому випадку експлуатаційні витрати знижуються на 11%.

Стандартний пакет прикладних програм Excel можна використовувати під час планування обсягу ПР, індивідуально для кожного двигуна з урахуванням його

фактичного технічного стану. Для розрахунків на комп'ютері необхідно вводити фактичні значення параметрів технічного стану двигуна, які були отримані під час діагностування.

Отримані схеми ЕРЦ можуть відрізнятися послідовністю проведення ПР та КР, складом та трудомісткістю відновлювальних робіт. На основі аналізу експлуатаційних витрат вони можуть включати один КР з кількома ПР (показано пунктиром) або кілька попереджувальних ремонтів без КР (рис. 3.6).

### **3.3 Обґрунтування бази даних показників технічного стану ДВЗ перед запобіжними та капітальним ремонтами**

Процес побудови бази даних складається з трьох основних: складання списку даних, структурування списку і перевірка на відповідність показників. За результатами такого проєтування, можна створити базу даних у вигляді таблиці з діагностичними показниками двигунів перед ПР та КР. Структурування показників технічного стану двигуна це завдання з формування набору показників, які можуть охарактеризувати технічний стан ДВЗ при ПР (або КР) з диференційованою номенклатурою деталей, які замінюються і відновлюються. На проміжних етапах проєктування ремонтного циклу необхідний аналіз, через недостачу інформації про різні діагностичні параметри. У таких умовах виникає необхідність доповнити чи «форматувати» вихідну інформацію відповідно до кінцевої мети — обґрунтування періодичності періодичних ремонтів. Математичний апарат необхідний для вирішення цього завдання – це факторний аналіз, він сповна розкриє логічну структуру процесу. Факторний аналіз дозволяє розділити взаємозалежні та взаємозамінні ознаки від незалежних, а також здатний перевіряти взаємозв'язок у спроектованій системі ЕРЦ.

Пристаюючи до вивчення сформованої таблиці, яка відображає використання даних, був проігнорований факт, пов'язаний з витіканням гіпотези її подальшої перевірки з використанням факторного аналізу для виявлення походження прихованих закономірностей.

Такі дії були зумовлені цілями використання факторного аналізу як математичного апарату, який передбачає визначення основних наближених

характеристик закономірностей, що лежать в основі фізичних процесів та формулюють висновки необхідних напрямів подальшого дослідження. Такий підхід є найбільш вдалим на ранніх стадіях утворення системи планування ЕРЦ. Використання факторного аналізу, як математичного аналізу передбачає розгляд обмежень, пов'язаних з його застосуванням до об'єкта, який досліджують, як який виступає в ролі таблиці, що відображає відповідність списку даних і етапів планування ЕРЦ. Найчастіше використовують коефіцієнт кореляції змішаного моменту Пірсона, в його основі лежить припущення, що досліджувана залежність, має лінійний характер, хоча на практиці досліджувані залежності можуть мати більш складний характер. Факторний аналіз виконує роль інструменту початкової стадії дослідження, він не визначає точне значення коефіцієнта кореляції, але створює загальне розташування виявлених факторів.

Друге обмеження - це поняття генеральної статистичної сукупності і вибірки з неї, тобто якою мірою можна судити про сукупність параметрів перед попереджувальним ремонтом на основі зробленої вибірки. Експериментальна вибірка, за допомогою якої проводять факторний аналіз, має бути репрезентативною для відповідної сукупності параметрів. Проте, коли йдеться про вивчення тих чи інших закономірностей або структур, які лежать в основі інформації, що цікавить нас, тоді беруться вибірки не стільки представницькі в статистичному сенсі, але односторонні. Такий метод з більшою ймовірністю буде відповідати цілям дослідження.

Таким чином, вище наведені дослідження дозволяють зробити висновок про коректність використання інструменту факторного аналізу для необхідного завдання та обґрунтувати структуру бази даних для створення оптимальних ЕРЦ з потрібною періодичністю попереджувальних ремонтів автомобільних двигунів метою якого є скорочення експлуатаційних витрат.

Спершу розглянемо особливості даних, які містяться в окремих кластерах, необхідно визначити, що дозволить знайти взаємовідносини між кластерами.

Вище зазначалося про ієрархічну побудову структури бази даних системи планування ЕРЦ. Основа ієрархії полягає у характеристиці елементів бази даних, що визначають її наявність на етапах створення технології. Так частина необхідної інформації заноситься до початку процесу планування ЕРЦ, інша частина



синтезується у процесі проектування на вищих ешелонах і використовується на нижчих, третя утворюється в результаті реалізації ЕРЦ. Дані, які необхідно мати перед початком проектування, можна розділити на дві групи: дані, що постійно зберігаються в пам'яті комп'ютера та дані, які необхідно туди занести оперативно.

Відповідно до такого підходу, ієрархічний розподіл інформаційних угруповань за переважним складом елементів бази даних відображає вимоги до структури системи планування гнучких ЕРЦ.

Процес створення технології ЕРЦ заснований на аналізі діагностичних показників ДВЗ та частково даних, одержуваних у ході розбиральних робіт, які є основою для вироблення керуючим рішень. Весь комплекс показників, що об'єктивно відображають перебіг процесу проектування ЕРЦ, визначається як інформаційне забезпечення даного процесу.

### **3.4 Висновки**

Підводячи підсумок третього розділу магістрської кандидатської роботи, можна виділити чотири основні тези:

1. Своєчасне проведення попереджувального ремонту сприяє продовженню ресурса та запобігає моменту настання аварійних руйнувань базових деталей двигуна.

2. Розраховані рекомендовані середні значення показників технічного стану двигуна перед попереджувальним ремонтом за якими відбудеться ефективний ремонт. Окрім наявних пристроїв, рекомендований новий пристрій для діагностування двигуна за температурою в камері згоряння, він дозволить більш точно визначити момент настання необхідності проведення попереджувального ремонту.

3. З урахуванням коефіцієнтів повторюваності відмов та застосуванням стандартних комп'ютерних програм є можливість індивідуального планування схем ЕРЦ для кожного двигуна окремо.

4. Використання рекомендованої періодичності технічних впливів і номенклатури заміни деталей під час поточного ремонту дозволить підвищити ресурс двигуна з мінімальними експлуатаційними витратами.

## РОЗДІЛ 4

### ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-РЕМОНТНИХ ЦИКЛІВ ДВЗ З ПРОВЕДЕННЯМ ПОПЕРЕДЖУВАЛЬНИХ РЕМОНТІВ

#### 4.1 Формування експлуатаційно-ремонтних циклів ДВЗ із попереджувальними ремонтами

Тенденції сучасного авторемонтного виробництва висувають на перший план завдання скорочення терміну ремонту ДВЗ та підвищення якості проектних рішень при мінімальних затратах. Виконати ці завдання можливо лише з допомогою планування ЕРЦ, прийняття рішень щодо яких засновано на розробці та оцінці нормативів діагностичних параметрів деталей двигунів.

Дослідження організації процесу створення ЕРЦ базується на дослідженні теоретичних засад, які передбачають розгляд принципів організації та вибір основного методу дослідження. Розглядаючи технологію елементів ЕРЦ як певний план можна сформулювати умови, які будуть визначають вимоги до технологічного процесу ЕРЦ. Основним критерієм який висувається до створюваних ЕРЦ є скорочення експлуатаційних витрат, пов'язаних із собівартістю ремонту та експлуатацією ДВЗ. Ці показники не завжди збігаються, оскільки, по-перше, часто процес ремонту пов'язаний з декількома виробничими системами, що розглядаються окремо (розбірне, ремонтне, складальне виробництво) та обраний на перших етапах варіант ЕРЦ відображається у вигляді додаткових обмежень на наступних етапах. По-друге, в рамках одного ЕРЦ проводиться ремонт та заміна деталей різних найменувань, і ефективність робіт багато в чому визначається так званою технологічною сумісністю.

Представляючи ЕРЦ як систему проведення попереджувальних ремонтів ДВЗ, а періодичність як одну з її складових, яка забезпечує створення алгоритму функціонування виробничої системи, говорить про те, що необхідне створення технології, яка б не вносила додаткових обмежень. Вона повинна максимально адаптуватися до ремонтного виробництва і реалізовувати ресурс двигуна в ході експлуатації повною мірою. На підставі цього висновку можна сформулювати головні теоретичні положення, яким має відповідати методологія створення ЕРЦ:

1. Створення технології має охоплювати не тільки етап проектування, а й реалізації ЕРЦ. Проектування ЕРЦ важлива з урахуванням виробничих можливостей підприємства та оперативною можливістю коригування ЕРЦ. Процес створення ЕРЦ має охоплювати як стадію проектування, так і стадію реалізації технології ремонту;

2. Технологія ремонту має будуватися з урахуванням стану всіх деталей вузла або механізму ДВЗ з обміном інформацією між ними та взаємопов'язаними оцінками структурних та діагностичних параметрів.

Дані твердження несуть у собі завдання пов'язані з вдосконалення структури ЕРЦ ДВЗ, методів підготовки та прийняття рішень, формування цілей і критеріїв, застосовуваних під час створення технології ремонту. Однак, виконати всі вимоги в рамках єдиного опису, не розділяючи його на складові, часто не вдається. Часто потрібно структурування опису та відповідна декомпозиція уявлень про проєктовані об'єкти на високому рівні, а інтерпретація процесу створення експлуатаційно-ремонтного циклу як об'єкта дослідження з властивою йому формою та змістом. Іноді необхідно знайти питання, які пов'язані з організацією процесу планування ЕРЦ та об'єднати їх.

Організацію процесу створення експлуатаційно-ремонтного циклу з попереджувального ремонту можна розглядати як систему, що оцінює зовнішні впливи (входи) і пов'язані із нею відгуки (виходи). Однак прогностичні можливості моделі, яка діє в умовах часткової або повної невизначеності, пов'язаних з відсутністю частини інформації на ряді початкових етапів планування ЕРЦ обмежені через структурні реалії між моделю «вхід — вихід» та самою організацією. Для складних цілей планування модель організації, що побудована за принципом «вхід — вихід», є обмеженою та непридатною. Окрім цього, низка дослідників, описуючи таку організацію процесу створення ЕРЦ, намагаються перекласти створені моделі на процес проектування ЕРЦ, прирівнюючи ці два процеси.

В даний час існує ряд систем організації ЕРЦ ДВЗ, які дуже відрізняються одна від одної, та залежать від аспектів на яких робиться упор, але всі вони складаються з одного сімейства взаємодіючих та ієрархічно розташованих діагностичних показників, що відображають технічний стан ДВЗ. Наведені вище

міркування щодо методології створення ЕРЦ двигунів вказують на необхідність багаторівневої структури в моделі організації планування ЕРЦ, що описується за допомогою теорії багаторівневих ієрархічних систем. Вона повинна відображати найважливіші характеристики для організації, це те що вона складається з взаємопов'язаних підсистем, і що ці підсистеми утворюють ієрархію.

Аналіз відомих теорій з організації та системотехніки моделей дозволив вибрати за базову модель таку, що відрізняється більшою мірою прийнятністю теоретичним положенням проектування ЕРЦ з попереджувальних ремонтів, теорію багаторівневих ієрархічних систем, через її відповідність наступним напрямкам:

1. Акцентує увагу на ієрархічних структурах, у необхідному сенсі організації блок-схем, що становлять систему елементів (блоки прийняття рішень), мають обмежену вирішальну здатність. Глобальна мета організації, що відбиває її призначення загалом, розбивається на послідовність підцілей, отже досягнення мети (зниження експлуатаційних витрат) рівноцінно досягненню сукупності підцілей (обґрунтування періодичності попереджувального ремонту).

2. Розглядає кожен окремий блок системи як систему, яка ухвалює рішення. У ній явно враховуються рівні задоволення і розбіжності між очікуваними і фактично спостерігаються цілями. Елементи, що приймають рішення, є блоками багаторівневих систем, мають «свободу дії». Прийняте рішення відповідає безлічі альтернатив, складених до моменту прийняття рішення. Стосовно планування ЕРЦ завдання кожного блоку (що приймає рішення елемента) входить розробка та відбір варіантів ЕРЦ з попереджувального ремонту, які при подальшому проектуванні повинні найкраще відповідати поставленій меті.

3. Враховує той факт, що найважливішою особливістю організації незмінно є її організуюча роль у налагодженні взаємного зв'язку підсистем, що приймають рішення. Відносини між вище та нижчими стоячими елементами можуть бути реалізовані за допомогою: факторів пов'язаних з цілями; факторів пов'язаних із очікуваними наслідками рішень; факторів пов'язаних із набором альтернативних дій, існуючих на момент прийняття рішень. Відповідно до запропонованої формалізації процесу планування ЕРЦ, це відповідає відповідно до втручання на рівні цілей, на рівні моделей та на рівні обмежень.

Процесу створення технології властиве вертикальне послідовне розташування підсистем (вертикальна композиція). Передбачається, що взаємодія між рівнями не обов'язково відбувається лише між двома рівнями, а обмін із зовнішнім середовищем відбувається на найнижчому рівні.

Інша особливість створюваної системи полягає в тому, що хоча втручання або пріоритет дій спрямований зверху вниз, успішність дії системи в цілому залежить від дії всіх елементів системи, і успішність роботи верхнього рівня залежить не тільки від того, що здійснюються на ньому, але і від відповідних реакцій нижніх рівнів. Тому, можна вважати, що якість роботи всієї системи забезпечується зворотнім зв'язком, тобто реакціями на втручання та інформацією яка прямує знизу вгору.

#### **4.2 Обґрунтування послідовності операцій попереджувального ремонту ДВЗ та оцінка впливу факторів на діагностичну інформацію**

Процес управління авторемонтним виробництвом двигунів заснований на аналізі сукупності даних. Особливими є завдання проектування інформаційного забезпечення ЕРЦ. Сучасні підходи для вирішення завдань створення інформаційного забезпечення ґрунтуються на діагностуванні технічного стану двигуна за відомими діагностичними параметрами. Рекомендації для вдосконалення структури технічних впливів необхідних для відновлення працездатності ДВЗ мають низку недоліків, серед яких орієнтація на проектування структури бази даних зі стабільною схемою складу відновлювальних робіт.

Процес створення ЕРЦ ДВЗ з обґрунтованою періодичністю попереджувальних ремонтів ґрунтується на аналізі діагностичних параметрів без розбирання та даних, які надходять під час реалізації ремонту, що є основою для вироблення керуючих рішень. Весь комплекс діагностичних параметрів, що відображають технічний стан ДВЗ, визначається як інформаційне забезпечення цього процесу.

Створення інформаційного забезпечення системи планування ЕРЦ насамперед пов'язані з обґрунтуванням структури бази даних, показники якої необхідні для побудови всієї системи проектування ЕРЦ. Для представлення бази

даних як зручного для математичного моделювання процесу потрібно локалізувати інформаційні об'єкти, що Множина інформаційних об'єктів може бути розділена за необхідністю на окремі множини відповідно до маршрутів відновлювальних робіт.

Процес планування попереджувального ремонту двигуна можна представити в вигляді PERT-діаграми (рис. В.2 Додаток В), вона наочно дає уявлення про порядок та ієрархію операцій відновлення працездатності двигуна. PERT-діаграма є початковим етапом для відображення мережею Петрі.

Розглянемо порядок операцій необхідних для відновлення дизельного двигуна КамАЗ-740, зображеного на PERT-діаграмі (рис. В.2 Додаток В):

1. Очистка та мийка двигуна;
2. Заміна всіх фільтрів;
3. Очистка та регулювання ПНВТ та форсунок;
4. Очистка та регулювання масляного насоса;
5. Зняття головки циліндрів;
6. Зняття шатунних вкладишів;
7. Заміна поршневих кілець;
8. Контроль спряження поршневої палець – поршень;
9. Зняття коріних вкладишів;
10. Зняття колінчастого вала;
11. Дефектовка, списання або відновлення деталей;
12. Очистка пилоуловлювачів та дефектовка деталей;
13. Комплектація спряжених деталей;
14. Збирання з новими вкладишами;
15. Заливання нових робочих рідин;
16. Регулювальні роботи;
17. Холодна обкатка.

Мережа Петрі будується на чотирьох основних елементах: безлічі позицій Р, множини переходів Т, вхідної функції І та вихідної функції О. Вхідна та вихідна функції зв'язуються між собою переходами та позиціями. Для розуміння теорії мереж Петрі використовують графіки. Граф мережі Петрі складається з двох основних типів вузлів. Гуртком О позначається позиція, планкою І - перехід.

Орієнтовні стрілки з'єднують позиції та переходи, причому деякі стрілки спрямовані від позицій до переходів, інші навпки. Спрямований напрямок від позиції переходу, визначає позицію, що є входом переходу. Кратні входи в перехід повинні бути кратними напрямками з вхідних позицій у перехід. Вихідна позиція вказується напрямком від переходу до позиції. Кратні виходи також представлені кратними дугами. Виконані операції за позиціями необхідно маркувати мітками у вигляді маленької точки в кутку (позиції). Мітки знаходяться у гуртках і керують виконанням переходів мережі. Перехід запускається лише після виконання відновлювальної операції з ДВЗ. Запуски здійснюються до того часу поки існує хоча б один дозволений перехід. Таке представлення процесу проектування РЦ дозволяє планувати на комп'ютері відновлення працездатності систем двигуна поетапно. Кожен фрагмент мережі Петрі та побудований для нього дерево досяжності розглянемо на рис. 4.1.

Початкове маркування її -  $(1,0,0)$ . У ньому дозволяють два переходи:  $t_1$  і  $t_2$  оскільки ми хочемо розглянути всі множини досяжності, необхідно визначити нові вершини які створюються в результаті запуску кожного з цих двох переходів. Дуга, позначена переходом, що запускається, приводить з початкового маркування до кожного з нових маркувань (рис. 4.1). Це (часткове) дерево показує всі маркування, безпосередньо досяжні з початкового маркування.

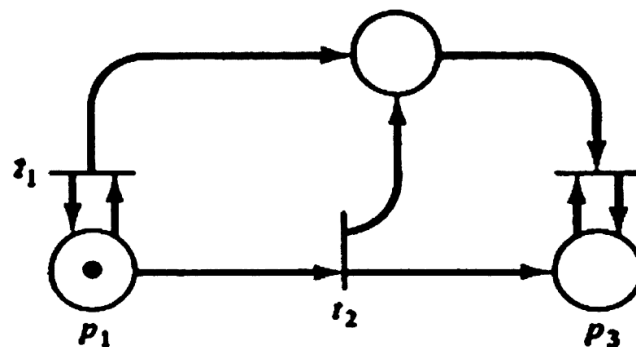


Рисунок 4.1 - Маркована мережа Петрі, для якої будується деревом досяжності

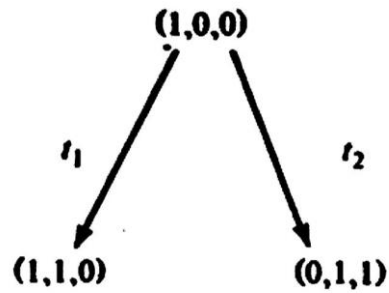


Рисунок 4.2 - Перший крок побудови дерева досяжності

Тепер необхідно розглянути всі маркування, які можуть створитись з нових маркувань. З маркування  $(1,1,0)$  можна знову запустити  $t_1$  (отримуючи  $(1,2,0)$ ) та  $t_2$  (отримуючи  $(0,2,1)$ ); із  $(0,1,1)$  можна запустити  $t_3$  (отримуючи  $(0,0,1)$ ). Це створює дерево, зображене на рис. 4.2. Починаючи з нових маркувань, необхідно повторити цей процес знову, породжуючи нові маркування, які потрібно запровадити у дерево, як показано на рис. 4.3.

Важливо, що маркування  $(0,0,1)$  пасивне; ніякий перехід у ній не є дозволим, тому всі нові маркування з неї у дереві не створюватимуться. Крім того, необхідно відзначити, що маркування  $(0,0,1)$ , що породжується запуском  $t_3$  в  $(0,2,1)$ , було вже породжене безпосередньо з початкового маркування запуском  $t_2$ .

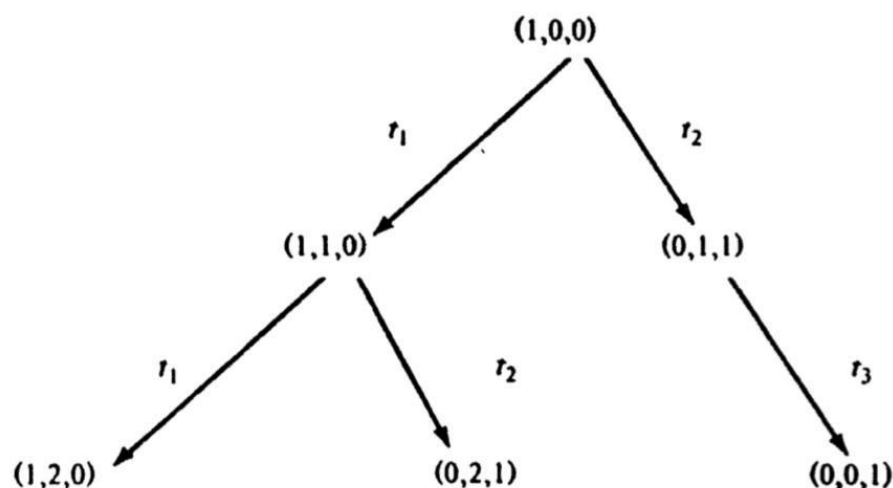


Рисунок 4.3 — Другий крок побудови



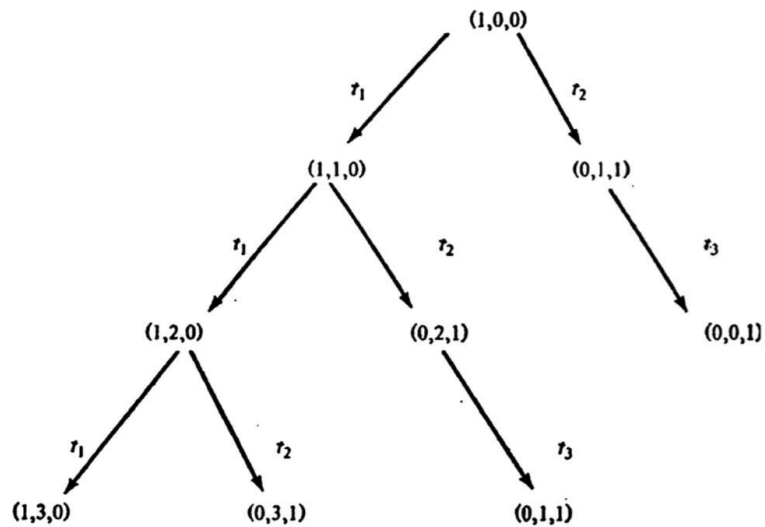


Рисунок 4.4 - Третій крок побудови дерева досяжності

Якщо такі дії повторювати знову і знову, то кожне досяжне маркування виявиться породженим. Однак може статися, що дерево досяжності виявиться нескінченним. Буде породжене кожне маркування з множини, тому для будь-якої мережі Петрі з нескінченною множиною досяжності має відповідати нескінченне дерево. Навіть мережа Петрі з кінцевою безліччю досяжного може мати нескінченне дерево (рис. 4.5).

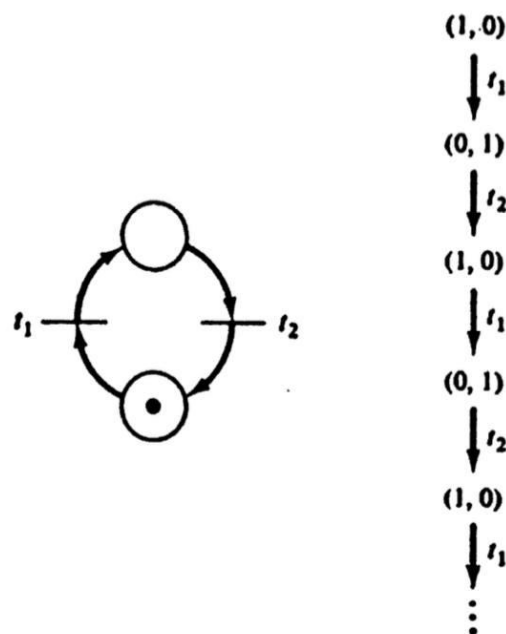


Рисунок 4.5- Проста мережа Петрі з нескінченним деревом досяжності

Дерево показує всі можливі послідовності запусків переходів. Будь-який шлях у дереві, що починається в корені, відповідає допустимій послідовності

переходів. Для перетворення дерева на необхідний інструмент аналізу потрібно знайти засоби обмеження його до кінцевого розміру.

У загальному випадку це призведе до втрати інформації та, можливо, до того, що деякі властивості мереж Петрі визначити буде не можливо, але все залежить від того, яке уявлення буде отримано.

Приведення до кінцевого уявлення здійснюється кількома способами. Необхідно знайти ті засоби, які допоможуть обмежити введення нових маркувань (називаються граничними вершинами) на кожному кроці. Тут можуть допомогти пасивні маркування — ті маркування, які не мають дозволених переходів. Їх називають термінальними вершинами. Інший клас маркувань - це маркування, що раніше зустрічались у дереві. Такі маркування, що дублюються, називаються дублюючими вершинами; ніякі наступні маркування розглядати немає потреби — всі вони будуть породжені з місця першої появи дублюючого маркування в дереві. Таким чином, у дереві маркування  $(0,1,1)$ , що вийшла в результаті виконання послідовності  $t_2$  не буде породжувати будь-які нові вершини в дереві, оскільки вони раніше зустрічались в дереві в результаті виконання послідовності  $t_2$  з початкового маркування.

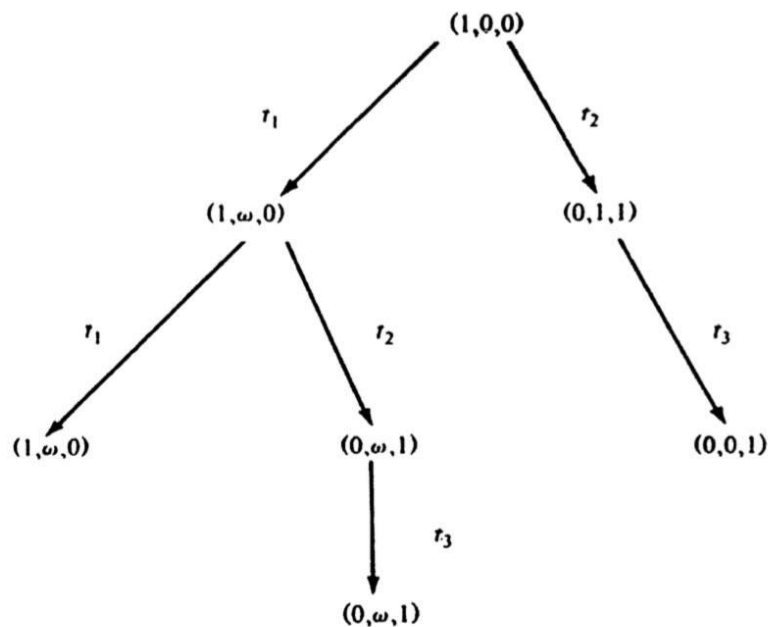


Рисунок 4.6 – Дерево досяжності мережі Петрі

Тепер можна остаточно сформулювати дійсний алгоритм необхідний для побудови дерева досяжності.

- Кожна вершина і дерева зв'язується з розширеним маркуванням.

- Кожна вершина класифікується або як гранична вершина, або як внутрішня вершина.
- Граничними є вершини, які ще не опрацьовані алгоритмом; алгоритм перетворить їх на дублюючі чи внутрішні вершини.
- Алгоритм починається з визначення початкового маркування коренем дерева, тобто граничною вершиною.
- Доки є граничні вершини, вони обробляються алгоритмом.

Для обробки великої маси математичних даних необхідна розробка власного програмного забезпечення необхідного для планування ремонтних циклів двигунів. Також оптимізація структури відновлювальних робіт ДВЗ передбачає також розробку власних математичних моделей. Причому, до параметра оптимізації пред'являється ряд вимог, серед яких: ефективність з точки зору досягнення мети, універсальність, кількісний вираз одним числом (інтегральний показник технічного стану), статична ефективність, фізичний зміст, простота та доступність обчислення, існування для різних станів об'єкта.

В ході розробки був використаний такий оптимізаційний показник технічного стану ЦПГ двигуна — температура повітряно-масляної суміші в камері згоряння. З іншого боку, показником ефективності ЕРЦ ДВЗ з обґрунтованою періодичністю попереджувального ремонту за весь термін служби є економічний критерій зниження експлуатаційних витрат.

Наслідуючи послідовність дій при багатофакторному плануванні експерименту, після постановки завдання, вибору параметра оптимізації та факторів проектується математична модель. Основними вимогами до факторів є керованість і вимога безпосереднього впливу на об'єкт. Керованість фактора – це можливість встановлення та підтримання обраного рівня фактора постійним протягом усього експерименту або його зміна за заданою програмою. Після цього визначаються з видом математичної моделі, що описує явище, що розглядається.

Загалом залежність вихідного параметра від факторів:

$$Y = f(X_1, X_2 \dots X_n, A_1, A_2 \dots A_n) \quad (4.1)$$

де  $X_1, X_2 \dots X_n$  - фактори, або незалежні змінні;

$A_1, A_2 \dots A_n$  - постійні, що впливають вихідний параметр.

В якості змінних факторів для сполучення розглядалися такі: X1 – тиск в камері згоряння; X2 – герметичність камери згоряння; X3 – температура моторного масла; X4 – час роботи в режимі діагностування.

Для вирішення цієї задачі за допомогою застосовується градієнтний метод, його сутність якого полягає в тому, що рух відбувається від стартової точки за напрямом вектора-градієнта за одночасного варіювання всіма факторами. Вектор-градієнт завжди спрямований перпендикулярно до ліній рівня у бік зростання функції.

Градiєнт безперервної однозначної функції двох змінних є вектором:

$$\text{grad}(Y) = i \, dY/dX_1 + j \, dY/dX_2, \quad (4.2)$$

де  $i, j$  - одиничні вектори, спрямовані координатними осях;

$dY/dX$  - приватні похідні функції за відповідним фактором.

Змінюючи незалежні змінні пропорційно величинам коефіцієнтів регресії, можна послідовно просуватися в напрямку градієнта функції. Таку процедуру руху називають колом сходженням.

При послідовному просуванні вектором градієнту, якщо одного кроку недостатньо, здійснюють наступний і так до тих пір, поки вектор градієнт не стане рівним нулю. Після цього визначаються координати екстремуму, тобто такі значення рівнів факторів, за яких функція відгуку матиме найбільше чи найменше значення.

На основі статистичних спостережень у стартовій точці були отримані такі умови експерименту (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Інтервали варіювання факторів, що впливають на температуру камери згоряння

Найменування	Позначення	X1, МПа	X2, %	X3, град.С.	X4, годин
Основний рівень	X1...X4	2,8	10	80	0,2
Інтервалваріювання	I	0,2	2	10	0,05
Верхній рівень	X1...X4(В)	3,0	12	90	0,25
нижній рівень	X1...X4(Н)	2,6	8	70	0,15

Зважаючи на малу значимість  $X_2$ ,  $X_4$  рівняння має вигляд:

$$Y = 12 + 5,8 X_1 + 2,2 X_3 . \quad (4.3)$$

Таким чином визначалися коефіцієнти регресій, що проектуються.

Структура інформаційного забезпечення системи планування ЕРЦ була створена на основі досліджень, пов'язаних між собою з розробкою питань організації системи ЕРЦ та відповідають всім вимогам до обробки даних, а саме:

- у базі даних має бути відображений основний зміст всіх етапів створення ЕРЦ;
- опис цілісного баланку даних, що впливає із загального взаємозв'язку усіх етапів створення ЕРЦ і базується на їх єдності цілей.

Описані принципи організації інформаційної бази в основному залежать від вибору критерію ефективності його обробки даних у системі, в основному розглядаються такі, як скорочення витрат на обробку даних, також зменшення обсягу пам'яті комп'ютера, що займається. Стосовно такого забезпечення системи планування ЕРЦ стає важливе питання скорочення витрат часу необхідного для вирішення задач обробки даних з урахуванням всіх важливих проблем скорочення надмірності інформації, розмежування доступу та забезпечення незалежності подання даних. Такі жорсткі обмежені часові рамки дозволять провести більш глибоке опрацювання всього комплексу відновлювальних робіт на всіх його етапах проектування.

За допомогою великої кількості діагностичних параметрів та номенклатури деталей, які будуть замінені, необхідно багаторівневе обрахування даних, яке показує доцільність системи планування ремонтних циклів та централізованого аналізу необхідного для відокремлення всіх об'єктів проектної області (нормативів діагностичних параметрів), та інформацію про ті які необхідно зберігати в базі даних.

На підставі інтеграції цих інформаційних вимог можна побудувати правильну модель бази даних. Багаторівнева структура баз даних дозволяє провести важливу класифікацію, яка полягає у побудові наочного відображення, так звана «проектна область бази даних».

Практика створення інформаційних систем показує, що реальна інформаційна проблема на будь-якому авторемонтному підприємстві після діагностування ДВЗ подається у вигляді великого обсягу інформації та широкого розкиду діагностичних параметрів. Через це завод-виробничник втрачає можливість чітко проектування схеми повного ремонтного циклу з переліком всіх необхідних деталей ДВЗ, які замінюються та ремонтуються, тобто не можливо детально зрозуміти, перевірити чи коригувати ЕРЦ.

За допомогою аналізу всіх відомих моделей даних, метою яких є визначення моделі, можна знайти ту яка більшою мірою відповідає вимогам інформаційного забезпечення системи планування ЕРЦ. Серед моделей, що належать до класу «син-токсичних» (мережні, реляційні та ін.) найбільш широке застосування знайшли реляційні моделі, вони мають наступні переваги:

- гнучкість (швидка адаптація структури даних до різких змінних характеристик виробництва);
- точність (структура даних у моделі забезпечує математично точні методи обчислення даних);
- незалежності даних;
- ясність та доступність для огляду.

Недоліком таких моделей є те, що вони не можуть фіксувати зв'язок між окремими проектними галузями та інформаційною базою. Такі вимоги можуть бути відображені в семантичних моделях (інфопогічні моделі, бінарні моделі, семантичні мережі, об'єктно-зв'язкова модель даних). Серед них досить активно вивчається об'єктно-зв'язна модель даних, підхід до структурування даних, в ній базується на використанні результатів збору та аналізу інформаційних вимог ще до проєктованої системи, які знаходять своє відображення в проєктованій моделі даних. Основною особливістю об'єктно-зв'язного підходу є можливість формального представлення більш логічного проектування бази даних у вигляді різної форми: мережевої, ієрархічної або реляційної форми. Перелічені переваги зумовили використання окремих положень об'єктно-зв'язкових моделей як засіб для проектування баз даних під час створення системи планування ЕРЦ ДВЗ.

Вибір діагностичних параметрів двигуна можна розглядати як окремий елемент теорії множин. Ця теорія комплектів є звичайним розширенням теорії

множин. Однак на відміну від безлічі теорія комплектів допускають присутність декількох екземплярів одного і того ж елемента. Основним поняттям теорії комплексів є функція числа екземплярів. Ця функція здатна визначити кількість екземплярів елемента у комплекті. Наприклад, КШМ має набір своїх певних діагностичних параметрів, як і ЦПГ, система живлення та мастила та всі інші системи двигуна. Для теорії комплектів характерні операції об'єднання, перетину, та різниці. Для них властиві можливості комутативності, асоціативності, які дозволяють формувати ЕРЦ як сукупність відновлювальних робіт за різними системами ДВЗ.

Таким чином, за допомогою використання інформації про технічний стан двигуна, отриманих на основі теорії МІС, теорії мереж Петрі та представлення процесів відновлення у вигляді діаграм Ганта дозволить моделювати звичайними комп'ютерними програмами зміст ЕРЦ для кожного двигуна індивідуально, планувати періодичність попереджувальних ремонтів (або КР) за фактичним технічним станом.

### **4.3 Розробка алгоритму технологічного процесу попереджувального ремонту та періодичності діагностування ДВЗ на прикладі ДВЗ КамАЗ-740.11-240**

Головною метою створення технологічного процесу діагностування двигунів КамАЗ є контроль якості та відновлення працездатності ДВЗ за допомогою виявлення відхилень в окремих системах двигуна та проведення планово-запобіжних ремонтів або необхідних регулювальних робіт.

На основі даного технологічного процесу складено власний алгоритм діагностування двигунів (рис. В.4, Додаток В), де пронумеровані позиції відповідають кожній операції технології діагностування. Вертикальна гілка цього алгоритму є системою покрокового пошуку основного алгоритму. Можливі два результати: позитивний («Так»), якщо діагностичні параметри відповідають встановленим нормативам, та негативний («Ні»), якщо не відповідають. У першому випадку, роблять наступний крок до подальшої операції, в інакшому —

виявляють несправності, які можна усунути за допомогою регулювальних робіт, або направляють автомобіль в зону ПР.

Таблиця 4.2 – Розрахунок періодичності діагностування циліндропоршневої групи ДВЗ КамАЗ-740

Група ДВЗ	Середній пробіг до ПР; тис. км	Середньоквадратичне відхилення пробігу; тис. км	Коефіцієнт варіації	Коефіцієнт оптимальної періодичності	Періодичність діагностування; тис. км
1	130,5	55,6	0,426	0,18	23,5
2	84,5	41,7	0,49	0,23	19,4
3	69,7	36,1	0,52	0,26	18,1

Розроблений технологічний процес та алгоритм діагностування перевірено в умовах комп'ютерного дослідження на групі з 68 автомобілів, з пробігом від 100...120 тис. км. При цьому виявлено, що 16% двигунів мали порушений кут випередження запалювання, 15% явний прогин шатунних підшипників, 25% граничне значення тиску в системі мащення і майже стільки ж двигунів граничне значення температури в камері згоряння.

Усунення виявлених несправностей за допомогою регулювань або заміни запчастин, а також запобіжних ремонтів інших систем двигуна дозволило оперативно відновити експлуатаційні властивості 42% двигунів та зменшити кількість відпрацьованих двигунів (до пробігу 200 тис. км) у капітальний ремонт на 27%.

В наш час експлуатується велика кількість автомобілів КамАЗ різних модифікацій. Крім того, двигуни марки КамАЗ-740 встановлюються і на інші марки автомобілів, тракторів, сільськогосподарської техніки та автобуси. Через недостатню досконалість системи підтримки двигунів у працездатному стані втрачаються величезні кошти обслуговування та підтримку двигуна в рочому стані. Критерієм оптимальності системи забезпечення працездатності машини чи будь якого агрегату є зведення до мінімуму сумарних питомих витрат за весь період експлуатації. Підтримка двигуна у працездатному стані забезпечується за рахунок технічного обслуговування, що проводяться з певною періодичністю та



визначеним переліком робіт, і планово-запобіжних ремонтів. Через регулярність ТО питомі витрати на них не змінюються в експлуатації. Отже, основна частина всіх питомих витрат, які можна було б скоротити, полягає на правильне управління системою попереджувальних ремонтів.

На прикладі розглянутого двигуна, ремонти можна поділити на декілька основних груп: дрібні поточні та планові, запобіжні та капітальні ремонти. При поточному ремонті двигуна проводиться заміна дрібних та відносно дешевих деталей при невеликих простоях автомобіля (прокладки головок блоку, сальники, очищення форсунок, роботи з електроустаткування та ін.). Відмова цих елементів у ході експлуатації двигуна відбувається переважно випадково. Напрацювання до виникнення таких несправностей, а також питомі витрати на їхнє усунення залишаються постійними. Тому для визначення оптимальної системи забезпечення працездатності двигуна враховувати потрібно лише витрати на проведення ПР та КР.

Діюча методика дозволяє визначити динаміку зміни сумарних питомих витрат у процесі експлуатації двигунів на основі інформації про значення напрацювання до ремонтів та вартість двигунів без врахування втрат прибутку, які він приносить при недовикористанні свого ресурса, або простою в ремонті. Тому, треба враховувати і ці досить відчутні витрати.

Отримана динаміка зміни сумарних питомих витрат за весь термін служби двигунів наведена на рис. 4.7 чисельні значення витрат перед ремонтами і після них наведені в табл. 4.3 та 4.4. Як впливає з таблиць, мінімум сумарних питомих витрат настає перед попереджувальними ремонтами і проводити КР є недоцільно економічно, оскільки він уже не забезпечує подальшого суттєвого зниження питомих витрат, а навпаки, підвищує їх. На рис. 4.7 наведено динаміку зміни сумарних питомих витрат шляхом проведення ПР та КР (пунктирна лінія). Динаміка визначена з урахуванням існуючих нині середніх значень наробітку до першого і до наступного ПР.

Таблиця 4.3 – Сумарні витрати на утримання ДВЗ КамАЗ-740, у працездатному стані, шляхом проведення ПР (43 одиниці)

Пробіг, тис. км	120	180	240	300		420	480
Порядковий номер та вид ремонту	1ПР	2ПР	3ПР	4ПР	5ПР	6ПР	7ПР
Питомі витрати, грн/км (перед ремонтом)	15	12	11	10	9	9	9
Питомі витрати, грн/км (після ремонту)	17	13	13	11	11	10	11

Таблиця 4.4 – Сумарні витрати на утримання ДВЗ КамАЗ-740, у працездатному стані шляхом проведення ПР з одним КР (37 одиниці)

Пробіг, тис. км	120	180	240	300	360	450
Порядковий номер та вид ремонту	1ПР	2ПР	3ПР	4ПР	КР	5ПР
Питомі витрати, грн/км (перед ремонтом)	15,5	12	11	10	9	11
Питомі витрати, грн/км (після ремонту)	17,5	13	12	11	14	12

Дані таблиці 4.4 є орієнтовними та повинні уточнюватись за результатами діагностування, з використанням даних наведених таблиці В.2, Додаток В.

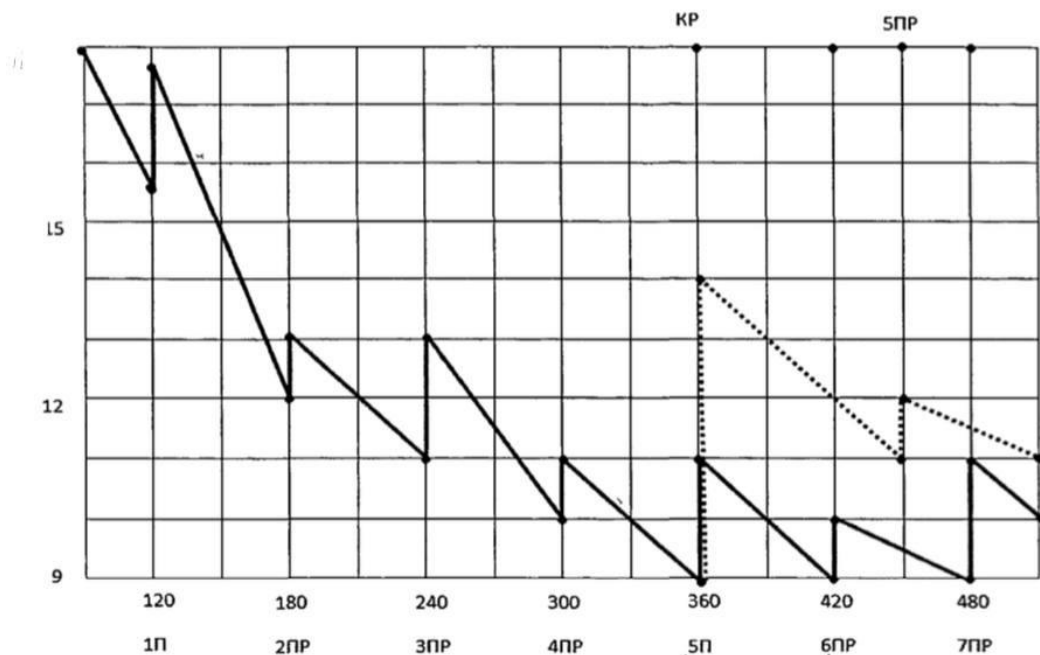


Рисунок 4.7 – Зміна середніх сумарних питомих витрат шляхом проведення запобіжних ремонтів у процесі експлуатації ДВЗ КамАЗ-740

Таким чином, оптимальним з погляду економічного критерію, пробігом ДВЗ КамАЗ-740 у третій категорії умов експлуатації є пробіг після сьомого ПР, що на ділі відповідає приблизно десяти-одинадцяти рокам експлуатації (при середньорічному пробігу в 50 тис. км). З наведених даних випливає і оптимальна структура ремонтних дій за весь термін служби ДВЗ з одним КР (табл. 4.3), але якщо запобіжними ремонтами не вдається забезпечити необхідних значень показників технічного стану ДВЗ (табл. 4.4).

Отже, за рахунок проведення ПР число КР скорочується до одного (або не проводиться зовсім) за весь термін служби двигуна проти двох-трьох КР, які зараз проводяться. Це дозволить значно знизити експлуатаційні витрати на двигун, а отже, і собівартість робіт, тобто підвищити ефективність автомобіля загалом та отримати значний економічний ефект.

#### 4.4 Розрахунок економічної ефективності запропонованих досліджень

У роботі приведено залежність спрацювання ДВЗ КамАЗ-740 в процесі експлуатації та середня фактична їх витрата, що дорівнює 27,3 двигунів на 100 автомобілів на рік. За даними 40% двигунів потребує ремонту через не проведення своєчасного діагностування та попереджувальних ремонтів.

$$N_p^{\text{пр}} = 27,3 * 0,4 = \frac{10,9 \text{ ДВЗ}}{100 \text{ авт. год}}$$

Економічна ефективність від своєчасного виявлення та усунення несправності визначатиметься за допомогою зниженням витрат на КР двигунів та збільшенням витрат на діагностування і заміну деталей. Відповідно до прийнятої методики річний економічний ефект:

$$E = (Z_T - Z_{\text{п}}) * A,$$

де  $A$  - річна продуктивність автомобіля;  $Z_T, Z_{\text{п}}$  - наведені витрати відповідно при забезпеченні працездатності традиційним шляхом та з діагностуванням.

Витрати визначаються за такою формулою:

$$Z = C + G_B * K,$$

де  $C$  - собівартість перевезень, грн./10 тис.км;  $G_B$  - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;  $K$  - питомі капітальні вкладення у виробництво, грн./10 тис.км.

З урахуванням формул отриманих маємо:

$$E = (C_T - C_{II}) * A + A * G_B * (K_T - K_{II}).$$

Перша складова суми є скороченням річних витрат від скорочення витрат на КР за рахунок підвищення витрат на діагностування та попереджувальний ремонт, тобто:

$$(C_T - C_{II}) * A = N_p^{pp} * d * S_p(S_g - S_3),$$

де  $N_p^{pp}$  - річна потреба в КР з урахуванням,  $N_p^{pp} - 0,109$ ;  $d$  - частка відмов, що попереджаються діагностуванням (достовірність діагностування  $d - 0,95$ );  $S_p$  - середня вартість попереджувального ремонту одного двигуна,  $S_g$  - витрати на діагностування,  $S_3$  - витрати на попереджувальний ремонт.

Розрахувати вартість одного попереджувального ремонту можна за допомогою формули:

$$S_p = \sum_{i=1}^n C_i * p_i.$$

де  $n$  - кількість найменувань деталей, що замінюються або відновлюються;  $C_i$  - витрати на заміну або відновлення деталі;  $p_i$  - ймовірність заміни або відновлення деталі.

Витрати на одиничне діагностування з урахуванням певної трудомісткості  $T - 54$  чол.хв., тарифна ставка слюсаря та витрати на електроенергію складуть у середньому - 148 грн. З урахуванням періодичності діагностування в 20 тис.км та середньорічного пробігу близько 50 тис.км, річні витрати на діагностування становитимуть 740 гривень. Разові витрати на попереджувальний ремонт визначені з урахуванням вартості деталей, що замінюються  $S_{дет}$  та трудових витрат відповідно до середньої трудомісткості та тарифної ставки. Заміна проводиться не при кожному діагностуванні, тому із співвідношення середнього ресурса та річного пробігу автомобілів визначено, що на один рік кожному ДВЗ

потрібно у середньому 0,48 замін. Отже, річні витрати на попереджувальний ремонт становитимуть:

$$S_3 = \frac{l_r}{j}(a * T_3 + S_{\text{дет}}) = 510 \text{ гривень}$$

Друга складова суми в основному складається з вартості діагностичного обладнання, вартість якого складає близько 9000 грн.

При зазначених значеннях періодичності діагностування та середньорічного пробігу визначено, що на 100 двигунів КамАЗ-740 необхідно лише два діагностування на день (один пристрій), на кожен автомобіль припадає 0,02. З урахуванням вартості та нормативного коефіцієнта  $G_b = 0,15$  річні витрати на діагностування зростуть на 0,23 грн. на двигун:

$$\Delta S = A * G_b * \Delta K = 0,23 \text{ грн.}$$

Економічний ефект складе майже 14657 гривень за один рік. Додатковий економічний ефект може бути отриманий від зниження простоїв автомобіля через відсутність двигунів, підвищення продуктивності автомобілів, зниження витрат на транспортування двигунів на ремонтні заводи та зменшення дорожніх відмов автомобілів з технічних причин. Таким чином, відмова від проведення КР та підтримка технічного стану двигуна проведенням попереджувальних ремонтів з обґрунтованою періодичністю за результатами діагностування дозволить не лише продовжити ресурс та скоротити експлуатаційні витрати, а й отримати значний економічний ефект.

#### **4.5 Висновки**

1. Обґрунтування періодичності ПР автомобільних ДВЗ може бути здійснено на основі запропонованого набору діагностичної інформації та аналізу експлуатаційних витрат.

2. Розроблено концептуальні положення створення системи планування ЕРЦ, що визначають етапи робіт за обсягом та періодичністю попереджувальних ремонтів.

3. Наведено оптимізацію ЕРЦ, що забезпечує генерацію всіх можливих

варіантів відновлення працездатності ДВЗ – запобіжні ремонти, або запобіжні ремонти з одним КР. При комп'ютерному моделюванні попереджувальних ремонтів ДВЗ доцільно використовувати діаграми Ганта.

4. Градієнтним методом обґрунтовано та отримано залежність температури повітряно-масляної суміші в камері згоряння від тиску та температури масла в системі мастила ДВС.

Для створення ЕРЦ з попереджувального ремонту обґрунтовано використання теорії багаторівневих ієрархічних систем, що найбільше відповідає задачі зниження експлуатаційних витрат

## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Робота яка виконується по охороні праці спрямовано на створення здорових і безпечних умов праці, на збереження життя та здоров'я працівників у процесі виконання ними трудових обов'язків. Щоб грамотно провести роботу необхідно проаналізувати умови роботи на даній станції технічного обслуговування, необхідно зрозуміти, що під час роботи виникає низка факторів які впливають на умови праці робітників.

В загальному можна виокремити декілька основних груп:

1. підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони;
2. підвищений рівень шуму на робочому місці;
3. машини і механізми, що рухаються;
4. рухомі частини виробничого устаткування;
5. підвищена або знижена температура поверхонь устаткування і матеріалів;
6. підвищений рівень вібрації;
7. недостатня освітленість робочої зони;
8. фізичні перевантаження (статичні, динамічні, гіподинамічні);
9. нервово-психічні перевантаження (розумова перенапруга аналізаторів, монотонність праці й емоційні перевантаження).

#### 5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

##### 5.1.1 Технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць

Для оцінки умов праці на підприємстві обираємо на робоче місце слюсаря з ремонту та обслуговування двигунів автомобілів. Основне обладнання яке він використовує це шліфувальні та полірувальні верстати. Основними небезпечними і шкідливими виробничими факторами при роботі на шліфувальних і заточних верстатах є абразивні інструменти, змашувально-охолоджуючі рідини, погано закріплені заготовки, підвищена запиленість повітря робочої зони, утворення

аерозолів при обробці з використанням ЗОР, підвищена вібрація і шум при роботі ручними шліфувальними машинами.

Під час проведення робіт з обробки металу на верстатах звертати особливу увагу:

- До виконання робіт з обробки металу на верстатах допускаються особи, не молодше 18 років, та які пройшли професійний добір відповідно до Переліку робіт, де є потреба у професійному доборі; медичний огляд відповідно до вимог Положення про медичний огляд працівників певних категорій; спеціальне навчання та перевірку знань з охорони праці.
- Забороняється виконувати роботи на несправних верстатах, а також на верстатах з несправними або незакріпленими огороженнями.
- Застосовування у виробничих приміщеннях рубильників відкритого типу або рубильників з прорізю у кожухах для рукоятки або ножів не допускається.
- Не дозволяється використовувати на верстатах інструмент із забитими або спрацьованими конусами та хвостовиками.
- Не дозволяється під час роботи верстата очищувати та поправляти різальний інструмент, пристосування та оброблювані деталі.
- Не дозволяється під час роботи верстата перевіряти рукою гостроту різальних кромek інструменту, глибину отвору та вихід свердла з отвору в деталі, а також охолоджувати свердла мокрою ганчіркою.
- Не дозволяється виконувати роботи на свердлильних верстатах у рукавицях, рукавичках або із забинтованими кистями рук.

Основними заходами, що забезпечують безпеку експлуатації абразивних інструментів, є:

- попередній огляд і дотримання правил зберігання,
- випробування кругів на міцність,
- дотримання вимог і норм безпеки при установці і закріпленні інструменту на шпинделі верстата,
- безпечні прийоми правки і використання пристроїв для видалення пилу і аерозолів,

Обсяги окремих виробничих приміщень не повинні бути більш ніж 4,5 м<sup>2</sup> на



кожного працюючого, та  $15\text{м}^3$  об'єму, висота приміщення повинна має бути більше 3,5 м.

Якщо окремі цехи досить широкі, то бажано розташовувати місця виконання шкідливих робіт поблизу зовнішніх стін, та створення для них окремої вентиляції. Під час внутрішнього планування приміщення необхідно забезпечувати вимоги по достатній ширині та кількості проходів, задля усунення зіткнень людей під час виконання роботи, або аварійних ситуацій.

### 5.1.2 Електробезпека

В основному в робочій зоні працює декілька серйозних верстатів, для яких необхідне трифазне живлення 380В. Також чимало і звичайного обладнання на 220В, тому станція технічного огляду повинна бути обладнана достатньою кількістю розеток. Для такого обладнання необхідно трифазний тип електромережі, тому важливо використовувати чотирипровідну трифазну електромережу з заземленим нульовим проводом.

Згідно цього дане приміщення можна класифікувати, яктаке що є з підвищеною небезпекою, так як його характеризують наявністю декількох умов, які створюють підвищену небезпеку:

- вологість або струмопровідний пил;
- струмопровідна підлога (металева, земляна, залізобетонна, цегляна тощо);
- висока температура;
- можливість одночасного дотику людини до металоконструкцій будівель, технологічних апаратів, механізмів тощо, які мають з'єднання з землею, з одного боку, і до металевих корпусів електроустаткування — з іншого.

Для уникнення електротравм вводиться ряд заходів з електробезпеки, серед яких:

- ізоляція нормально струмоведучих елементів електроустаткування відповідно з вимогами нормативів (опір ізоляції нового устаткування не менше 1 кОм на 1 В напруги);
- забезпечення недоступності неізольованих струмоведучих елементів

(розміщення їх на недосяжній висоті, в недосяжних місцях, в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах, огороження їх металевими сітками, закриті клемові з'єднання та ін.);

- використання захисних блокувань в електричних апаратах і устаткуванні (механічних, електричних, оптичних), що забезпечує вимкнення напруги при відкриванні апаратів електроустаткування, при знятті огороження, при попаданні персоналу в небезпечну зону; використання засобів орієнтації в електроустаткуванні, що запобігає помилковим діям при обслуговуванні та експлуатації електроустаткування – написи, таблички, попереджувальні знаки, сигналізація, різнокольорова ізоляція провідників окремих елементів електросхем і т.п.;

## 5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

### 5.2.1 Мікроклімат

Роботи, які плануються виконуватися на ділянці відносяться до робіт середньої важкості - Пб. Основна їх частина пов'язана з розбиранням і збиранням двигунів внутрішнього згорання. Такі роботи передбачають середні фізичні навантаження на тіло людини.

Основні параметри, які допомагають охарактеризувати мікроклімат в робочій зоні це: температура, відносна вологість, швидкість руху повітря.

Норми цих параметрів визначаються окремо в залежності від категорії робіт, та періоду року. Числові значення наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Оптимальні і допустимі норми параметрів мікроклімату в приміщенні

Період року	Категорія	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/хв	
		Оптим.	Допустима	Оптим.	Допуст.	Оптим.	Допуст.
Зима	Пб	17-19	21-15	40-60	75	0.3	0.4
Літо	Пб	20-22	27-16	40-60	70	0.4	0.5

Для створення оптимального мікроклімату важливо правильно облаштувати систему вентиляції та опалення. Тому для такої діляці найбільше підійде комбінована система вентиляції приміщення, вона поєднує в собі механічну і природну вентиляцію.

Приточна вентиляція забезпечує приток чистого повітря з вулиці в приміщення, а витяжна вентиляція буде забезпечувати видалення забрудненого повітря назовні.

Природна вентиляція працює за рахунок різниці в густині повітря, яка виникатиме через різниці температури повітря, а також за рахунок сили вітру.

Для усунення втрат тепла та підтримання температури повітря в необхідних межах передбачають встановлення системи опалення. Система опалення буде водного типу (температура води 100°C). За допомогою такої системи підтримка належної температури буде з мінімально можливими витратами.

### 5.2.2 Склад повітря робочої зони

Під час роботи ДВЗ в повітря виділяються різні отруйні гази, вони дуже негативно впливають на організм людини, для того щоб контролювати рівень забруднення на станції технічного огляду необхідно слідкувати за їх значеннями, допустимі значення наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Допустимі показники шкідливих речовин повітря робочої зони

Назва речовини	Величина ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Переважаючий агрегатний стан в умовах виробництва	Клас небезпеки	Особливості дії на організм
Мастила мінеральні нафтові	5	а	III	
Кремнію діоксид аморфний	2	а	III	Ф

## Продовження таблиці 5.2

Бензапірен	0,00015	а	I	К
Альдегід масляний	5	п	III	
Вуглеводні аліфатичні C <sub>1</sub> -C <sub>10</sub> (в перерахунку на С)	300	п	IV	
Молібдену розчинні з'єднання у вигляді аерозолі конденсації	2	а	III	

Контроль за вмістом шкідливих речовин у повітрі проводиться у можливих місцях найбільшого забруднення. Для однакового обладнання, чи під час виконання однакових операцій контроль може проводитися вибірково на окремих робочих місцях.

## 5.2.3 Виробниче освітлення

Освітлення важливе не тільки з точки зору санітарних норм чи правил, воно також сильно впливає на якість праці робітників.

Природне освітлення забезпечується за допомогою вікон в стінах чи даху.

Штучне освітлення в виробничих приміщеннях повинно відповідати вимогам наведеним в таблиці 5.3 та таблиці 5.4.

Таблиця 5.3 – Норми освітленості приміщень і виробничих дільниць

Приміщення	Площина нормування освітленості	Характер зорової роботи	Освітленість	
			норма	діюче
Механічна дільниця	Горизонтальна 0,8м	Середньої точності	300	250



Для зниження рівня шуму на станціях технічного обслуговування використовують архітектурно-планувальні методи захисту. На дільниці було використано метод раціонального розміщення робочих зон та технологічного обладнання і верстатів.

### 5.2.5 Виробнича вібрація

Під час виконання робочих завдань з робочим інструментом та різним обладнанням може створюватись вібрація. Показник вібрації характеризують за такими показниками як віброшвидкість, віброприскорення, рівень віброшвидкості, рівень віброприскорення.

Категорія вібрації на даному підприємстві 3 тип "а", тобто технологічна на робочих місцях. Критерієм оцінки – вважають межу зниження продуктивності праці. На працюючих з інструментом робітників діє локальна і загальна вібрація. Вона передається через руки працюючих і через підшви ніг.

Нормою вібраційного навантаження на працюючого робітника при тривалості зміни 8 год приведені в табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Норми вібраційного навантаження

Вид вібрації	Категорія вібрації за санітарними нормами	Напрямок дії	Нормативні коректовані за частотою та еквівалентні коректовані значення			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			м/с <sup>2</sup>	дБ	м/с, ·10 <sup>-2</sup>	дБ
Локальна	-----	X <sub>n</sub> ; Y <sub>n</sub> ; Z <sub>n</sub>	2,0	126	2,0	112
Загальна	3 тип "а"	X <sub>0</sub> ; Y <sub>0</sub> ; Z <sub>0</sub>	0,1	100	0,2	92

Задля зменшення вібрації, яка створюється на робочі місця та обладнання на дільницях встановлюють віброізолятори. На вентилятори систем вентиляції також встановлюють спеціальні віброізолятори і розміщують поза межами приміщеннями.

### 5.2.6 Виробничі випромінювання

Теплові апарати, які використовуються на підприємствах, є джерелами інфрачервоного випромінювання. За фізичною природою інфрачервоне випромінювання являє собою електромагнітні хвилі та потік квантових фотонів.

Вплив інфрачервоного випромінювання на очі нерідко викликає кон'юктивіти, помутніння рогівки, спазм зіниць, помутніння кришталика, опік сітчатки, «снігову» сліпоту. Під час опромінення очей випромінюванням інтенсивністю  $4,2 \text{ кВт/м}^2$  температура рогівки може досягати  $40^\circ\text{C}$  і більше. Постійна дія такого випромінювання на очі викликає професійне захворювання – катаракту.

Згідно ГОСТ 12.1.005-88, інтенсивність теплового опромінювання працівників від нагрітих поверхонь технологічного устаткування, освітлювальних приладів, інсталяції на постійних і не постійних робочих місцях не повинна перевищувати:

- $35 \text{ Вт/м}^2$  у разі опромінювання 50 % поверхні тіла і більше;
- $70 \text{ Вт/м}^2$  – якщо величина опромінювання від 20 до 50 %;
- $100 \text{ Вт/м}^2$  – коли опромінюється більше 25 % його поверхні.

За наявності теплового опромінювання температура повітря:

- на постійних робочих місцях не повинна перевищувати вказані в ГОСТ 12.1.005-88 верхні межі оптимальних значень для теплового періоду року ( $20 - 25^\circ\text{C}$  – залежно від важкості виконуваної роботи);
- на постійних робочих місцях – верхні межі допустимих значень для постійних робочих місць ( $19 - 28^\circ\text{C}$  – залежно від періоду року та важкості виконуваної роботи).

Для виключення теплових травм температура зовнішніх поверхонь технологічного устаткування чи огорожувальних пристроїв повинна бути не більше  $45^\circ\text{C}$ .

Допустимі значення параметрів випромінювання на робочому місці наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 5.5 – Допустимі значення неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Найменування параметра	Допустимі
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	10В/м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	0,3А/м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати:	
для дорослих користувачів	20кВ/м
для дітей дошкільних установ і що вчаться в середніх спеціальних і вищих учбових закладів	15кВ/м

Для зменшення впливу електромагнітного випромінювання на робітника слід дотримуватися раціонального режиму праці та чередувати роботу між собою.

### 5.2.7 Психофізичні фактори

Психофізичні фактори відіграють серйозну роль в продуктивності праці робітників. Оцінка даного критерію визначається через такі фактори: шкідливість та небезпечність виробничого процесу, важкість та напруженість трудового процесу.

Суттєвий вплив на рівень продуктивності праці чинить настрій працюючого. За даними досліджень, при доброму настрої продуктивність праці за однакових техніко-технологічних умов може підвищуватись на 8-12%, а при поганому - навпаки знижуватись на 5-7% і навіть більше. Основними заходами щодо створення доброї настрою працівникам в процесі роботи є:

- досконала організація праці;
- раціональне оснащення та планування робочого місця;
- своєчасна доставка робітників до місця роботи та з роботи;
- етичне ставлення керівників та спеціалістів до робітників під час видачі завдань і спілкування з ними;
- розстановка поруч працюючих робітників з урахуванням їх побажань за принципом симпатій один до одного, а не антипатій;



- створення на робочому місці нормативних санітарно-гігієнічних та естетичних умов праці.

До показників, що характеризують напруженість праці, належать: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

Інтелектуальні навантаження:

- зміст роботи – діяльність, яка вимагає швидкого вирішення складних завдань;
- сприймання інформації та їх оцінка – порівняння різних фактичних значень параметрів з їх номінальними значеннями, оцінка та висновки отриманих значень параметрів;
- розподіл функцій за ступенем складності завдання – виконання завдання та самоперевірка.

Сенсорні навантаження:

- зосередження (% за зміну) – до 50-85%;
- навантаження на слуховий аналізатор (%) – розбірливість слів та сигналів від 50 до 80 %;
- навантаження на голосовий апарат ( протягом 1 робочої зміни ) – більше 1 год.

Емоційне навантаження:

Відповідальність за власний результат – є відповідальним за якість виконаної роботи;

Ступінь ризику для власного життя – вірогідний;

Режим праці:

- тривалість робочого дня – більше 8 год;
- змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

За зазначеними показниками важкості та напруженості праці, робота, яка виконується належить до допустимого класу умов праці (напруженість праці середнього ступеня).

Робоча зміна триває 8 год. на добу, за класифікацією вважається енергозатратною, близько 160 Вт., робоча поза «стоячи» майже 80% часу.

За зазначеними показниками важкості та напруженості праці, робота, яка виконується належить до допустимого класу умов праці (напруженість праці середнього ступеня).

### **5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях**

Розробка та розрахунок пункту спеціальної обробки (ПуСО) на базі ПАТ «Автотранском».

#### **5.3.1 Призначення ПуСО**

Повну спеціальну обробку техніки проводять на пунктах знезараження техніки, які можуть розгортатись у стаціонарних умовах на базі пристосованих для цього станцій технічного обслуговування та ремонту автомобілів, автомобільних мийок тощо або пунктах знезараження техніки, як складової частини пункту спеціальної обробки. Пункт знезараження техніки може розгортатися як самостійний об'єкт або у складі пункту спеціальної обробки. Під час проведення повної спеціальної обробки техніки необхідно дотримуватися такої послідовності проведення операцій:

- контроль забруднення техніки (у разі забруднення радіоактивними речовинами);
- очищення та миття зовнішніх і внутрішніх поверхонь автотранспорту (техніки) (у разі забруднення радіоактивними речовинами);
- нанесення на поверхні автотранспорту (техніки) знезаражувальних речовин (під час проведення дегазації і дезінфекції);
- витримка знезаражувальних речовин на поверхні автотранспорту (техніки);
- змивання (зняття) знезаражувальних речовин;
- повторний контроль ступеня забрудненості радіоактивними речовинами автотранспорту (техніки) і за потреби повторна дезактивація;
- змазування поверхонь деталей, обладнання та інструменту, виготовленого з матеріалів, які легко піддаються корозії.

З огляду на зазначене основними елементами пункту знезараження техніки є: контрольно-розподільний пост (якщо ПЗТ – самостійний об'єкт); майданчик очікування; пости спеціальної обробки; майданчик оброблених машин. Контрольно-розподільний пост призначений для контролю рівня радіоактивного забруднення і виявлення хімічного забруднення техніки, яка прибуває на ПЗТ, з метою встановлення необхідності проведення спеціальної обробки та організації потоків її проведення. Майданчик очікування призначений для тимчасового перебування техніки, яка прибула на ПЗТ до початку проведення спеціальної обробки. Пости спеціальної обробки призначені для дезактивації, дегазації та дезінфекції техніки. Майданчик оброблених машин призначений для підготовки техніки, що пройшла спеціальну обробку, до експлуатації. З метою розділення забруднених потоків техніки від потоків техніки, яка пройшла спеціальну обробку, пункт знезараження техніки доцільно розділити на «брудну» і «чисту» зони. Вибір розчинів, рецептур і речовин для спеціальної обробки здійснюється залежно від виду і ступеня забруднення типу технічних засобів, які використовуються для спеціальної обробки, характеристики поверхонь, що обробляються, пори року. Робочі пости «брудної» і «чистої» зон для роботи в нижній частині автотранспорту мають бути обладнані оглядовими ямами, естакадами або підйомниками. На постах спеціальної обробки в «брудній» зоні доцільно передбачити робочі пости із столами з металічним або пластмасовим покриттям, а також металічні ємності із знезаражувальними розчинами для спеціальної обробки вузлів, деталей, обладнання та інструменту, що знімається з автомобілів.

У «чистій» зоні доцільно передбачити улаштування робочих постів для повторного контролю і змазування вузлів, деталей, обладнання та інструменту після спеціальної обробки. Дезактивацію техніки і транспорту можна проводити таким чином: змиванням радіоактивних речовин розчинами для дезактивації, водою і розчинниками з одночасною обробкою зараженої поверхні техніки щітками дегазаційних машин і приладів, що дозволяє знизити забруднення у 50 – 80 разів; змиванням радіоактивних речовин струменем води під тиском, що дозволяє знизити забрудненість у 20 разів; видаленням радіоактивних речовин переривистим газо-крапельним потоком з використанням спеціальної техніки з турбореактивними двигунами; видаленням радіоактивних речовин, обтиранням

забруднених поверхонь тампонами з ганчірок, змоченими розчинами для дезактивації, водою або розчинниками; використовується в основному для внутрішніх поверхонь техніки і транспорту; змиванням (змиванням) радіоактивного пилу віниками, щітками, ганчір'ям та іншими підручними засобами; використовується в основному під час проведення часткової дезактивації; видаленням радіоактивного пилу методом відсмоктування пилу, здійснюється за допомогою спеціальних комплектів (ДК 4). Повна дегазація здійснюється таким самим чином як і дезактивація, але тільки з використанням активних розчинів для дегазації і дезінфекції. Якщо можливо, доцільно проводити відразу повну, а не часткову дезактивацію, дегазацію техніки та транспорту.

### 5.3.2 Розрахунок характеристик пункту спеціальної обробки

Визначення кількості естакад необхідних для миття автомобілів:

$$N_e = \frac{H_{год} \cdot t_m}{60} = \frac{18 \cdot 15}{60} = 4,5,$$

де  $H_{год} = 18$  (авт/год) – інтенсивність руху автомобілів;

$t_m = 15$  (хв.) – час витрачений на миття одного автомобіля.

Приймаємо 5 естакад.

Визначаємо необхідну кількість постів для прибирання:

$$N_e = \frac{H_{год} \cdot t_n}{60} = \frac{18 \cdot 14}{60} = 4,2$$

де  $t_n = 14$  (хв) – мінімальний час необхідний для прибирання одного автомобіля.

Приймаємо 5 постів для прибирання.

Визначаємо необхідну кількість води для миття автомобілів на 5 днів:

1. Протягом 4-х днів безперервної роботи через ПуСО пройде

$$H_{7д} = H_{год} \cdot 24 \cdot 4 = 18 \cdot 24 \cdot 4 = 2160 \text{ (авт)}.$$

2. Необхідна кількість води для миття одного автомобіля  $V_a = 200$  л, тоді необхідна кількість води на 5 діб

$$V_{7д} = 2160 \cdot 200 = 432000 \text{ (л)};$$

Визначаємо необхідну кількість препарату для дезактивації за умови, що витрати необхідного розчину будуть такі ж як витрати води:

$$V_{\text{п}} = M_{\text{п}} \cdot V_{\text{а}},$$

Норми витрати порошку СФ-2 на один літр води складають

$M_{\text{п}} = 0,15\%$ , тоді:

$$V_{\text{п5д}} = M_{\text{п}} \cdot V_{5\text{д}} = 0,0015 \cdot 432000 = 648 \text{ (кг)};$$

Норми витрати натрію гексаметафосфату (ГМФН) 0,7%, знайдемо його необхідну кількість:

$$V_{\text{п5д}} = M_{\text{п}} \cdot V_{5\text{д}} = 0,007 \cdot 432000 = 3024 \text{ (л)}.$$

### 5.3.3 Розробка плану пункту спеціальної обробки

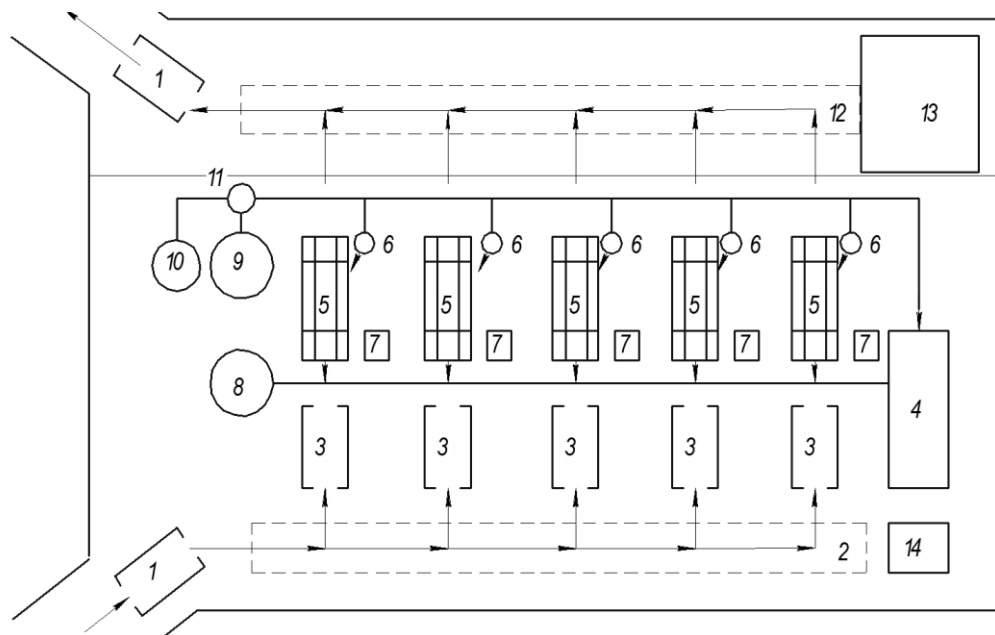


Рисунок 5.1 – Схема організації ПуСО:

1 - зона дозиметричного контролю, 2 - зона висадки пасажирів та очікування, 3 - зона проведення прибирання, 4 - пункт санітарної обробки пасажирів та тимчасового перебування, 5 - естакади, 6 - пристрої подачі води, 7 - столи для обробки вузлів, 8 - відстійник стічних вод, 9 - смітник з водою, 10 - смітник дезактиваційним розчином, 11 - дозатор, 12 - зона посадки пасажирів, 13 - зона очікування, 14 - склад відпрацьованих ЗІЗ

### 5.3.4 Способи дезактивації техніки і транспорту

Дезактивацію проводять за допомогою хімічних, електрохімічних, механічних та інших спеціальних методів, які дозволяють якщо не повністю

усунути радіоактивне забруднення, то понизити його до рівнів, коли воно вже не становитиме загрози. Часто проводять комплексну дезактивацію, застосовуючи до одного і того самого об'єкта кілька різних способів дезактивації.

Враховуючи те, що кількість радіоактивних відходів з поступовим зняттям з експлуатації ядерних об'єктів лише зростатиме, то питання дезактивації є дуже актуальним, адже дозволяє суттєво зменшити їх обсяг.

Процес дезактивації відбувається у два етапи, перший з яких полягає у подоланні зв'язку між носіями радіоактивного забруднення та забрудненою поверхнею і другий – транспортування радіоактивного забруднення з цієї поверхні.

Для видалення радіоактивного забруднення з будь-якої поверхні доцільно використовувати:

- воду;
- мийні засоби на основі сульфонолу (СФ-2у-; СФ-3),
- будь-які побутові мийні засоби і речовини; мило;
- промислові відходи, які містять поверхнево-активні речовини.

Крім того можна використовувати розчин прального порошку – 3 г; луку – 10 г; води – до 1 л. Цінне обладнання, прилади доцільно дезактивувати розчином лимонної або щавлевої кислоти такого складу: лимонна або щавлева кислота – 10 – 20 г; вода – до 1 л. Для дезактивації поверхонь, пофарбованих хімічно стійкими емаллями, таких як нержавіюча сталь, пластмаса, інструментальна сталь та обладнання, прилади, доцільно використовувати 0,15 % розчин порошку СФ-2У (або інші побутові мийні засоби) у воді влітку або у 20 – 25 % аміачній воді зимою. У процесі дезактивації необхідно вживати заходів для можливого скорочення витрат мийних засобів з метою зменшення кількості відходів.

## **5.4 Висновки**

Передусім до завдань служби охорони праці входить організація проведення профілактичних заходів, спрямованих на усунення шкідливих і небезпечних виробничих факторів, запобігання нещасним випадкам, професійним

захворюванням, аваріям та іншим випадкам загрози життю або здоров'ю працівників. Також СОП повинна:

- забезпечити вивчення та сприяти впровадженню у виробництво досягнень науки і техніки, прогресивних і безпечних технологій, сучасних засобів колективного та індивідуального захисту працівників;

- здійснювати контроль за дотриманням працівниками вимог нормативно-правових актів з охорони праці і колективного договору;

- інформувати та надавати роз'яснення працівникам підприємства з питань охорони праці;

- розробляти спільно з іншими підрозділами підприємства комплексні заходи для досягнення встановлених нормативів та підвищення наявного рівня охорони праці, планів, програм поліпшення умов праці, запобігання виробничому травматизму, професійним захворюванням тощо.

Україна – одна із країн, що має найбільший практичний досвід із проведення та організації дезактивації. Технології ускладнюються та удосконалюються, стаючи все більш ефективними, енергоощадними, більш економічно вигідними, дружніми до навколишнього середовища та людини. Деякі із них дозволяють звести контакт людини і радіоактивної речовини до мінімуму, а це – важливо, адже людське життя та здоров'я безцінні.

## ВИСНОВОК

В даній роботі спершу був проведений аналіз роботи досліджуваного підприємства – «Автотранском», воно займається роботами з технічного обслуговування та ремонту двигунів автомобілів, в основному спеціалізуються на двигунах автомобілів КамАЗ-740.11-240. Згідно отриманих даних в другому розділі були проведені дослідження, на основі яких і отримали результат який дозволив би вирішити поставлене в роботі актуальне завдання — а саме, зменшити експлуатаційні витрати на підприємстві «Автотранском» шляхом проведення планово-запобіжних ремонтів з обґрунтованою періодичністю протягом усього терміну служби ДВЗ, було визначено, що періодичність попереджувальних ремонтів та обліку індивідуального стану ДВЗ, призводить до збільшення ресурса на 12...16%, скорочення на 17...21% запасних частин та зменшення на 24...27% трудомісткості ремонту.

Отримано аналітичний вигляд критерію оптимальності попереджувального ремонту, що враховує недовикористаний ресурс деталей ДВЗ і дозволяє скоротити експлуатаційні витрати протягом усього терміну служби ДВЗ.

Виконані теоретичні та експериментальні дослідження питомих витрат при проведенні планово-запобіжних та капітальних ремонтів на прикладі ДВЗ КамАЗ-740.11-240. За ними встановлена залежність частки відновлення ресурса ДВЗ від трудомісткості попереджувальних ремонтів, облік якої дозволить знизити заплановану трудомісткість на 11%.

Розроблено алгоритм та схему технологічного процесу діагностування двигуна для обґрунтування обсягу попереджувального ремонту та його періодичності. Усі проведені вище дослідження розкривають причини несподіваних відмов деталей двигунів і показують, що вони наступають раніше ніж використання всього ресурса базових деталей. Так, за відомими даними мінімальний ресурс двигуна КамАЗ-740 до шліфування колінчастого валу, що фактично є критерієм проведення КР, становить близько 223 тис. км. Це значно вище за фактичне напрацювання двигунів, які відправляються в ремонт — 125...153 тис. км, з яких до 40% через повертання корінних вкладишів.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Романюк С. О. Розробка нових бізнес-моделей станцій технічного обслуговування / С.О. Романюк, А.Р. Коваленко, О.О. Єромін // І науково-технічна конференція Вінницького національного технічного університету (НТК ВНТУ) , 10-11 березня 2021: тези доповідей. – Вінниця : ВНТУ, 2021. Режим доступу <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2021/paper/view/12745/10719>.
2. Данилов І. К. Надійність двигунів КамАЗ-740 / І. К. Данилов // Вантажне та пасажирське автогосподарство. - 2003. - № 3. - С. 30.
3. Дюмін І.Є. Проблеми вдосконалення ремонту та підвищення ефективності використання автомобільних двигунів: дис. д-ра техн. наук/І.Є. Дюмін. - Харків, 1979. - 388 с.
4. Денисов А.С. Основи формування експлуатаційно-ремонтного циклу автомобілів / О.С. Денисов. - Рівне: Рівненський держ. техн. ун-т, 1999. - 352с.
5. Організація ремонту та технічного обслуговування будівельних машин у США / Д.П. Волков, С.М. Миколаїв // Механізація будівництва. - 1978. - № 3. - С. 25-29.
6. Автомобільні двигуни : підручник / Ф.І. Абрамчук, Ю.Ф. Гутаревич, К.Є. Долганов, І.І. Тимченко. – К. : Арістей, 2007. – 476 с.
7. Головін С.Ф. Дослідження та вдосконалення методів керування надійністю автомобільних конструкцій в експлуатації: автореф. дис. канд. техн. наук / С. Ф. Головін. - М., 1979. - 15 с.
8. Красавін А. І. Нове в авторемонтному виробництві (із зарубіжного досвіду) / О. І. Красавін та ін. // Механізація та електрифікація соціалістичного сільського господарства. - 1980. - № 6. - С. 57-62.
9. Індікт Є.А. Визначення ресурса двигуна за технічним та економічним критеріям / О.О. Індікт, А.М. Шейнін // Автомобільна промисловість. - 1971. - № 2. - С. 13-16.
10. Бідняк М.М. Управління науково-технічним прогресом на автомобільному транспорті / М.М. Бідняк, Л.П. Борівська. - Київ: Техніка, 1989. - 200 с.

11. Денисов А.С. Аналіз методів діагностування шатунних підшипників ДВЗ та обґрунтування динамічної оцінки їх технічного стану / О.С. Денисов, І.К. Данилов // Двигунобудування. 2004. - № 3. - С. 41-45.

12. Буравцев Б.К. Якість складання підшипників колінчастого валу та надійність дизельних двигунів / Б.К. Буравцев // Автомобільний транспорт. - 1982. - N. 12. - С. 41-42.

13. Костецький Б.І. Надійність та довговічність машин/Б.І. Костецький та ін. - Київ: Техніка, 1975. - 408 с.

14. Автомобильный справочник BOSCH [Текст] : (перевод: "Automotive Handbook BOSCH") – М. : ЗАО КЖИ "За рулем", 2004. – 992 с.

15. Яқунін Н.М. Розрахункова оцінка умов змащування коренів підшипників автомобільних двигунів / Н.М. Яқунін, Р.Ф. Калімулін // Вісник ОДУ. - 2000. - № 1. - С. 54-58.

16. Буренніков Ю. А., Кашканов А. А., Ребедаило В. М. Рухомий склад автомобільного транспорту: робочі процеси та елементи розрахунку. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 267 с.

17. Білоконь Я. Ю. Спеціалізований рухомий склад автомобільного транспорту : навчальний посібник / Я. Ю. Білоконь, А. І. Окоча. - К. : "Аграр Медіа Груп", 2011. - 249 с.

18. Транспортні енергетичні установки (традиційні, нетрадиційні та альтернативні), принцип роботи та особливості будови : навч. посіб. / Ю.Ф. Гутаревич, Л.П. Мержиєвська, О.В. Сирота, Д.М. Тріфонов. – К. : НТУ, 2015. – 244 с.

19. ГОСТ 23435-79. Двигуни внутрішнього згоряння поршневі. Номенклатура діагностичних властивостей. - М.: Вид-во стандартів, 1980. - 8 с.

20. ГОСТ 14846-69. Двигуни автомобільні. Методи стендових випробувань. - М.: Вид-во стандартів, 1970. - 15 с.

21. ГОСТ 10541-78. Олії автомобільні. Технічні вимоги // Нафтопродукти. Олії. Мاستила. Присадки. - М.: Вид-во стандартів, 1979. - 394 с.

22. Наказ від 08.04.2014 № 248 Про затвердження Державних санітарних норм та правил Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості

трудового процесу - [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/topiccatalogua/labor-protection/14.\\_nakazy\\_ta\\_rozpor\\_183575/248+58074-detail.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/topiccatalogua/labor-protection/14._nakazy_ta_rozpor_183575/248+58074-detail.html)

23. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://vsegost.com/Catalog/41/41131.shtml>

24. ДСТУ Б В.2.5-82:2016 Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом- [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=65395](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=65395)

25. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=79885](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885)

26. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

27. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

28. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги- [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://www.poliplast.ua/doc/dbn\\_v.1.1-7-2002..pdf](http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002..pdf)

29. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек [Електронний ресурс] - Режим доступу: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu\\_b\\_v\\_1\\_1\\_36/5-1-0-1759](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759).

## **ДОДАТКИ**

## ДОДАТОК А

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

### Графічна частина

до магістерської кваліфікаційної роботи на тему:

«Обґрунтування доцільності проведення попереджувальних ремонтів двигунів  
внутрішнього згорання автомобілів з метою зменшення експлуатаційних витрат  
на базі станції технічного обслуговування автомобілів приватного підприємства  
«Автотранском» місто Вінниця»

зі спеціальності 274 – «Автомобільний транспорт»

08-29.МКР.004.00.000

Розробив студент гр. ІАТ-21м  
Керівник роботи к.т.н., доцент



Єромін О.О.  
Романюк С.О.

ДОДАТОК Б

ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Тема роботи: Обґрунтування доцільності проведення попереджувальних ремонтів двигунів внутрішнього згорання автомобілів з метою зменшення експлуатаційних витрат на базі станції технічного обслуговування автомобілів приватного підприємства «Автотранском» місто Вінниця

Тип роботи: Магістерська дипломна робота  
(БДР, МКР)

Назва підрозділу: кафедра автомобілів та транспортного менеджменту  
(кафедра, факультет)

**Показники звіту подібності Unicheck**

Оригінальність 99,7 % Схожість 0,3 %

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 або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.


Особа, відповідальна за перевірку

  
(підпис)

Цимбал О.В.  
(прізвище, ініціали)

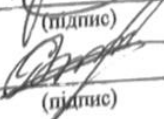
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи

  
(підпис)

Єромін О.О.  
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

  
(підпис)

Романюк С.О.  
(прізвище, ініціали)

## Мета та задачі дослідження

**Метою роботи** - скорочення можливих витрат шляхом проведенням попереджувальних ремонтів з створеною та обґрунтованою періодичністю протягом всього терміну експлуатації ДВЗ.

**Об'єкт дослідження** – процес, пов'язаний з обслуговуванням таремонтом автомобільних двигунів, а також його економічна доцільність.

**Предмет дослідження** – попереджувальний ремонт автомобільних двигунів та його обґрунтована періодичність.

### Наукова новизна одержаних результатів.

1. Розроблена та обґрунтована періодичність попереджувальних ремонтів автомобільних двигунів, шляхом обліку питомих витрат на забезпечення його працездатності протягом всього терміну служби.
2. Визначено експоненційну залежність частки відновлення ресурса двигуна від трудомісткості ремонтних операцій поточного ремонту (ПР) з використанням теорії багато-рівневої ієрархічної системи (МІС), що знімає заплановану трудомісткість ПР.
3. Створено алгоритми та схеми технологічного процесу діагностування автомобільного двигуна (ДВЗ), за допомогою використання нового пристрою для оцінки технічного стану двигуна.

## Рухомий склад Вінницької автоколони ПП «Автотранском»

Таблиця 1.1 - Наявність автотранспорту що забезпечує міжміські перевезення



КамАЗ-65111

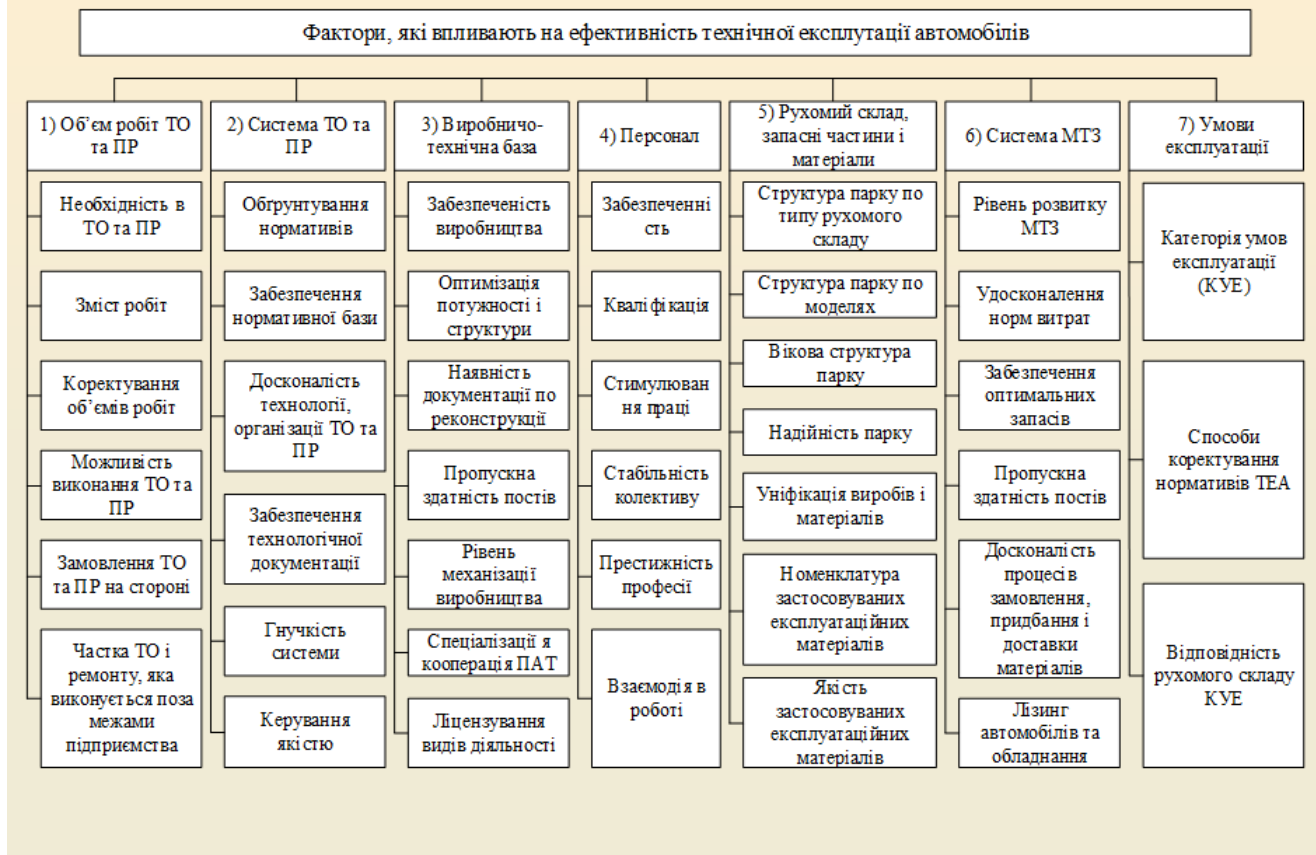
№	Марка автомобіля	Кількість	Номінальна вантажопідйомність, т	Об'єм кузову, м <sup>3</sup>
1	КамАЗ-65111	43	15	8
2	КамАЗ-6520	37	20	12
	Разом	80		

Таблиця 1.2 - Основні дані про роботи автотранспорту за 2019 – 2021р.

Показники	2019	2020	2021
1. Середньооблікова кількість автомобілів, одиниць	62	59	80
2. Автомобіледні перебування в господарстві, тис.	22,6	21,5	21,2
3. Автомобіледні в роботі, тис	9,3	10,3	10,8
4. Час в наряді, тис. год.	70,5	90,6	89,6
5. Загальний пробіг, тис. км	2572,9	3267,5	3386,9
6. Обсяг перевезень, тис. т	247,5	291,7	325,1
7. Вантажообіг, тис. ткм	29701,2	35006,3	39017,4

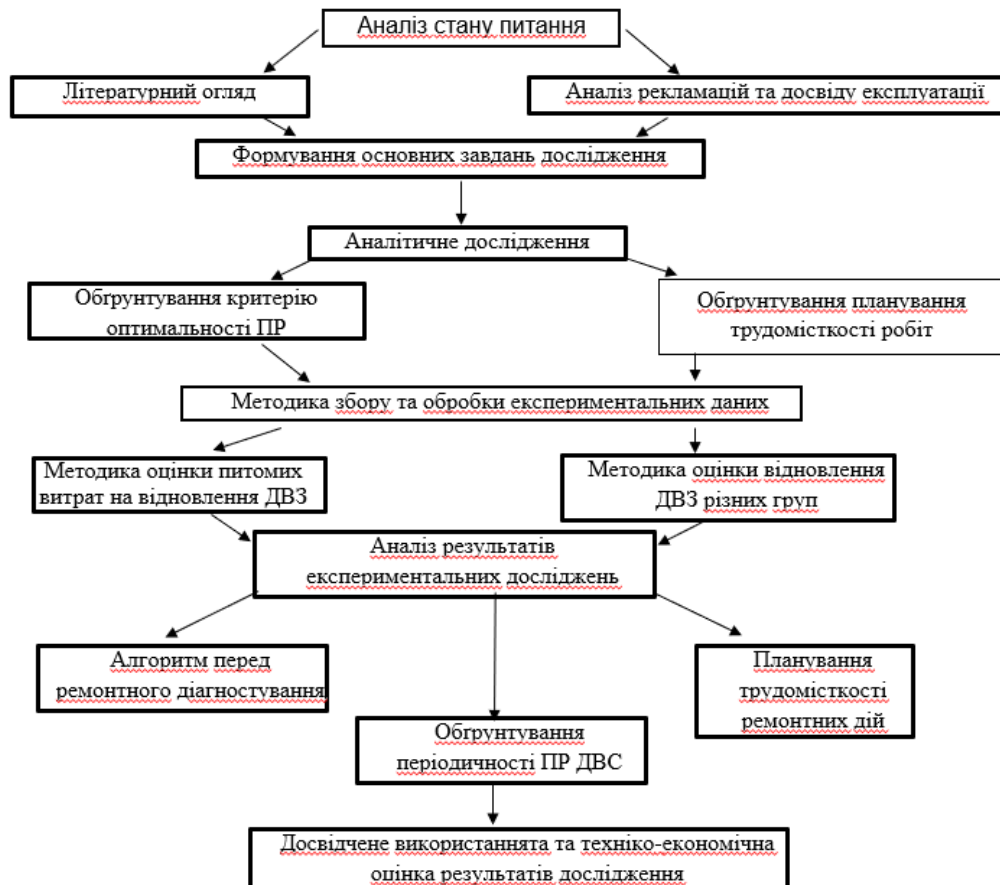
## Фактори, що впливають на ефективність технічної експлуатації автомобілів

4



## Схема загальної методики дослідження оцінки витрат на технічне обслуговування

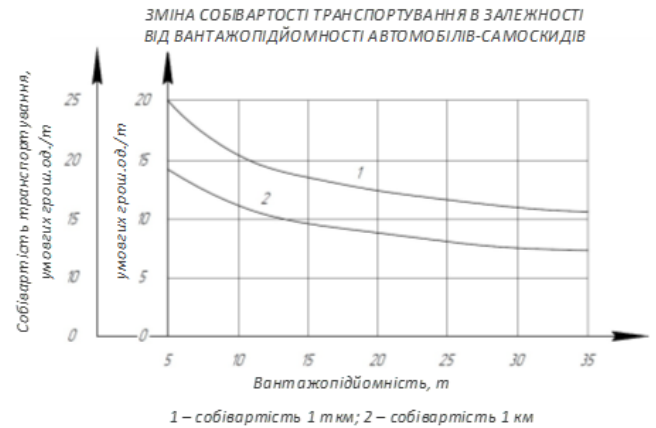
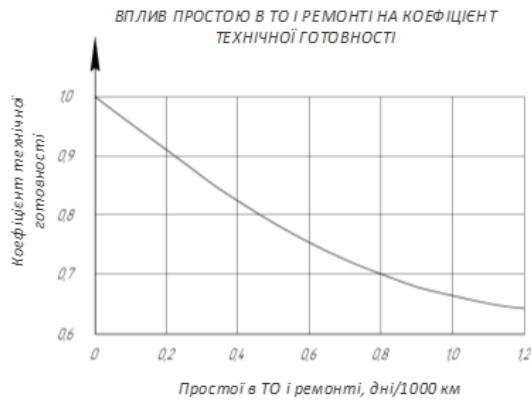
5





## Графіки залежності параметрів ефективності експлуатації рухомого складу від техніко-експлуатаційних показників

6



## Обґрунтування періодичності попереджувальних ремонтів за термін служби ДВЗ

7

Таблиця 3.1 - Розподіл причин зняття дизелів КамАЗ-740 в КР, %

№	Найменування	До КР	Після КР	Після ПР
1	Зношування КШМ	11	9	29
2	Зношування ЦПГ	28	11	49
3	Зношування головок циліндрів	6	3	11
4	Руйнування головок циліндрів	7	9	0,5
5	Тріщини і задири гільз циліндрів	11	21	3,5
6	Руйнування блоку двигуна шатуном	3	14	1
Провертання вкладишів:				
7	корінних	9	9	2
	шатунних	26	24	4



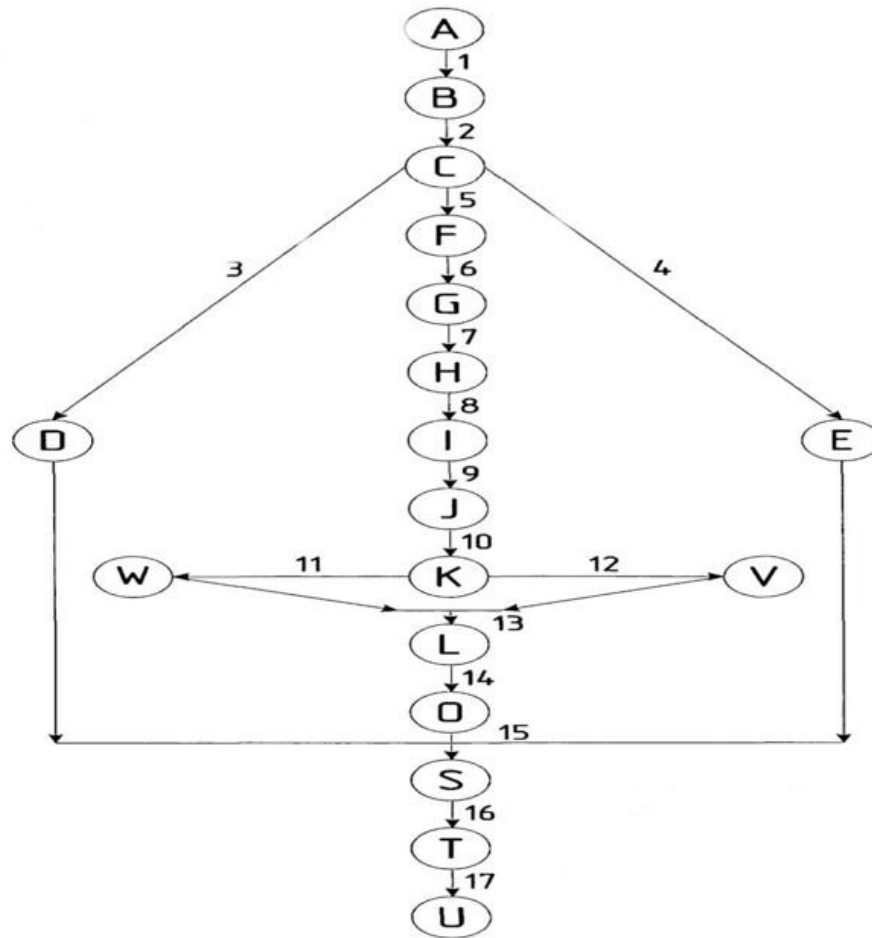
ДВЗ КамАЗ-740

Таблиця 3.2 - Параметри розподілу пробігу ДВЗ КамАЗ-740 до КР

Пробіг	Середнє значення, тис. км	Середньоквадратичне відхилення, тис. км
Загальний до першого КР	172,2	84,8
Загальний до повторного КР	103,5	55,9
До першого КР через аварійні пошкодження	151,9	75,4
До першого КР за ознаками зношування	203,7	98,9

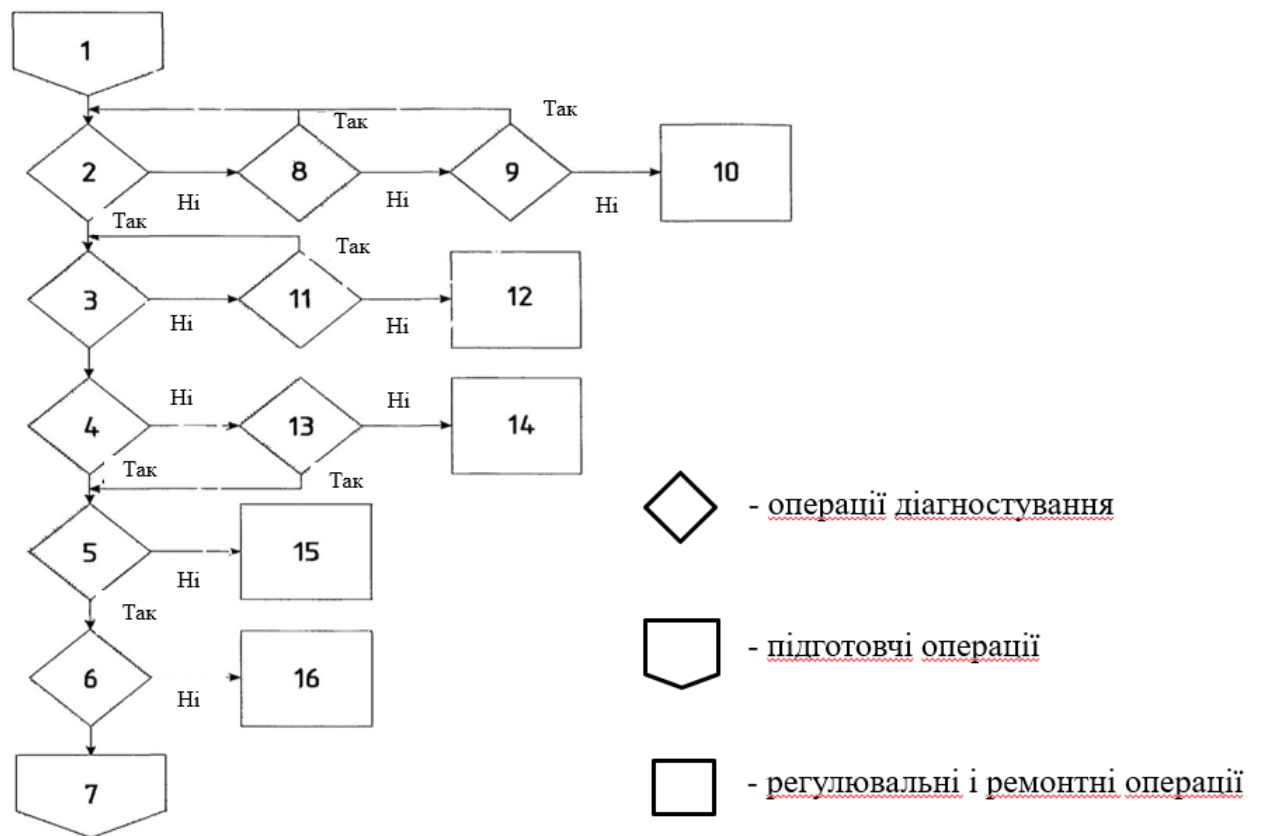
**РЕТР-діаграма попереджувального ремонту двигуна**

8



## Алгоритм передремонтного діагностування двигунів

9



## Технологічна карта виконання попереджувального ремонту двигуна КамАЗ-740

10

Номер операції	Найменування склад робіт	Місце виконання операції	Технічні умови та вказівки
1.	<u>Діагностування двигуна</u>	пост ПР	Параметри технічного стану повинні відповідати нормативним
2.	<u>Зовнішнє очищення двигуна</u>	пост ПР	Очистити від забруднень місця кріплення та роз'єму деталей двигуна. Злити воду з системи охолодження
3.	Підрозбирання ДВЗ	пост ПР відділення паливної апаратури	<u>Зняти піддон двигуна, попередньо злити масло. За потреби замінити фільтруючі елементи системи живлення та мащення.</u> <u>Зняти та відрегулювати ПНВТ та форсунки відповідно до необхідних значень параметрів</u>
4.	Зняття головок циліндрів	пост ПР агрегатна дільниця	<u>Зняти і перевірити технічний стан деталей головок блоку циліндрів, при необхідності замінити.</u> <u>Притерти фаски клапанів до сідла</u>

## Технологічна карта виконання попереджувального ремонту двигуна КамАЗ (продовження)

11

5.	Зняття шатунних вкладишів	пост ПР	Відвернути нижніболти кришки шатуна, Зняти вкладиші
6.	Розбирання кривошипно-шатунного механізму	пост ПР	Вийняти шатуни з поршнями та пронумерувати їх по циліндрах, замінити всі поршне вікільця за допомогою спецпристосування
7.	Перевірка стану сполучення палець - поршень	пост ПР, верстат	По черзі затиснути у лещата шатуни з поршнями та перевірити зазор між пальцем і бобишками поршня
8	Заміна корінних вкладишів	пост ПР	Відвернути болти кріплення корінних опор і заміни вкладиші, затягнути болти з моментом 20. ..22 кгс м
9.	Встановлення шатунних вкладишів	пост ПР	Встановити шатуни в зборі з поршнями відповідно з нумерацією у блок циліндрів та встанови вкладиші, затягнути шатунні болти з моментом 18...20 кгс м
10.	Встановлення головки циліндрів	пост ПР	Проклавши прокладки, по черзі затягнути їх з моментом 16... 18 кгс м

номер слайда

## Технологічна карта виконання попереджувального ремонту двигуна КамАЗ (продовження)

12

11.	Постановка масляного насоса	пост ПР	Встановити масляний насос та затягнути болти кріплення моментом 9. .. 10 кгс м
12.	Встановлення піддону картера	пост ПР	Встановивши прокладку, затягнути болти кріплення піддону моментом 5. ..6,2 кгс м
13.	Встановлення ПНВТ та форсунок	пост ПР	Встановити форсунки, ПНВТ та затягнути форсунки моментом 16...18 кгс м, ПНВТ - 10.. . 12 кгс м. Встановити паливопровідні трубки
t4.	Завивка заправних ємностей	пост ПР	Залити систему охолодження водою або антифризом (31 літрів з передгусковим підігрівачем,29,4 - без нього). Залити систему мащення ДВЗ: 26 літрів
15.	Контроль якості попереджувального ремонту	пост ПР	Запустити двигун та випробувати його роботу відповідно з алгоритмом передремонтного діагностування
16.	Контроль герметичності повітряного впускного тракту	пост ПР	Оцінити герметичність впускного тракту спеціальною приспособою

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В даній роботі спершу був проведений аналіз роботи досліджуваного підприємства – «Автотранском», воно займається роботами з технічного обслуговування та ремонту двигунів автомобілів, в основному спеціалізуються на двигунах автомобілів КамАЗ-740.11-240. Згідно отриманих даних в другому розділі були проведені дослідження, на основі яких і отримали результат який дозволив би вирішити поставлене в роботі актуальне завдання — а саме, зменшити експлуатаційні витрати на підприємстві «Автотранском» шляхом проведення планово-запобіжних ремонтів з обґрунтованою періодичністю протягом усього терміну служби ДВЗ, було визначено, що періодичність попереджувальних ремонтів та обліку індивідуального стану ДВЗ, призводить до збільшення ресурса на 12...16%, скорочення на 17...21% запасних частин та зменшення на 24...27% трудомісткості ремонту.

Отримано аналітичний вигляд критерію оптимальності попереджувального ремонту, що враховує недовикористаний ресурс деталей ДВЗ і дозволяє скоротити експлуатаційні витрати протягом усього терміну служби ДВЗ.

Виконані теоретичні та експериментальні дослідження питомих витрат при проведенні планово-запобіжних та капітальних ремонтів на прикладі ДВЗ КамАЗ-740.11-240. За ними встановлена залежність частки відновлення ресурса ДВЗ від трудомісткості попереджувальних ремонтів, облік якої дозволить знижити заплановану трудомісткість на 11%.

Розроблено алгоритм та схему технологічного процесу діагностування двигуна для обґрунтування обсягу попереджувального ремонту та його періодичності. Усі проведені вище дослідження розкривають причини несподіваних відмов деталей двигунів і показують, що вони наступають раніше ніж використання всього ресурса базових деталей. Так, за відомими даними мінімальний ресурс двигуна КамАЗ-740 до шліфування колінчастого валу, що фактично є критерієм проведення КР, становить близько 223 тис. км. Це значно вище за фактичне напрацювання двигунів, які відправляються в ремонт — 125...153 тис. км, з яких до 40% через повертання корінних вкладишів.

Економічний ефект складе майже 14657 гривень за один рік. Додатковий економічний ефект може бути отриманий від зниження простоїв автомобіля через відсутність двигунів, підвищення продуктивності автомобілів, зниження витрат на транспортування двигунів на ремонтні заводи та зменшення дорожніх відмов автомобілів з технічних причин. Таким чином, відмова від проведення КР та підтримка технічного стану двигуна проведенням попереджувальних ремонтів з обґрунтованою періодичністю за результатами діагностування дозволить не лише продовжити ресурс та скоротити експлуатаційні витрати, а й отримати значний економічний ефект.

## Додаток В

Таблиця В.1 - Рекомендації щодо вдосконалення структури технічних впливів на відновлення працездатності двигунів

Автор методу відновлення працездатності ДВЗ	Напрацювання двигуна до ремонту, тис. км	Вид ремонтної дії	Склад відновлювальних робіт
1	2	3	4
Двигун ЗМЗ-53			
Савчук В.А., Іванченко І.Б., Русавський В.І.	150...160	Поточний ремонт	Заміна корінних вкладишів поршневих кілець, притирання клапанів головок блоку циліндрів
	180...220	Середній ремонт	Заміна поршневої групи, вкладишів, прокладок, сальників, розточування гільз циліндрів, шліфовка шийок колінчастого вала
	300...320	Капітальний ремонт	Ремонт блоку циліндрів заміна деталей
Петровський І.Є.	150	Попереджувальний ремонт	Заміна поршневих кілець, всіх вкладишів, прокладок, притирання або заміна клапанів
	220	Середній ремонт	Заміна поршневої групи, гільз, колінчастого валу з вкладишами, головок блоку
	310	Капітальний ремонт	Ремонт блоку циліндрів заміна деталей

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4
Двигун ЗІЛ-13			
Пелипенко А.Ю.	180. . .250	Середній ремонт	Заміна деталей за потребою з мінімальним зносом
	250. . .350	Капітальний ремонт	Відновлення деталей до номінальних або ремонтних розмірів з метою забезпечення ресурса, що дорівнює 80% нового
Дюмін І.Є.	130	Поточний ремонт	Заміна всіх прокладок головок
	150	Попередній ремонт	Заміна поршневої групи та вкладишів
Двигун КамАЗ-74			
Кравченко О.О.	80...90	Попереджувальний ремонт	Заміна кілець та вкладишів
Данилюк Г.А.	120	Попереджувальний ремонт	Заміна поршневих кілець, вкладишів, прокладок. Очищення та регулювання ДВЗ
	200	Капітальний ремонт	Заміна поршневої групи та вкладишів
	280	Попереджувальний ремонт	Очищення та регулювання ДВЗ
	360	Списання двигуна	

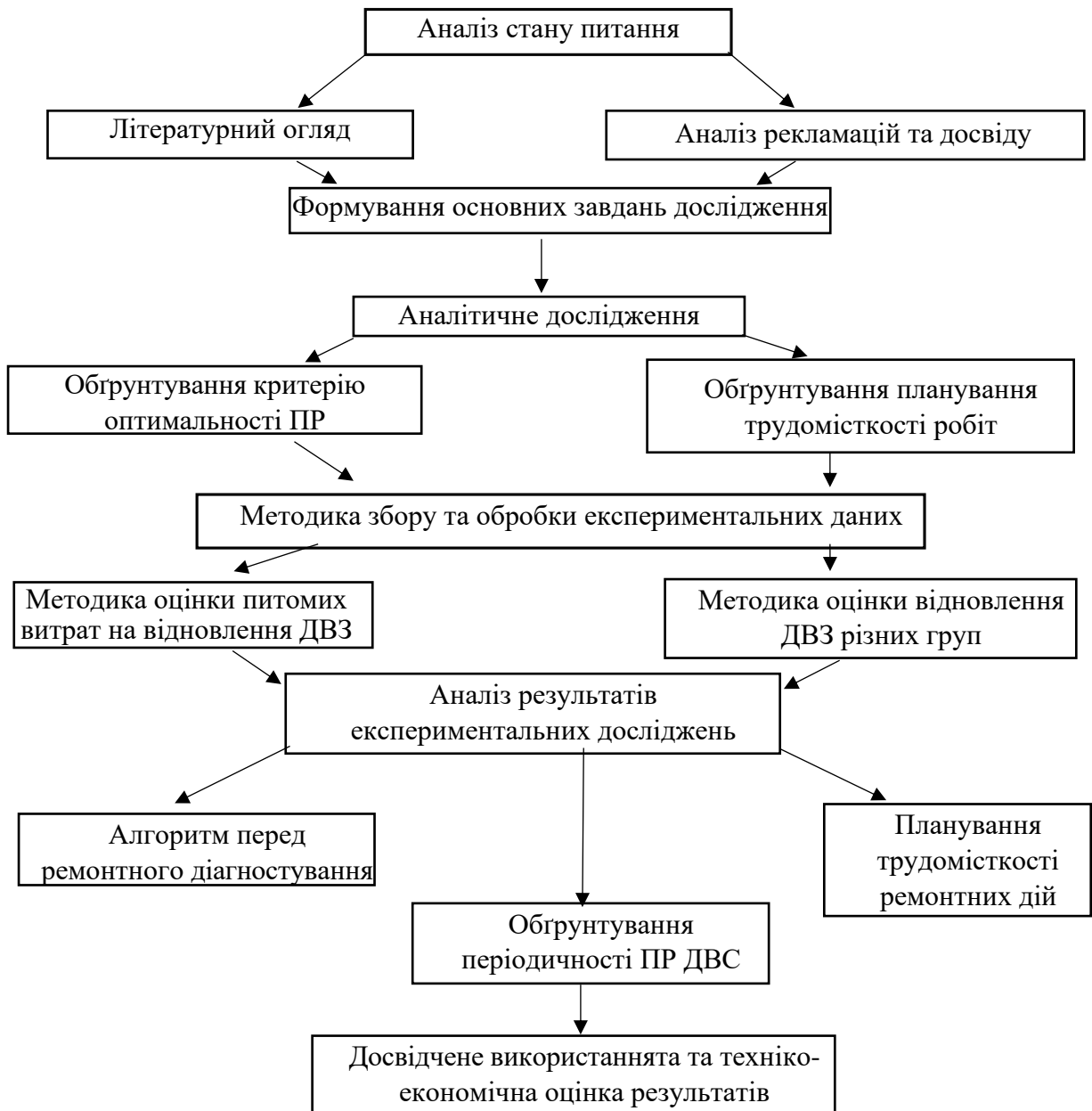


Рисунок В.1 - Схема загальної методики дослідження



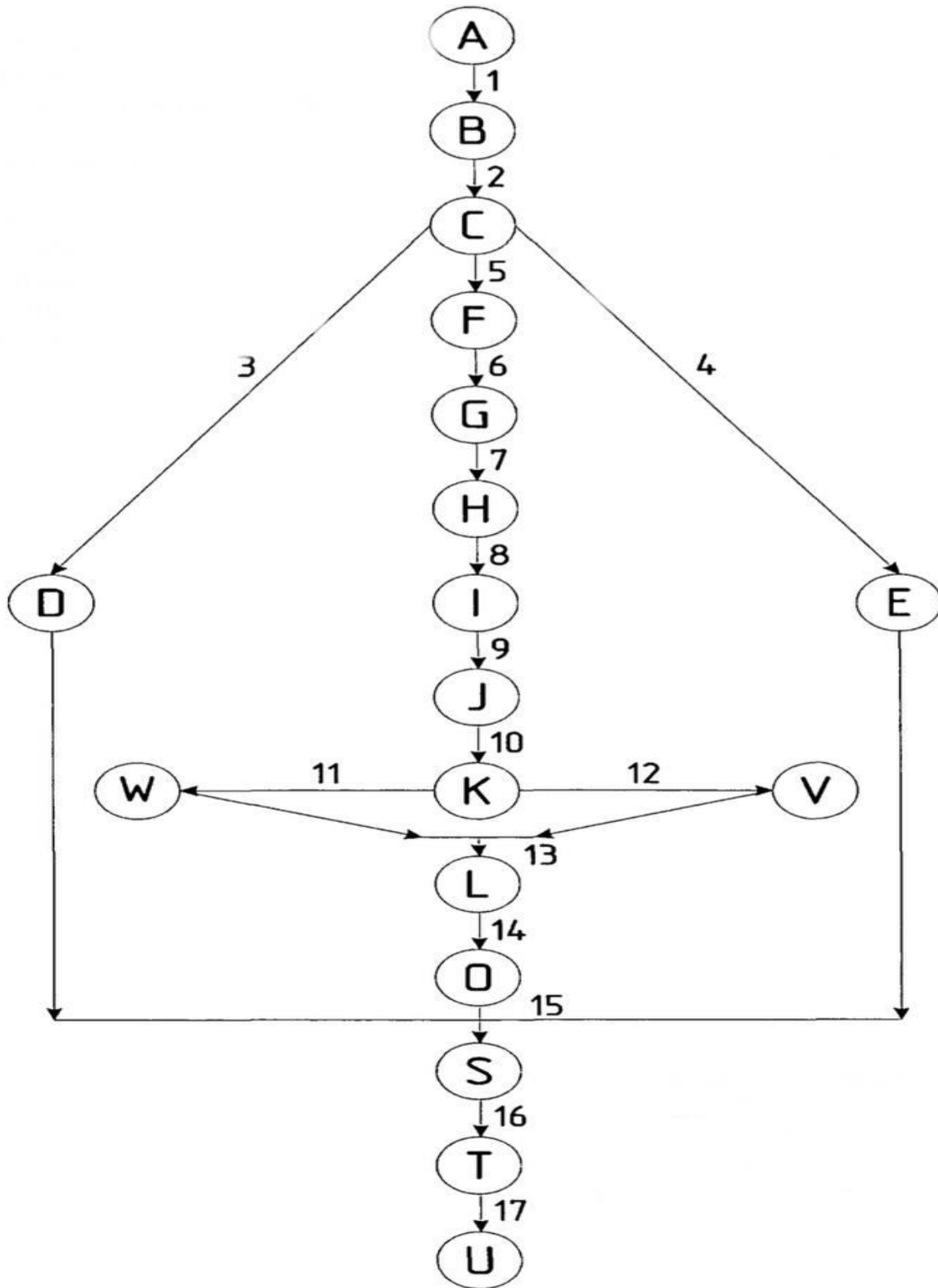


Рисунок В.2 - PERT-діаграма попереджувального ремонту двигуна

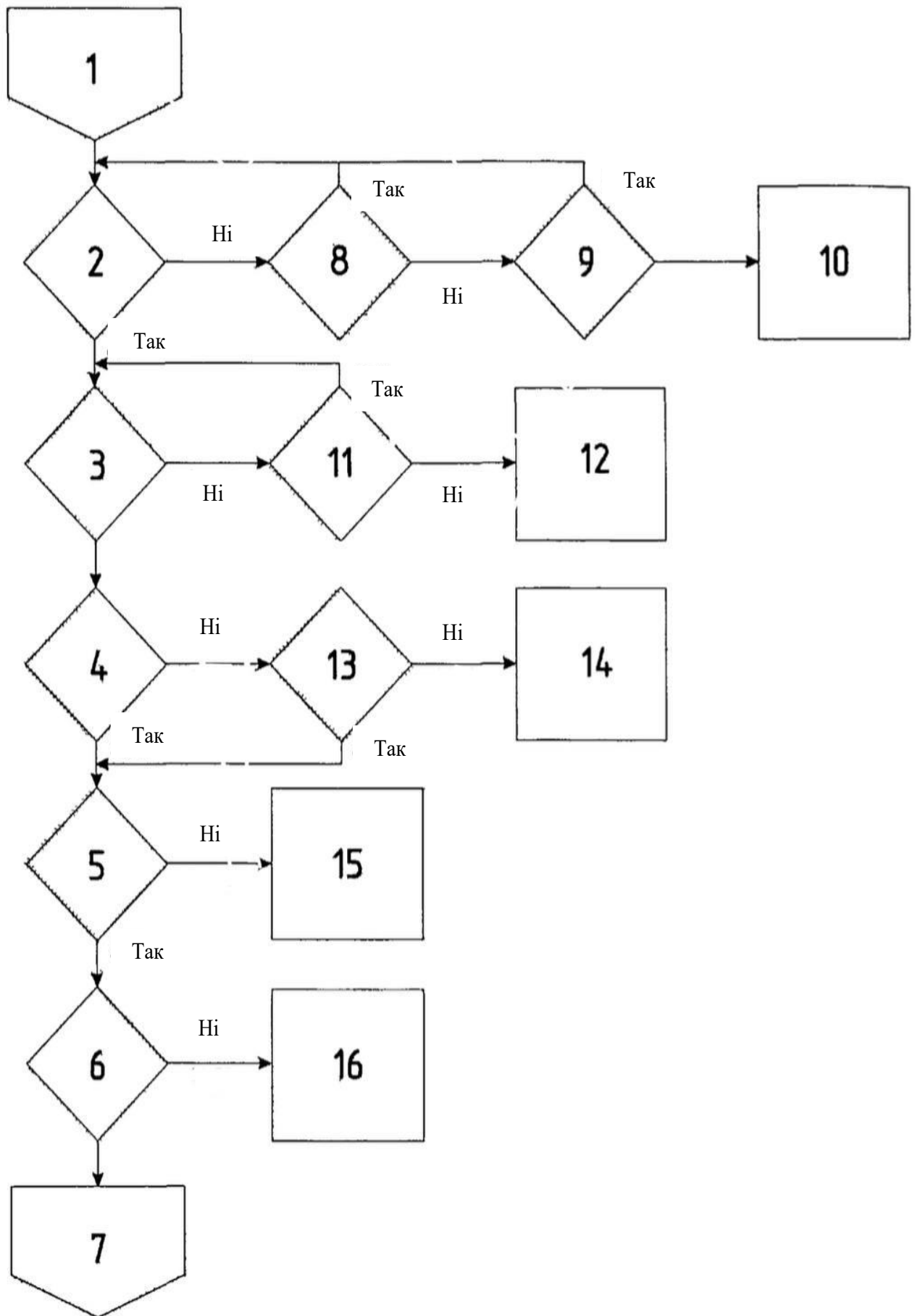
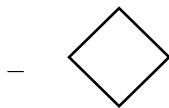
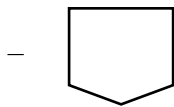


Рисунок В.3 - Алгоритм передремонтного діагностування двигунів КамАЗ:

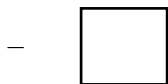
1 - зовнішній огляд та прослуховування ДВЗ; 2 – перевірка температури камери згоряння; 3 - димність вихлопних газів; 4 – перевірка тиску у системі мастила; 5 - прогин шатунних вкладишів; 6 - сумарний зазор в кривошипно-шатунній групі; 7 – дослідження експлуатації двигуна; 8 - герметичність ЦПГ; 9 - зазори в клапанному механізмі; 10 – поточний ремонт ЦПГ і газорозподільного механізму; 11 – перевірка кута випередження запалювання та тиску упорскування; 12 – поточний ремонт паливної апаратури; 13 – перевірка на продуктивність масляного насоса; 14 – поточний ремонт системи мащення; 15 – поточний ремонт шатунних підшипників; 16 - ремонт підшипників колінчастого валу;



операції діагностування;



підготовчі операції;



регулювальні і ремонтні операції.

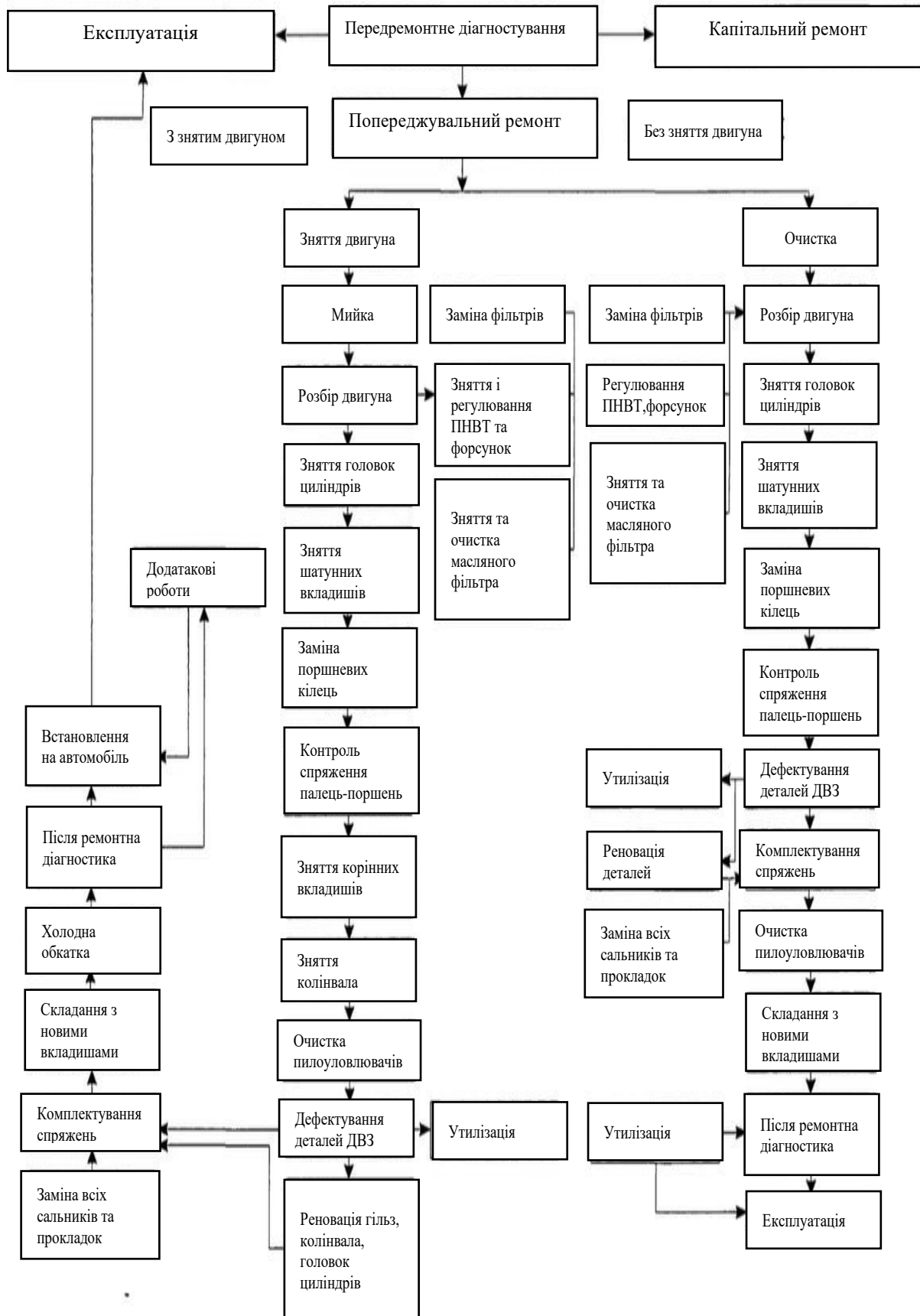


Рисунок В.4 - Маршрутна схема технологічного процесу ПР, ДВС КамАЗ

Таблиця В.2 - Середні значення показників технічного стану двигунів КамАЗ-740 перед ПР (у числителе) та КР (у знаменнику)

№	Показники технічного стану	КамАЗ-740
1	Знос шатунних шийок у площині кривошипу, мкм	30-35/45-50
2	Овальність шатунних шийок, мкм	10-15/20-25
3	Зношування корінних шийок, мкм	35-40/55-60
4	Знос шатунних вкладишів, мкм	45-50/45-50
5	Знос корінних вкладишів, мкм	70-80/70-80
6	Зазор у шатунних підшипниках, мкм	180-200/200-200
7	Зазор в корінних підшипниках, мкм	230-250/250-270
8	Тиск у системі мащення: • на номінальному швидкісному режимі, МПа	0,26-0,3/0,24-0,28
9	• на мінімальному швидкісному режимі, МПа	0,1-0,12/0,08-0,10
10	Зношування гільз циліндрів у ВМТ, мкм	120-140/180-200
11	Овальність гільз циліндрів у ВМТ, мкм	50-60/80-90
12	Радіальний знос верхніх компресійних кілець, мкм	130-140/130-140
13	Радіальне зношування маслзйомних кілець, мкм	50-60/50-60
14	Зазор у поєднанні «канавка поршня - верхнє компресійне кільце», мкм	240-260/250-270
15	Зазор у поєднанні «канавка поршня — маслзйомне кільце»	100-120/110-130
16	Витрата мастила на угар у % до витрати палива	2,0-2,2/2,3-2,5
17	Прогин шатунних вкладишів, мкм	15-20/35-40
18	Температура камери згоряння, град. С	200-220/180-200

Таблиця В.3 Технологічна карта виконання попереджувального ремонту двигуна КамАЗ-740

Номер операції	Найменуваннята склад робіт	Місце виконання операції	Технічні умови та вказівки
1.	Діагностування двигуна	пост ПР	Параметри технічного стану повинні відповідати нормативним
2.	Зовнішнє очищеннядвигуна	пост ПР	Очистити від забруднень місця кріплення та роз'єму деталей двигуна. Злити воду з системи охолодження
3.	ПідрозбиранняДВЗ	пост ПР відділення паливної апаратури	Зняти піддон двигуна, попередньо злити масло. За потреби замінити фільтруючі елементи системи живлення та мащення. Зняти та відрегулювати ПНВТ та форсунки відповідно до необхідних значень параметрів
4.	Зняття головок циліндрів	пост ПР агрегатна дільниця	Зняти і перевірити технічний стан деталей головок блоку циліндрів, при необхідності замінити. Притерти фаски клапанів до сідла
5.	Зняття шатунних вкладишів	пост ПР	Відвернути нижніболти кришки шатуна, Зняти вкладиші
6.	Розбирання кривошипно-шатунного механізму	пост ПР	Вийняти шатуни з поршнями та пронумерувати їх по циліндрах, замінити всі поршне вікільця за допомогою спецпристосування
7.	Перевірка стану сполучення палець - поршень	пост ПР, верстат	По черзі затиснути у лещата шатуни з поршнями та перевірити зазор між пальцем і бобишками поршня
8	Заміна корінних вкладишів	пост ПР	Відвернути болти кріплення корінних опор і заміни вкладиші, затягнути болти з моментом 20. ..22 кгс м
9.	Встановлення шатунних вкладишів	пост ПР	Встановити шатуни в зборі з поршнями відповідно з нумерацією у блок циліндрів та встанови вкладиші, затягнути шатунні ботіти з моментом 18...20 кгс м
10.	Встановлення головки циліндрів	пост ПР	Проклавши прокладки, по черзі затягнути їх з моментом 16... 18 кгс м

## Продовження В.3

11.	Постановка маляного насоса	пост ПР	Встановити маляний насос та затягнути болти кріплення моментом 9. .. 10 кгс м
12.	Встановлення піддону картера	пост ПР	Встановивши прокладку, затягнути болти кріплення піддону моментом 5. ..6,2 кгс м
13.	Встановлення ПНВТ та форсунок	пост ПР	Встановити форсунки, ПНВТ та затягнути форсунки моментом 16...18 кгс м, ПНВТ - 10.. . 12 кгс м. Встановити паливопровідні трубки
t4.	Завивка заправних ємностей	пост ПР	Залити систему охолодження водою або антифризом (31 літрів з передгусковим підігрівачем, 29,4 - без нього). Залити систему мащення ДВЗ: 26 літрів
15.	Контроль якості попереджувального ремонту	пост ПР	Запустити двигун та випробувати його роботу відповідно з алгоритмом передремонтного діагностування
16.	Контроль герметичності повітряного впускного тракту	пост ПР	Оцінити герметичність впускного тракту спеціальною приспособою