

**Міністерство освіти і науки України**  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра автомобілів

(повна назва кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект ділянки для технологічного процесу переобладнання  
автомобілів ЗАЗ Ланос/Sens на скраплений газ (LPG) з дослідженням  
прогнозування залишкового ресурсу деталей ДВЗ

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МАм-61  
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Грат М.Ю.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Левкович М.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Консультант

Гевко Іг.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Гевко Ів.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Ляшук О.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2021

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект ділянки для технологічного процесу переобладнання  
автомобілів ЗАЗ Ланос/Sens на скраплений газ (LPG) з дослідженням  
прогнозування залишкового ресурсу деталей ДВЗ

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МАм-61  
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

|                   |                       |   |
|-------------------|-----------------------|---|
|                   | <hr/> <p>(підпис)</p> | <u>Гачкевич Т.В.</u><br><p>(прізвище та ініціали)</p> |
| Керівник          | <hr/> <p>(підпис)</p> | <u>Левкович М.Г.</u><br><p>(прізвище та ініціали)</p> |
| Консультант       | <hr/> <p>(підпис)</p> | <u>Гевко Іг.Б.</u><br><p>(прізвище та ініціали)</p>   |
| Нормоконтроль     | <hr/> <p>(підпис)</p> | <u>Гевко Ів.Б.</u><br><p>(прізвище та ініціали)</p>   |
| Завідувач кафедри | <hr/> <p>(підпис)</p> | <u>Ляшук О.Л.</u><br><p>(прізвище та ініціали)</p>    |
| Рецензент         | <hr/> <p>(підпис)</p> | <hr/> <p>(прізвище та ініціали)</p>                   |

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)

Кафедра Кафедра автомобілів  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ляшук О.Л.  
(прізвище та ініціали)  
«    » 2021 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Грат Максиму Юрійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект дільниці для технологічного процесу переобладнання автомобілів ЗАЗ Ланос/Sens на скраплений газ (LPG) з дослідженням прогнозування залишкового ресурсу деталей ДВЗ

Керівник роботи Левкович М.Г., к.т.н., доц.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «01» жовтня 2021 року №4/7-829

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2021

3. Вихідні дані до роботи Характеристика автомобіля ЗАЗ Ланос/Sens, технологічний процес переобладнання автомобілів ЗАЗ Ланос на газ пропан-бутан

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Автомобіль ЗАЗ Ланос (загальний вигляд) – 1 аркуш формату А1. Графічні результати тягово-

швидкісних характеристик – 1 аркуш формату А1. Схема системи живлення автомобіля ЗАЗ Ланос

з ГБО – 1 аркуш формату А1. Принципова схема системи живлення автомобілів з ГБО – 1 аркуш

формату А1. Схема технологічного процесу ремонту газової апаратури – 1 аркуш формату А1.

Принципова схема стаціонарної автогазозаправної станції – 1 аркуш формату А1. Установка – 1 аркуш

формату А1. Функціонально-структурна схема двигуна – 1 аркуш формату А1. Реалізація процесу зношення та алгоритм прогнозування залишкового ресурсу – 1 аркуш формату А1.

## 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ  | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|---|---|----------------|------------------|
|   |   | завдання видав | завдання прийняв |
| Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях |   |                |                  |
|   |   |                |                  |
|   |   |                |                  |
|   |   |                |                  |
|   |   |                |                  |

7. Дата видачі завдання

01.10.2021

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи                               | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|--------------------------------|----------|
| 1     | Загально-технічний розділ                         | 15.10.2021                     |          |
| 2     | Технологічний розділ                              | 05.11.2021                     |          |
| 3     | Конструкторський розділ                           | 25.11.2021                     |          |
| 4     | Науково-дослідний розділ                          | 15.12.2021                     |          |
| 5     | Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях | 18.12.2021                     |          |
| 6     | Оформлення графічної частини                      | 20.12.2021                     |          |
| 7     | Захист дипломної роботи                           | 21.12.2021                     |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |

Студент

(підпис)

Грат М.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Левкович М.Г.

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)

Кафедра Кафедра автомобілів  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ляшук О.Л.  
(прізвище та ініціали)  
«    » 2021 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Гачкевичу Тарасу Вікторовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект дільниці для технологічного процесу переобладнання автомобілів ЗАЗ Ланос/Sens на скраплений газ (LPG) з дослідженням прогнозування залишкового ресурсу деталей ДВЗ

Керівник роботи Левкович М.Г., к.т.н., доц.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «01» жовтня 2021 року №4/7-829

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2021

3. Вихідні дані до роботи Характеристика автомобіля ЗАЗ Ланос/Sens, технологічний процес переобладнання автомобілів ЗАЗ Ланос на газ пропан-бутан

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Технічні характеристики ЗАЗ Ланос – 1 аркуш формату А1. Схема технологічних процесів ТО і

ПР – 1 аркуш формату А1. Відділення ТО і ПР легкових автомобілів – 1 аркуш формату А1.

Редуктор-випарник ВРС АТ90ЕР – 1 аркуш формату А1. Способи відновлення деталей – 1 аркуш

формату А1. Пристрій для калібрування газових форсунок – 1 аркуш формату А1. Основні функції та

задачі технічної діагностики ТЗ – 1 аркуш формату А1. Кореляційна залежність та характеристика

випадкових процесів – 1 аркуш формату А1. Алгоритм прогнозування довговічності деталей двигунів – 1 аркуш формату А1.

## 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ  | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|---|---|----------------|------------------|
|   |   | завдання видав | завдання прийняв |
| Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях |   |                |                  |
|   |   |                |                  |
|   |   |                |                  |
|   |   |                |                  |
|   |   |                |                  |

7. Дата видачі  
завдання

01.10.2021

---

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи                               | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|--------------------------------|----------|
| 1     | Загально-технічний розділ                         | 15.10.2021                     |          |
| 2     | Технологічний розділ                              | 05.11.2021                     |          |
| 3     | Конструкторський розділ                           | 25.11.2021                     |          |
| 4     | Науково-дослідний розділ                          | 15.12.2021                     |          |
| 5     | Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях | 18.12.2021                     |          |
| 6     | Оформлення графічної частини                      | 20.12.2021                     |          |
| 7     | Захист дипломної роботи                           | 21.12.2021                     |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |
|       |   |                                |          |

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Гачкевич Т.В.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Левкович М.Г.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

дипломної роботи на тему:

Комплексна пояснювальна записка містить \_\_ сторінок та додатки (специфікації складальних креслень, комплекти технологічної документації), графічну частину дипломної роботи представлено на 18 листах формату А1.

Згідно із завданням необхідно провести ряд заходів з технологічного процесу переобладнання автомобілів ЗАЗ Ланос/Sens на склаплений газ (LPG) та провести дослідження з прогнозування залишкового ресурсу деталей двигуна.

В пояснювальній записці оформлено всі необхідні розрахунки та розділи. Пояснювальна записка повністю відповідає вимогам.

У загально-технічній частині розглянуто характеристику, функцію підприємства, проведено аналіз розвитку газобалонного обладнання та способів ремонту газового обладнання.

У технологічній частині розглянуто питання технічного обслуговування системи живлення двигунів, проведено тяговий розрахунок автомобіля та технологічний процес відновлення.

В конструкторській частині приведено аналіз пристосувань, необхідних під час ремонту чи обслуговування газобалонного обладнання, описано будову стенда.

В економічній частині проекту описано прийняті проектні рішення та техніко-економічні розрахунки їх доцільності.

Для досягнення поставленої мети вирішено задачі:

- Проведено аналіз конструкції та призначення використання об'єкту;
- Проведено підбір необхідного технологічного оснащення;
- проведено розрахунок економічних показників;
- розглянуто аналіз методів і засобів діагностування деталей ЦПГ;
- проведено оцінку прогнозування довговічності та ресурсу деталей;
- розглянуто аспекти охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях;
- оформлено графічну частину роботи.

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| ВСТУП   | 10 |
| <b>1 ЗАГАЛЬНО ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ</b>  |    |
| 1.1 Характеристика, функції і структура підприємства  | 11 |
| 1.2 Загальна організація і управління виробництвом ТО і ремонтів автомобілів, склад, організація і обслуговування робочих місць | 14 |
| 1.3 Режим роботи основних виробничих підрозділів і рухомого складу  | 16 |
| 1.4 Склад парку рухомого складу   | 17 |
| 1.5 Дефекти газобалонного обладнання, та причини їх виникнення  | 17 |
| 1.6 Аналіз існуючих способів ремонту газобалонного обладнання   | 18 |
| 1.7. Висновки та постановка задачі на дипломну роботу   | 19 |
| <b>2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</b>   |    |
| 2.1 ТО автомобілів з ГБО. Періодичність та обсяг технічного обслуговування  | 21 |
| 2.2 Тяговий розрахунок автомобіля   | 33 |
| 2.2.1 Силовий баланс і динамічна характеристика   | 34 |
| 2.2.2 Оцінка показників розгону автомобіля  | 37 |
| 2.2.3 Тягово-швидкісні властивості автомобіля   | 39 |
| 2.2.4 Результат тягового розрахунок автомобіля  | 41 |
| 2.2.5 Графічні результати тягово-швидкісних характеристик   | 47 |
| 2.3 Технологічний процес переобладнання автомобілів   | 53 |
| 2.4 Планування ділянки  | 55 |
| 2.5 Розрахунок ТО і ремонту системи живлення  | 60 |
| <b>3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</b>  |    |
| 3.1 Аналіз пристосувань для ремонту та обслуговування газобалонного обладнання  | 62 |
| 3.2 Діагностика газових паливних систем із застосуванням стенда К278А і стенду ОБ 2880  | 68 |
| 3.2.1. Будова стенда К-278А і підготовка його до роботи   | 70 |
| 3.2.2 Особливості пристрою і роботи стенду ОБ 2880  | 72 |
| 3.3 Опис установки для перевірки та калібрування газових форсунок   | 73 |
| 3.4 Розрахунок собівартості виконання робіт в відділенні  | 74 |



|   |     |
|---|-----|
| 3.4.1 Витрати на сировину і матеріали   | 74  |
| 3.4.2 Витрати на енергію технологічну   | 75  |
| 3.4.3 Розрахунок фонду оплати праці основних виробничих робітників              | 76  |
| 3.4.4 Витратм на утримання машин і механізмів                                   | 78  |
| 3.4.5 Розрахунок загальноновиробничих витрат                                    | 80  |
| 3.4.6 Розрахунок витрат на підготовку і освоєння виробництва                    | 80  |
| 3.4.7 Розрахунок позавиробничих витрат  | 81  |
| 3.4.8 Калькуляція собівартості  | 81  |
| 3.4.9 Визначаємо розмір витрат які приходять на 100км пробігу                   | 81  |
| 3.4.10 Розрахунок економічних показників  | 83  |
| <b>4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ</b>   |     |
| 4.1 Аналіз методів і засобів діагностування деталей ЦПГ                         | 86  |
| 4.2 Оцінка прогнозування довговічності деталей                                  | 89  |
| 4.3 Прогнозування залишкового ресурсу деталей ДВЗ                               | 92  |
| 4.4. Діагностичні та структурні параметри                                       | 103 |
| 4.5. Прогнозування ресурсу деталей  | 108 |
| <b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>                      |     |
| 5.1 Основні принципи державної політики в галузі охорони праці                  | 112 |
| 5.2 Техніка безпеки при експлуатації автомобіля з ГБО                           | 113 |
| 5.3 Експлуатація автомобіля з ГБО   | 115 |
| 5.4 Зберігання автомобіля з ГБО   | 117 |
| 5.5 Вимоги пожежної безпеки при технічному обслуговуванні і ремонті автомобілів | 118 |
| 5.6 Основні причини займання автомобілів під час експлуатації та ТО             | 118 |
| 5.7 Підготовка техніки до ремонту   | 119 |
| 5.8 Вимоги до ремонту автомобілів   | 121 |
| <b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b>  | 125 |
| <b>БІБЛІОГРАФІЯ</b>   | 126 |
| <b>ДОДАТКИ</b>  |     |

## ВСТУП

Застосування стиснутого природного газу та скрапленого нафтового газу дає можливість раціонально використовувати паливно-енергетичні ресурси та ефективно вирішувати проблеми захисту навколишнього середовища від шкідливих викидів відпрацьованих газів транспортних засобів.

Використання газового палива суттєво знижує токсичність відпрацьованих газів, скорочує споживання моторних масел, подовжує життєвий цикл двигунів, значно стищує їх функціонування та покращує інші показники експлуатації автомобілів з газобалонним устаткуванням.

Зниження токсичності відпрацьованих газів можна визначити за контрольованими параметрами: оксиду вуглецю в 3 – 4 рази, оксидів азоту в 1,2 – 2 рази та вуглеводнів в 1,2 – 1,4 рази. Відпрацьовані гази автомобіля з газобалонним устаткуванням не містять шкідливих сполук свинцю. Проте, використання газового пального вимагає гарантій безпечної експлуатації автомобілів з ГБО.

Для забезпечення надійності експлуатації автомобілів з ГБО необхідні додаткові витрати: на переобладнання газобалонним устаткуванням, включно із вартістю комплектів газового обладнання; на перепідготовку ремонтно-обслуговуючого персоналу і водіїв; на облаштування мережі газонаповнювальних станцій; на розвиток та розширення виробничо-технічної бази, включно з придбанням та використанням спеціалізованого технологічного й діагностичного устаткування.

Основними напрямками розвитку є: будівництво нових АТП із врахуванням потреб експлуатації автомобілів; реконструкція, розвиток та розширення діючих підприємств, пов'язані із застосуванням для автомобілів газового пального.

# 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Характеристика, функції і структура підприємства

ПП «ЯН-МЗ» було засновано в серпні 2008 року. Підприємство розташоване за адресою: м. Зборів, вул. Заводська 1А, на території заводу «Тонар», філії Тернопільського радіозаводу «Оріон».

Загальна площа території, на якій розташоване підприємство складає 3 га, з них 0,5 га відведено під місце для стоянки автомобілів; 2,0 га знаходиться під забудовою.

Основним видом діяльності ПП є перевезення вантажів для підприємств та приватних осіб. Підприємство надає супутні послуги: виготовлення кованих виробів (огорожі, перила, ворота, гаражні двері), фрезерні, токарні та шліфувальні роботи, а також виготовлення деталей за допомогою пресів, надавання послуг іншим підприємств й приватних осіб, а також з недавнього часу переобладнує автомобілі на газове паливо. Крім того, дане ПП займається обслуговуванням та ремонтом власних транспортних засобів, проводить контроль їх технічного стану.

Підприємство – юридична особа, провадить свою діяльність відповідно до чинного законодавства, нормативних документів і Статуту.

Структура підприємства складається із служби експлуатації, технічної служби, служби техніки безпеці і охорони праці, економічної служби та допоміжної.

До служби експлуатації відносяться начальники загонів та їх заступники – механіки. Відповідальність начальників – технічна готовність автомобілів. За випуск та повернення автомобілів відповідають механіки. Головному інженеру підпорядковується технічна служба. Функції технічної служби: проведення заходів контролю, забезпечення дотримання вимог до безпеки технічного стану автомобілів та використання методів перевірки відповідно до діючих стандартів; проведення робіт для економної витрати паливно-енергетичних, матеріальних й трудових ресурсів, захисту навколишнього середовища; проведення роботи для

раціонального розподілу запасних частин, експедиційних та експлуатаційних матеріалів, устаткування й оснащення, що потрібні для своєчасного та якісного проведення робіт з ТО та ремонту.

На головного інженера покладається: забезпечення високої технічної готовності рухомого складу та організація і систематичне вдосконалення виробництва, зниження витрат праці та коштів на ТО і ремонт, організація своєчасного та якісного планування обслуговування агрегатів.

Начальник ПТО організує розробку програми по постановці рухомого складу на обслуговування, розробляє заходи щодо вдосконалення виробничої програми.

Диспетчер виробництва координує діяльність виробничих відділень і зон, погоджує обсяг виконаної роботи із запланованою за програмою.

Начальник АРМ здійснює керівництво виробництвом, розробляє і впроваджує всі заходи з підвищення ефективності робіт, організовує і удосконалює виробництво.

Майстер здійснює керівництво усіма можливими роботами, які виконуються у відділі.

Робочий підпорядковується майстру і виконує видане їм завдання.

Розробкою виробничої програми по ТО і ремонту рухомого складу займається група планування ПТО. Розробка програми ведеться згідно з планом експлуатації автомобілів, прийнятою системою і методами виконання технічних впливів і встановленими нормативами. План розробляють на тиждень, місяць, квартал, рік. У процесі роботи програма коригується. План коригують щотижня, тобто остаточно його затверджують на тиждень перед її наступом.

Якість ремонту та обслуговування приладів електрообладнання здійснювала ВТК і майстер ремонтних дільниць. Якщо при контролі встановлено, що роботи виконані у відповідності з технічними умовами, прилади готові до експлуатації, то вони надходять назад у зону ТР. При виявленні шлюбу прилади електрообладнання повертають для усунення

дефектів до того ж робітникові, який їх ремонтував. Виявлений брак роботи записується в контрольний план і в журнал обліку шлюбу.

На кожен знятий з автомобіля на ремонт або обслуговування прилад електрообладнання виписується контрольний талон. У талоні записують коротку характеристику несправностей і причини їх виникнення. Після проведення ремонтних робіт та обслуговування приладів електрообладнання в контрольний талон записують всі види робіт і обслуговувань, які були виконані. Надалі контрольний талон прикріплюється до листка обліку технічного стану автомобіля.

Технічна служба здійснює роботи для удосконалення та ефективного використання виробничо-технічної бази, механізації й автоматизації виробничих процесів, широкого застосування засобів контролю та діагностики. Також своєчасно спрямовує складові частини в ремонт; проводить збір та зберігання спрацьованих деталей, а також передачу їх на відновлення.

До технічної служби відноситься виробничий-технічний відділ. Його очолює заступник головного інженера. Працівники виробничо-технічного відділу здійснюють уніфікацію та типізацію технологічних рішень, ведуть облік пробігу шин.



Рисунок 1.1 – Схема структури підприємства

Начальнику АРМ підпорядковується старший майстер, який очолює керівництво процесом ТО і ремонтів на виробничих ділянках, а також відповідає за вчасне виконання та якість робіт.

Відповідальний проводить облік працівників, інструктує з питань техніки безпеки, розробляє інструкції по застосуванню безпечних прийомів праці.

## **1.2 Загальна організація і управління виробництвом ТО і ремонтів автомобілів, склад, організація і обслуговування робочих місць**

Автомобілі на лінію виїжджають через контрольний пункт. Перед виїздом перевіряють зовнішній вигляд, справність приладів сигналізації та гальмівної системи тощо.

Після огляду водій отримує дорожній лист та виїжджає на лінію. При поверненні з лінії автомобіль знову оглядають.

Роботу КПП слід організувати так, щоб всі автомобілі своєчасно були оглянуті. Так як від цього залежить вчасне виявлення і усунення неполадок.

Якщо механік КПП виявляє несправність, то повідомляє старшого майстра чи начальника АРМ. Старший майстер є також і диспетчером управління виробництвом. Вказівку на проведення ремонту він отримує від начальника АРМ.

Перед початком робіт ТО чи ПР, а також перед проведенням діагностики, автомобілю проводять прибирально-мийні роботи. Потім він прямує на потрібну ділянку. Під час проведення діагностики оглядають вузли та агрегати, виявляють неполадки та причини їх виникнення. Всю інформацію записують у діагностичну карту або карту обліку робіт ТО і ремонту. Після діагностичних маніпуляцій автомобіль розміщують на вільному місці в зонах ТО або ПР для ремонту. Після ремонту автомобіль повертають в зону зберігання.

Пробіг автомобіля фіксується у шляховому листі та картках обліку пробігу шин. Шляховий лист здають диспетчеру відділу експлуатації.

При роботі з'являється потреба в запчастинах і матеріалах. Інформація про це надає як водій, механік діагностики, майстер або начальник АРМ. Запасні частини видають зі складу, на вимогу, яку схвалює головний інженер та головний бухгалтер. Інформують про це також інженера виробничо-технічного відділу.

В картку обліку автомобіля роблять запис про отримання запчастин або матеріалів, якщо таке відбулося. Іноді водій заздалегідь готує транспортний засіб до проведення ТО або ремонту, шукає необхідні матеріали і запчастини.

Заявку для проведення ремонту знятого агрегату, вузла або механізму на спеціалізованій ділянці оформляє диспетчер відділу експлуатації. Також повідомляють начальника АРМ або старшого майстра, який дає завдання робочим на спеціалізованих ділянках.

Робоче місце – це місце праці одного або кількох виконавців, оснащена всім необхідним для виробництва виконуваних робіт технологічним обладнанням, технологічної та організаційної оснащенням і т.д.

Робочі місця даного електротехнічного відділення включають декілька постів, спеціалізованих на обслуговуванні конкретних систем електроустаткування автомобіля. На першому робочому місці розташовані: пост обслуговування і ремонту стартерів, куди входить наступне обладнання: стенд 532М, верстак, верстат для проточки колекторів генераторів і стартерів, круглий стіл; пост обслуговування систем запалювання з таким обладнанням: стенд СПЗ-12, верстак, прилад для очищення та перевірки свічок запалювання Е-203. На другому робочому місці є: пост з обслуговування генераторних установок з таким обладнанням: стенд 532М, верстак, круглий стіл, прилад для перевірки реле-регуляторів напруги; пост з обслуговування систем світової сигналізації та освітлення, приладів додаткового обладнання і контрольно-вимірювальних приладів . Пост оснащений верстатом з усім необхідним обладнанням і приладами. Кожен пост оснащений комплектом інструменту слюсаря-електрика.

При необхідності робітник, як першого, так і другого робочих місць можуть скористатися свердловальним, заточувальні верстати, спеціально

відведеним постом для пайки, ванною для миття деталей, сушильним шафою. Відремонтовано – ні прилади електрообладнання і прилади для перевірки зберігаються в шафі, біля круглого столу.

Прилади, що надходять на ремонт, зберігаються на стелажі, який розташований біля вхідних дверей. На кожному робочому місці є скриня для відходів.

Серед різних проблем технічної естетики важливе місце відводиться зміні виробничого середовища, створенню сприятливого світлового оформлення приміщення та обладнання. Гарне колірне оформлення відділення підвищує продуктивність праці, знижує стомленість робітника, підвищує якість виконуваної роботи. Одяг робочого повинна бути зручною, чистою і відповідати вимогам техніки безпеки.

В електротехнічному відділенні приміщення та обладнання мають дотримуватися кольорове оформлення: стіни пофарбовані в світло-сірий колір, стелаж і шафу - у світло-блакитний, віконні та дверні рами мають біле забарвлення, трубопроводів для води - зелену, а для повітря - блакитну, пожежний ящик - червоний.

### **1.3 Режим роботи основних виробничих підрозділів і рухомого складу**

Режим роботи АТП – п'ять днів на тиждень протягом року.

Основні виробничі відділи та підрозділи починають свою роботу о 8.00, закінчується робочий день о 17.00. Обідня перерва триває з 12.00 до 13.00. Робоча зміна виробничих ділянок триває 8 годин, – 40 годин роботи в тиждень. Робота усіх виробничих підрозділів організована в одну зміну. Причина цього – мала чисельність рухомого складу, персоналу та обсягу робіт по здійсненню перевезень.

Режим експлуатації автомобілів залежить від обсягів роботи замовника (клієнта). Тому, випуск автомобілів на лінію та повернення з неї здійснюється протягом робочого дня, після отримання завдання та його виконання.

Більшість автомобілів виїжджають на лінію о 8.00.



## **1.4 Склад парку рухомого складу**

Виробнича база підприємства дає можливість проводити необхідні роботи, а також зберігання більше 400 автомобілів. Останнім часом кількість автомобілів зменшилася. Частина автомобілів продано, а частину – списано та розібрано на запчастини.

Сьогодні кількість автомобілів налічує 40 одиниць автомобілів різних моделей та 10 причепів, 5 напівпричепів. Серед карбюраторних автомобілів більшість – ГАЗ- 5312 та його модифікації – 10 одиниць, самоскиди ЗІЛ – ММЗ-4502 – 5 одиниць. Серед дизельних автомобілів більшість – КАМАЗ-5320 – 10 одиниць, КАМАЗ-5410 – 5 одиниць, Volkswagen-LT-45 – 5 одиниць, Ford Courier – 5 одиниць.

## **1.5 Дефекти газобалонного обладнання, та причини їх виникнення**

Газова магістраль найчастіше пошкоджується в результаті необережного водіння, або ж в результаті непрофесійного встановлення.

Основні несправності редукторів:

1. Погано очищений, брудний газ забиває фільтри тонкого та грубого очищення газового редуктора.
2. Закоксовує брудом і смолами клапанів відкриття подачі газу і холостого ходу.
3. Втрата еластичності мембран газових камер пристрою.
4. Залипання клапанів газових камер і припинення правильного дозування подачі палива.
5. Розгерметизація газової системи.
6. Не заводиться холодний двигун - редуктор забився конденсатом і смолами, які при охолодженні утворюють густу масу і не дають відкриватися клапанам редуктора. Другий момент, «задервенілі» мембрани газового редуктора і в холодному стані вони не працюють.
7. Відсутня електроживлення впускного клапана газу.

8. Замерзання корпусу газового редуктора.
9. Тиск газу на виході невідповідний номіналу;
10. Розгерметизація системи;

Причиною виникнення несправностей редукторів є несвоєчасне проведення ТО, надлишок конденсату в корпусі редуктора, затвердіння або пошкодження мембран.

В ремонт і технічний огляд повинні бути спрямовані балони, що мають порізи, пори та інші механічні дефекти, якщо їх глибина не перевищує мінусові граничні відхилення матеріалу, передбачені відповідними правилами, стандартами і технічними умовами, а також балони, що мають порушену герметичність, несправність або відсутність різьблення і кільця на горловині, несправність запірною пристрою, минулий термін огляду і незадовільний стан лакофарбового покриття.

### **1.6 Аналіз існуючих способів ремонту газобалонного обладнання**

Недоліки спричинені з пошкодженням через отримання ударів чи послаблення фіксації кріплення балонів Несправна трубка підлягає заміні. Для проведення ремонту чи заміни трубок, які розташовані між редуктором та вентилям балонів перекривають вентиля чи опорожнюють газ з системи живлення і аж тоді можуть приступити до розбору та заміни трубки. Якщо додаткове затягування накидної гайки не усуває пропускання газу в з'єднаннях трубопроводів, потрібно розібрати з'єднання, вкоротити, приєднати новий ніпель, попередньо обтиснувши його на трубці в технологічному штуцері.

При розгерметизації системи, в різьбових з'єднаннях добре допомагає герметик або тонка водопровідна стрічка. Якщо пошкоджені шланги, то обов'язково міняти їх на маслобензостійкі, тому що по них будуть проходити ще й газовий конденсат і смоли, які роз'їдають шланги зі звичайної гуми. Після заміни необхідно перевірити герметичність системи на заведеному двигуні поливаючи потроху мильною водою ділянки з'єднань. Стационарно закріплені

газові балони слід знімати хоча б раз на рік в теплу погоду і в порожньому стані перевертати краном вниз відкривши його. Обсипається і накопичена корозія з стінок балона, разом із залишками газу виходити з нього.



Рисунок 1.17. Ремкомплект газового редуктора

Газовий редуктор потрібно зняти, розібрати, промити і прочистити. Після очищення редуктора обов'язково ставлять новий ремкомплект газового редуктора клапанів першої, другої камери і мембран. Здійснюючи установку ремкомплекту, звернути увагу на щільність закриття клапанів встановлених в камерах пристрою. У закритому стані вони не повинні пропускати газ! Встановлюючи мембрани слід обмазати маслом краю зіткнення з корпусом, для кращої герметичності і легкого зняття їх у наступних ремонтах газового обладнання.

## 1.7. Висновки та постановка задачі на дипломну роботу

Головною задачею дипломного проектування є удосконалення технологічного процесу переобладнання автомобіля системою газобалонного

обладнання. Для цього слід обрати оптимальний метод встановлення обладнання, прийняти рішення щодо вибору оптимального економічного, продуктивного технологічного процесу встановлення елементів газового обладнання.

В процесі проектування треба буде вирішити такі інженерні задачі, як вибір місць встановлення елементів газового обладнання, вибір ріжучого інструменту. Важливим буде рішення щодо вибору технологічного обладнання, організації його роботи, забезпечення ефективного використання.

В ході виконання дипломного проекту необхідно буде спроектувати спеціальні пристрої, та засоби автоматизації для забезпечення ефективної і точної обробки деталі, провести розрахунки, необхідні для проектування дільниці ТО і ПР автомобілів з ГБО, розглянути заходи по забезпеченню безпечних умов праці, а також провести розрахунок економічної ефективності прийнятих проектних рішень.

Головним результатом роботи буде комплект технологічної документації на створення дільниці для ТО і ПР автомобілів з ГБО, а також креслення спеціальних верстатних та контрольних пристроїв із специфікаціями, карти наладок на операції технологічного процесу.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 ТО автомобілів з ГБО. Періодичність та обсяг технічного обслуговування

Автомобілям з ГБО технічне обслуговування проводять з такою ж періодичністю, як і автомобілям з двигунами, що працюють на бензиновому пальному.

Найважливіше під час технічного обслуговування двигунів автомобілів з ГБО – обов'язковий постійний зовнішній огляд цілісності газового обладнання, правильність кріплення балонів та функціонування двигуна.

Переміщення автомобіля по лінії технічного обслуговування проводиться під час роботи двигуна лише на бензині.

Для надійності та безпеки експлуатації автомобілів з ГБО в зимовий період потрібно:

- здійснити розбір, очищення, промивку, а після збору та регулювання перевірити герметичність всіх пристроїв газового обладнання (редукторів високого й низького тиску; карбюратора-змішувача, перехідника-змішувача, змішувача, випарника, електромагнітних клапанів, вентилів, не викручуючи їх з корпусів балонів), фільтруючих елементів;
- здійснити перевірку стану газових балонів та їх арматури;
- здійснити перевірку манометрів високого тиску, опломбувати їх та поставити мітку з терміном наступної перевірки.

Проведення перевірки герметичності газової системи живлення.

Перед перевіркою герметичності системи для зрідженого вуглеводневого газу потрібно оглянути все газове устаткування автомобіля, особливо варто звернути увагу на сполучення шлангів та трубок із штуцерами, плавність відкривання та закривання вентилів на балоні. Також необхідно перевірити укомплектованість газового обладнання.

Далі потрібно:

- викрутити заглушку наповнювального вентиля та приєднати до штуцера компресора, упевнившись в тому, що з'єднання щільне;

- увімкнути компресор та наповнити газові балони повітрям до збільшення значення тиску 1,6 МПа. При наповненні балону стисненим повітрям потрібно знаходитись зі сторони розташування вентилів чи в кабіні автомобіля заборонено. Працівник, котрий перевіряє газову систему під час наповнення балону має знаходитись біля пульта увімкнення компресора. Відключати компресор при досягненні значення тиску повітря в балоні 1,6 МПа. Якщо запобіжний клапан спрацює при значенні нижче 1,6 МПа – його потрібно замінити;

- повільним та плавним відкриттям витратного вентиля балону необхідно заповнити газову систему стисненим повітрям із закритим електромагнітним клапаном;

- зволожити місця з'єднань трубопроводів газового балона (балонів) та електромагнітного клапана мильною піною. Якщо виявлено витік повітря – у з'єднаннях треба закрити випускний вентиль та затягнути гайки, трубки й шланги в місцях, де було виявлено витік повітря.

Замість мильної піни можна використовувати електронні шукачі витоку повітря. Якщо підтягуванням гайки витік повітря не усувається – потрібно замінити ніпель і ще раз провести перевірку герметичності з'єднань;

- увімкнути запалювання та провести перевірку герметичності з'єднань на площі від електромагнітного клапана до редуктора. Якщо спостерігається значний витік повітря та зниження тиску в газовому балоні – потрібно увімкнути компресор, підвищити тиск повітря до значення 1,6 МПа. При наявності розривів та спучень шлангів газової системи слід провести їхню заміну та протестувати;

- провести перевірку роботи електромагнітного датчика тиску в першому ступені газового редуктора під час увімкненого запалення. Покази повинні становити 0,12 ... 3,5 МПа.

Герметичність газобалонної установки перевіряють під тиском 20 МПа стисненим повітрям чи інертним газом. Перевірку проводять під час постійного поетапного підвищення тиску 2,5; 5; 10 і 20 МПа. Якщо потрібно підтягнути з'єднання – тиск в балонах знижують до атмосферного.

Якщо підтягування з'єднань не відновлює герметичність, потрібно відрізати невеликий шматок трубки з кільцем та здійснити заміну трубопроводу або ніпельних з'єднань.

Якщо є ушкодження (сходинки, задираки) на поверхні штуцерів чи переходників – підлягають заміні.

Після перевірки герметичності контактних поверхонь (з'єднань) трубопроводів до редуктора високого тиску, вмикають запалювання, встановлюють перемикач типу палива в положення «Газ» та починають перевіряти герметичність з'єднань та вузлів на відрізу від карбюратора-змішувача до редуктора високого тиску. Рівень тиску в балонах потрібно знизити до 1,6 ... 2 МПа. За редуктором високого тиску значення тиску має становити 0,9 ... 1,1 МПа. Зазначений рівень тиску перевіряють манометром (МТ – 1) зі шкалою 2,5 МПа, що встановлений замість датчика сигналізатора. Тиск у справному редукторі повинен встановлюватися автоматично.

Після опресовування потрібно перемкнути автомобіль на роботу на бензині, запустити двигун та відрегулювати частоту обертів колінчастого вала під час холостого ходу ДВ.

Система працює без обмежувача, тому під час запуску, прогрівання, перевірки та регулювання особливої уваги потребує робота двигуна та не збільшувати частоту обертів 2000 ... 2500 об. на хвилину.

Після огляду запускають двигун та проводять регулювання частоти обертів колінчастого вала при холостому ході в межах 500 ... 600 обертів на хвилину, а також при роботі у перехідних режимах.

Якщо газ витікає – негайно припиняють постачання газу, зупиняють двигун та усувають неполадки.

Неполадки і способи усунення.

Коли авто на газовому пальному в системі живлення можуть виникати неполадки, що ускладнюють пуск двигуна, неякісні переходи від холостого ходу до режимів навантаження, зменшення потужності двигуна.

Негерметичність з'єднань газової установки буває двох видів: внутрішня та зовнішня. Внутрішня негерметичність газового устаткування – нещільність, в результаті якої газ витікає в систему живлення. Найчастіше ця неполадка трапляється в рухомих замкових сполученнях (клапан – сідло) у випускних та магістральних клапанах, а також в клапанах першої та другої сходинки редуктора.

Внутрішня негерметичність випускних та магістральних клапанів спричинятиме надмірний тиск газу. Ця обставина підвищує ймовірність витoku газу в навколишнє середовище, унеможлиблює проведення ремонту газової апаратури та переведення живлення двигуна з газового на бензинове пальне.

Витік газу відображають покази манометра редуктора. Так, під час зупинки двигуна значення тиску в камері першого ступеня збільшується, це відкриває другого ступеня редуктора клапан, і газ починає виділятися в простір під капотом.

При порушенні герметичності в другому ступені, який функціонує як замковий клапан, коли не працює двигун та відкриті магістральний і випускний клапани, газ виділяється в підкапотний простір через повітряний фільтр з редуктора в змішувач.

Коли якимось чином появляються механічні доміжки на блокуючі поверхні та пошкодження ущільнювача клапана порушують герметичність пар у з'єднанні. Негерметичність паливної апаратури, арматури та паливних проводів призводить до витoku газу що в свою чергу, може утворити концентрацію газу, що є небезпечною та перевищує санітарні норми, вимоги пожежо- й вибухобезпечності.

Всі з'єднання газової установки за характером роботи поділяють на такі, що працюють під високим (1,6 МПа) та низьким (0,2 МПа) тиском.



Залежно від конструкції з'єднань та характеру неполадок застосовують різні способи усунення витіку газу. Гайку щільніше затягують, якщо витік зафіксовано у ніпельному з'єднанні. Якщо витік усунути не вдається – проводять розбір з'єднання, відрізають ніпелем із кінцем трубки та монтують з новим ніпелем. В кінцевих ущільненнях герметичність можна покращити покривши різьбу свинцевим глетом або клеєм АК-20, БФ-2.

В устаткуванні парової фази газу, з'єднань налічується менше: з'єднання в штуцерах, в трубопроводах, у роз'ємах випарника і фільтру. Їх негерметичність спричиняє витік газу в простір під капотом.

Ускладнений пуск двигуна спостерігається при перенасиченні або недостатці в паливній суміші газу. Причини перенасичення паливної суміші: негерметичність клапанів першої й другої сходинок редуктора та негерметичність зворотного клапана змішувача. Недостачу газу в паливній суміші спричиняє шланг подачі газу в систему холостого ходу та засмічення чи звуження прохідного розрізу каналу системи холостого ходу.

При негерметичності розвантажувального обладнання редуктора чи трубки, котра сполучає порожнину розвантажувального пристрою із впускним трубопроводом двигуна, подача газу з редуктора в змішувач припиняється і двигун запустити неможливо.

Нестабільну роботу двигуна на холостому ходу може спричинити неправильне налагодження подачі газу в систему холостого ходу; подача газу через основну систему через негерметичність зворотного клапана змішувача чи клапана другого ступеню редуктора; зменшення газу завдяки негерметичному шлангу системи чи засмічення його прохідного перетину.

Погана робота спричиняються різким відкриттям дросельних заслінок змішувача через недонасичення паливної суміші та запізнене увімкнення основної системи подачі газу. Вчасне увімкнення основної системи забезпечує піднятий зворотній клапан змішувача під впливом розрідження в дифузорах при частоті обертів колінчастого валу двигуна 1300-1400 об/хв.

Невчасне відкриття зворотнього клапана спричиняє зменшення подачі в систему холостого ходу і не дозволяє розвивати потрібну частоту обертів колінчастого валу двигуна та досягнути необхідного стану розрідження в дифузорах. До «провалів» призводить і прилипання зворотнього клапана до сідла, оскільки необхідна сила для його відкриття.

Скупчення конденсату в другому ступені редуктора спричиняє появу незадовільних переходів в роботі двигуна. Такі умови вимагають більших зусиль для відкриття клапана редуктора та викликає недонасичення паливної суміш у перехідному режимі.

Негерметичність розвантажувального пристрою призводить не лише до «провалів», але й до зупинки двигуна, це в свою чергу спричиняє зменшення чи припинення подачі газу з редуктора змішувача.

Для недопущення нестабільної роботи двигуна на перехідних режимах відрегульовують систему холостого ходу, очищують та протирають зворотний клапан, зливають конденсат з редуктора, тим самим усувають негерметичність розвантажувального пристрою.

Потужність двигуна знижується через недонасичення паливної суміші газом, а також через звуження газових прохідних каналів, засмічення газових фільтрів та каналів випарника, незадовільне відкривання клапанів першої та другої сходинки редуктора та економайзерного пристрою, зменшення перерізу газової магістралі.

Якість прохідних перерізів в магістралі до другого ступеня редуктора перевіряють манометром редуктора під час роботи двигуна. Різке збільшення частоти обертів колінчастого валу двигуна не повинно спричинити падіння тиску в ступені №1 редуктора більш ніж на 100 – 200 Па.

Перелік робіт при ТО.

Для автомобілів з ГБО проводять щоденні ТО, перше (ТО – 1), друге (ТО – 2) і сезонне (3) технічні обслуговування. Проведення робіт по (ТО-1) і (ТО-2) газових систем живлення проводять у встановлені терміни.

Перед виїздом автомобіля на лінію та після повернення його в гараж проводять щоденне технічне обслуговування. Також проводять контрольні роботи.

Прибиральні та мийні роботи проводять після повернення автомобіля в гараж, також здійснюють перевірку технічного стану газового редуктора та інших зєднань.

На слух або приладами (як приклад ПГФ – 2М1 – ИЗГ) визначають стан газового редуктора та зливають масляний конденсат, щоб не порушувалась стабільність роботи.

Проведення першого технічного обслуговування газової системи живлення складають роботи: контрольні-діагностичні, кріпильні, що виконуються при ЩО, мастильно-очисні роботи (очищення елементів газових фільтрів, та заміна мастила різьбових штоків магістрального впускного та витратного вентилів.

Після проведення робіт першого технічного обслуговування (ТО-1) перевіряють роботу двигуна на газовому пальному та герметичність газової системи при значенні тиску 1,6 МПа повітрям чи інертним газом. Проводять заміри значень і також за потреби відрегульовують вміст окису вуглецю, визначають якість запуску двигуна та стабільність його функціонування на холостому ході при різній частоті обертів колінчастого валу.

В подальшому перевіряють стан та кріплення газового балона, кронштейнів, карбюратора до впускного патрубка до карбюратора та змішувача. «Контрольні-діагностичні та регулювальні роботи» включають перевірку та установку кута випередження запалення під час роботи двигуна на газовому паливі-при наявності карбюратора, -за наявності комп'ютера проводять усі роботи за допомогою програмного забезпечення та оснащення відповідного виробника, перевірка та налаштування змішувача газу, випарника.

Існують три види сезонного обслуговування газового устаткування:

I – включає роботи, які повинні бути виконані через 6 місяців.

Через 6 місяців контролюють запобіжний клапан балона, проганяють крізь газопроводи стисле повітря та проводять перевірку роботи відсікача частоти обертів колінчастого валу двигуна.

II – включає роботи, які виконують один раз в рік;

Роботи виконують при підготовці автомобіля до експлуатації в зимових умовах.

До даних робіт з обслуговування відносять ревізію газової апаратури, магістрального клапана, манометра та корпусу балона. При цьому розбирають, очищують, промивають, регулюють та проводять заміну зношених деталей газового редуктора, змішувача газу, випарника, магістрального вентиля.

Перед оглядом газової арматури балон повністю вивільняють від газу, знімають кришки впускного та випускного клапанів, клапана та перевіряють стан деталей.

III – включає роботи, що виконують один раз в два роки.

Спеціальна операція, яку виконують один раз в два роки – проведення огляду газового балона. Також проводять гідравлічні випробування, які дозволяють визначити міцність балона. Пневматичні випробування дають можливість перевірити герметичність з'єднань балона. Після проведення випробувань балон фарбують і наносять мітку із строком огляду.

Під час технічного обслуговування автомобілів з ГБО, виконують роботи для резервної (бензинової) системи живлення. Характер та періодичність таких робіт не відрізняються від тих, що виконуються для системи з карбюраторами.

#### Перевірка та регулювання газової апаратури.

Регулювання газобалонного обладнання автомобіля проводять на спеціальних стендах або універсальними приладами й різними пристосуваннями без демонтажу з автомобіля. Частина регулювань проводять, коли двигун працює на газі, частину – коли двигун непрацює, а система живлення заповнена повітрям чи інертним газом під тиском 1,6 МПа.

Величина ходу клапана визначається переміщенням штока редуктора. Нормативну величину відкриття клапана другого ступеня забезпечує хід штока не менше 8 мм.

Якщо відсутній тиск повітря в системі живлення потрібно перевірити герметичність розвантажувального і економайзерного пристрою. Знімають шланг втягуючого трубопроводу, та відсмоктують повітря в приладах до утворення розрідження не менше 266 Па. Розвантажувальний та економайзерний пристрої вважають герметичними, якщо протягом 5 хв значення розрідження в них зберігається.

Тиск в другому ступені редуктора налагоджують регулювальним стаканом 9, а контроль значення тиску проводять по водяним п'єзометром, який під'єднують трійником до системи холостого ходу. При від'єднанні стакана тиск в камері II ступеня спадає, а при приєднанні - збільшується. Регулювання проводять коли двигун працює на холостому ходу з частими обертами колінчастого валу 500 – 600 об/хв. При такому режимі роботи двигуна відрегульований редуктор утворює надлишковий тиск другого ступеня 70 – 80 Па.

Регулювання системи холостого ходу у газовому змішувачі (СГ – 250) проводять за допомогою двох гвинтів, що регулюють подачу газу та гвинта, який обмежує закриття дросельних заслінок. Положенням гвинтів подачі газу регулюють одночасно дві камери: при відкручуванні паливна суміш насичується, а при закручуванні – рівень насичення зменшується.

Попередньо регулювання проводять при непрацюючому двигуні відкрутивши верхній гвинт подачі газу на три оберти, а нижній – на половину оберту. Для цього при відкритій кришці патрубку подачі газу в змішувач встановлюють таке положення верхнього гвинта, щоб подача газу в систему холостого ходу забезпечувала частоту обертів колінчастого валу двигуна 1300 – 1400 об/хв.

Опісля цього кришку патрубку закручують і встановлюють найменшу відстань відкриття заслінок, за якої буде двигун функціонуватиме стабільно.

Потім зменшують насичення суміші, закручуючи нижній гвинт подання газу поки в роботі двигуна не спостерігатимуться перебої, після чого гвинт викручують на 1/16 обороту.

Знизити значення вмісту відпрацьованих газів можна вкрутивши гвинти дросельних заслінок та подачі газу.

Перевіряють урегульованість системи холостого ходу переминою режиму роботи двигуна. Під час різкого відкриття дросельних заслінок частота обертів колінчастого валу двигуна має плавно та швидко збільшуватись до максимального значення. Різке закриття дросельних заслінок значення частоти обертів колінчастого валу двигуна повинне знижуватись до 400-500 об/хв, при цьому стабільність роботи двигуна не повинна бути порушена.

Перевірку показчика рівня газу в балоні та манометра першого ступеня редуктора проводять і комплексно (датчик і показчик), та порізно. Окрема перевірка показчика й датчика потрібна, щоб визначити неполадку однієї із складальних одиниць (вузлів).

Проте регулювання кута випередження запалення двигунів автомобілів з ГБО через високе октанове число пального не можна проводити по детонації під час розгону автомобіля, тому її проводять під час тестувань по максимальному значенні потужності двигуна.

Проведення перевірки герметичності системи живлення

Перевірка зовнішньої та внутрішньої герметичності системи живлення – одна із важливих операцій, які виконують.

Поширений метод перевірки зовнішньої герметичності системи - є змащування сполучень піноутворюючим розчином. При низьких температурах додають сіль – NaCl або CaCl<sub>2</sub>.

Вміст кількості солей у водному розчині залежить від температури повітря, при якій проводиться перевірка герметичності.

Сполучення або відрізки системи, які перевіряють, очищують та змащують за допомогою пензлика піноутворюючим розчином. Сполучення підлягають огляду двічі – безпосередньо при змащуванні та після нього. У

місцях, де є найдрібніші нещільності з'являються бульбашки, які виявляють під час повторного огляду. Звертають увагу на з'єднання, що розташовані в місцях, котрі важкодоступні для огляду.

Електричні газоаналізатори типу ПГФ – 2М1 – ИЗГ використовують для визначення місць витоків газу з балона. Для цього відбирають пробу повітря із місця сполучення та по шлангу за допомогою ручного насосу подають у вимірювальну камеру. Після цього вмикають живлення вимірювального мосту та знімають покази.

Та слід враховувати, що даний прилад не дає можливості точно відзначити місце витoku, оскільки засмоктування газу може відбуватись із інших суміжних сполучень. Для проведення перевірки автомобіль повинен знаходитись на відкритому повітрі, в місці, що захищене від вітру.

У виробничому приміщенні перевірку герметичності газової системи автомобіля проводять стислим негорючим та нетоксичним газом, під значенням тиску 1,6 МПа. Балони високого тиску використовують для отримання стислого газу, а компресор – для стислого повітря. Перевірка відбувається із закритими випускними клапанами та без наявності газу в паливній системі.

Проведення самостійного регулювання ГБО IV покоління:

Встановлення на автомобіль ГБО 4 покоління потрібно відрегулювати витрату пального чи динамічні характеристики автомобіля. Такі регулювання проводять вручну з допомогою діагностичного обладнання.

При правильно налаштованому ГБО 4 покоління час впорску бензину повинен залишатися стабільним під час роботи на бензині та газі.

Починати налаштування слід з автокалібрування. При виконанні цієї дії блок управління фіксує час впорску бензину, переходить на газ, налаштовує коефіцієнти паливної карти, для відтворення часу впорску бензину при переході на газ.

Під час поверхневого налаштування за навантаженням (за часом впорску) потрібно зафіксувати час впорску бензину в конкретний момент руху (наприклад

3 мс), перемкнувши на використання газового палива. Потрібно слідкувати за зміною часу впрыску бензину (при цьому умови руху та зусилля на педаль газу не змінюють). Порівнюють з показами часу впрыску при використанні бензинового палива. Наприклад значення з 3 мс збільшилося до 4 мс, тобто час збільшився на 33%. Якщо час впрыску бензину під час роботи на газі зростає, це означає, що насичення паливної суміші газом менше на 33 %. Увесь ряд 3 мс потрібно змінити на +33 одиниці, і далі, для всього навантаження.

Застосування розрядження колектора.

Розглянутий спосіб налаштування не підходить під час руху. Для порівняння часу впрыску в різних режимах роботи потрібно співставити покази під час руху на бензині з показами під час руху на газі за визначенням *MAP* сенсора.

*MAP* сенсор показує розрядження в колекторі. Його покази змінюються під зміною навантаження, але не змінюються якщо неправильно налаштувати коефіцієнт у програмі налаштування ГБО. Наприклад, під час руху на бензиновому пальному на холостому ходу, час впрыску становить 3 мс, а розрядження – 0,3 атмосфери. При перемиканні на газ, час впрыску становить 4 мс, але покази *MAP* сенсора залишаються не змінними і становлять 0,3 атмосфери.

Для застосування даного принципу треба скористатися вкладкою реєстру сигналів в програмі налаштувань (пункт 6.1 Acquisitions (Реєстр сигналів)).  
Порядок дій:

1. Проїхати на бензині 100 км, щоб корекція набула нормативного значення.
2. Зафіксувати покази при русі на бензині.
3. Зафіксувати значення розрядження в колекторі при часі впрыску, що встановлюється програмою ГБО (2, 2.5, 3, 3.5, 4.5 мс).
4. Зафіксувати значення під час руху на газі.
5. Спостерігати покази *MAP* та визначати різницю часу бензинового впрыску.



У ГБО Digitronik реалізований даний принцип. Програма проводить забір даних, будує графік роботи при русі на бензиновому та газовому пальному. Прості блоки відображають криві лише навантаження – карта 2D. Блоки містять карту 3D, в якій відображено зміну вприску відносно навантаження та обертів. Для таких налаштувань достатньо використання лише кабелю підключення до блоку управління ГБО

Налаштування за допомогою діагностичного сканера.

Оптимальним рішенням є налаштування і регулювання ГБО 4 покоління з допомогою сканера для діагностики. Такі сканери відображають та корегують корекцію ЕБУ автомобіля (FuelTrim). Паливна корекція показує відсоткове значення відхилення вприску від нормативного. Найчастіше, використовують покази MAP і MAF сенсорів, таблицю еталонних значень часу уприску при певних значеннях показів. Коли значення часу вприску відрізняються від еталонних, значення корекції зміщується від 0.

Суть налаштування з використанням сканера діагностики полягає у тому, що при будь-яких навантаженнях та обертах значення корекції не виходить за межі +/-5%. Рекомендовано налаштування карти лише по навантаженню.

Зручність застосування сканера полягає в тому, що немає потреби самотужки проводити обчислення: під час руху відображаються карта коефіцієнтів та покази корекції палива. Є можливість обрати правильний коефіцієнт та спостерігати за рухом автомобіля. Якщо використовується не сканер, а OBD адаптер та ноутбук – дані записують та опрацьовують пізніше з прив'язкою до MAP сенсора.

## 2.2 Тяговий розрахунок автомобіля

Зовнішню швидкісну характеристику поршневого двигуна внутрішнього згоряння будують за допомогою емпіричної формули, яка формує криву потужності:

$$N_e = N_{e_{\max}} \left[ A_1 \frac{n}{n_N} + A_2 \left( \frac{n}{n_N} \right)^2 - \left( \frac{n}{n_N} \right)^3 \right], \text{ кВт} \quad (2.1)$$

Для вибору поточного значення  $n$  розділяють на довільну кількість елементів (рекомендовано 6-8, з однаковим інтервалом  $\Delta n$ , що кратний 50 або 100 для спрощування розрахунку):

$$\Delta n = \frac{n_N - n_{\min}}{6\dots 8}, \quad (2.2)$$

Мінімальне значення  $n_{\min}$  повинне знаходитись в межах 400 ... 800 об/хв.

Для даного прикладу  $n_{\min} = 750$  об/хв.

$$\Delta n = \frac{6000 - 750}{7} = 750 \text{ об/хв.}$$

Визначивши  $N_e$  для обраних значень  $n$ , визначають відповідні числа крутного моменту двигуна, Н·м:

$$M_e = 9550 \frac{N_e}{n}, \quad (2.3)$$

На основі результатів розрахунку за формулами 2-4 заповнюють в таблицю 1 та формують зовнішню швидкісну характеристику двигуна  $N_e = f(n)$  та  $M_e = f(n)$ . Для дизельного та карбюраторного двигунів з обмежувачами зовнішня швидкісна характеристика формується до точки, що відповідає  $n_N$ .

### 2.2.1 Силовий баланс і динамічна характеристика

Для побудови графіків силового балансу при різних передачах та швидкостях руху автомобіля розраховується значення елементів рівняння силового балансу:

$$P_k - P_{\Psi} - P_w - P_j = 0 \quad (2.4)$$

Тягове зусилля ведучих коліс визначають:

$$P_k = \frac{M_e \cdot u_{ki} \cdot u_{PB} \cdot u_o \cdot \eta}{r_o}, \quad (2.5)$$

Другий елемент силового балансу – сила сумарного дорожнього опору – визначається:

$$P_\psi = \psi G, \quad (2.6)$$

де  $G=gm$  – повна маса автомобіля, Н;  $g=9,81$  м/с<sup>2</sup> – прискорення вільного падіння.

Вважають  $\psi=\text{const}$ .

Для ЗАЗ Lanos  $G=9,81 \cdot 1595=15646,95$  Н, а при значенні  $\psi=0,02$ ,  
 $P_\psi = 0,02 \cdot 15646,95 = 336,5$  Н.

$$P_w = \frac{kFv^2}{3,6^2}, \quad (2.7)$$

де  $F$  – площа, яка створює опір повітря при русі повітря, м<sup>2</sup>;

$v$  – швидкість автомобіля, км/год.

Площу створення опору повітря можна визначати за кресленням автомобіля, а при його відсутності – орієнтовно за виразом [9]:

$$F = \alpha B_r H_r, \quad (2.8)$$

Для ЗАЗ Lanos  $F = 0,78 \cdot 1,678 \cdot 1,432=1,874$ , м<sup>2</sup>.

$$P_j = \delta \frac{G}{g} j, \quad (2.9)$$

При аналізуванні графіків силового балансу величину  $P_j$  не розраховують, а визначають як різницю тягової сили  $P_k$  та суми опору руху ( $P_\psi + P_w$ ).

Графік силового балансу будують по функції швидкості автомобіля  $V$ , км/год., яка залежить від частоти обертів вала двигуна  $n$ :

$$v = 0,377 \frac{r_k n}{u_{ki} u_{ps} u_0}, \quad (2.10)$$

Динамічний фактор автомобіля  $D$  визначається під час руху автомобіля на різних передачах та різній швидкості:

$$D = \frac{P_k - P_w}{G} = \psi + \frac{\delta}{g} j, \quad (2.11)$$

Динаміку руху по швидкості значень  $P_k$ ,  $P_w$  і  $D$  визначають на основі результатів розрахунків заповнюють таблицю 2 та формують графіки силового балансу й динамічних характеристик.

Константи у формулах приводять до загальних коефіцієнтів, для спрощення розрахунків. Відтак, для сили тяги на першій передачі:

$$P_{k1} = \frac{u_{k1} \cdot u_0 \cdot \eta}{r_0} \cdot M_e;$$

$$P_{k1} = \frac{3,545 \cdot 4,176 \cdot 0,91}{0,265} \cdot M_e = 50,84 \cdot M_e, \text{ Н.}$$

Для наступних передач:  $P_{k2} = 29,37M_e$ ;  $P_{k3} = 19,30M_e$ ;  $P_{k4} = 13,92M_e$ ;

$P_{k5} = 10,94M_e$ .

Розрахунок швидкості  $v$  на першій передачі:

$$v_1 = 0,377 \cdot \frac{r_k n}{u_{k1} u_0};$$

$$v_1 = 0,377 \cdot \frac{0,265}{3,545 \cdot 4,176} \cdot n = 0,006749 \cdot n, \text{ км/год.}$$

На інших передачах:

$$v_2 = 0,011682n; \quad v_3 = 0,017774n; \quad v_4 = 0,024638n; \quad v_5 = 0,031355n.$$

При силі опору повітря:

$$P_w = \frac{k \cdot F \cdot v^2}{3,6^2};$$

$$P_w = \frac{0,33 \cdot 1,874}{3,6^2} \cdot v^2 = 0,0477 \cdot v^2, \text{ Н.}$$

Для значення швидкості меншому 15 км/год, значення сили опору повітря можна вважати рівною 0, тобто  $P_w = 0$ .

Для формування графіка силового балансу визначають суму  $P_\psi + P_w = 0$ , у зв'язку з чим, виконання наведеного прикладу розрахунку проводять за швидкістю, належної вищої передачі.

### 2.2.2 Оцінка показників розгону автомобіля

Прискорення  $j$  для різних передач та різного значення швидкості розраховують на основі значення  $D$  із таблиці 2 за формулою:

$$j = (D + \psi) \frac{g}{\delta}, \quad (2.12)$$

де  $\delta \approx 1,04 + 0,04 \cdot u_{ki}^2 \cdot u_{PB}^2$  заздалегідь розраховують для кожної передачі. У цьому прикладі  $\delta_1 = 1,5427$ ;  $\delta_2 = 1,2078$ ;  $\delta_3 = 1,1125$ ;  $\delta_4 = 1,0777$ ;  $\delta_5 = 1,0633$ .

Так як при максимальному значенні автомобіля прискорення  $j = 0$ , а оберненою величиною  $1/j$  є нескінченність – графік  $1/j = f(v)$  обмежують крайньою точкою, що наближено дорівнює  $0,9 \cdot v_{\max}$ . Для даного прикладу це обмеження становить майже 161 км/год.  $0,9 \cdot 173 = 161$  км/год. При швидкості 130 км/год. Відповідні значення  $j = 0,18$  м/с<sup>2</sup> і  $1/j = 5,56$  с<sup>2</sup>/м.

Час розгону визначають як інтеграл функції:

$$t = \int_{v_1}^{v_2} \frac{1}{j} \times dv, \quad (2.13)$$

Розгін автомобіля  $v_{i+1}$ .

$$t_i = m_{1/j} \cdot m_v \cdot F_{ii}, \quad (2.14)$$

Так на графіку значення швидкість вимірювана в км/год., її масштаб  $m'_v$  [км/(год·мм)]. Тоді масштаб  $m_v$  [м/(с·мм)] визначається як  $m'_v / 3,6$ .

Провівши розрахунок площ ділянок  $F_{ii}$ , нарастаючу суму площ  $\sum F_{ii}$  за формулою визначають час розгону  $t$ , заповнюють на основі проведених розрахунків таблицю 4, формують графік часу розгону.

Орієнтовний розрахунок площ  $F_{ii}$  проводять вважаючи, що кожна ділянка трапецієподібної форми.

Шлях розгону визначають шляхом графічного інтегрування функції  $t = f(v)$ , тобто підраховують відповідні площі на графіку часу розгону, так як

$$g = \frac{ds}{dt}; \quad dS = v \cdot dt; \quad S = \int_{t_1}^{t_2} v \cdot dt. \quad (2.15)$$

Методика розрахунку та формування графіку така ж як і попередня. Площу над кривою  $t = f(v)$  в інтервалі від  $v_{\min}$  до  $0,9 v_{\max}$  розділяють на будь-яку кількість елементів (рекомендовано 5 або 6). Кожну ділянку обмежує частина осі ординат ( $t$ ), частина кривої  $t = f(v)$  та абсциси точок даної кривої, що відповідні початковій та кінцевій швидкостям заданого інтервалу.

Шлях розгону автомобіля  $S_i$  (м) на  $i$ -тому відрізку шляху від швидкості  $v_i$  до  $v_{i+1}$ :

$$S_i = m_v \cdot m_t \cdot F_{si} \quad (2.16)$$

де  $m_t$  (с/мм) – масштаб часу;

$F_{si}$  – площа, ділянки на графіку  $t = f(v)$ , мм<sup>2</sup>.

Провівши розрахунок площ ділянок  $F_{si}$  та наростаючої суми площ  $\sum F_s$ , за формулою визначають час розгону  $S$ , з результатів розрахунку формують таблицю й графік шляху розгону.

### 2.2.3 Тягово-швидкісні властивості автомобіля

По зовнішній швидкісній характеристиці двигуна вираховують максимальне значення крутного моменту  $M_{e_{\max}}$ , частоту обертання колінчастого валу при максимальному значенні крутного моменту  $n_m$ , момент при максимальному значенні потужності  $M_N$ . Проводять порівняння отриманих значеннях  $M_{e_{\max}}$  і  $n_m$  з реальними даними. Показники  $M_{e_{\max}}$  і  $M_N$  дають можливість визначити значення коефіцієнта пристосібленості двигуна:

$$K_{np} = \frac{M_{e_{\max}}}{M_N} \quad (2.17)$$

Для двигуна автомобіля ЗАЗ Lanos  $M_{e\max}=130$  Н·м, розраховане за формулою (4) є більшим, а  $n_m=3000$  об/хв. – меншим від реального значення, що пояснює наближеність значення розрахунку за вихідною формулою:

$$K_{np} = \frac{130}{135,29} = 1,25.$$

По графіку силового балансу визначається максимально можливе значення швидкості руху автомобіля  $v_{\max}$  для даних дорожніх умов ( $\psi$ ). Його можна також визначити за характеристикою динаміки, графіком прискорення та балансі потужності автомобіля. Динамічна характеристика автомобіля для кожної з передач визначається максимальним дорожнім опором  $\Psi_{\max i}$ , який може осилити автомобіль, критичною швидкістю  $v_{kpi}$ .

Значення розраховують у відсотках.

Для автомобіля ЗАЗ Lanos значення перелічених показників становлять:

$$g_{\max} \approx 173 \text{ км / год};$$

$$\psi_{\max 1} = D_{\max 1} \approx 0,406 \quad g_{kp1} \approx 45,6 \text{ км / год};$$

$$\psi_{\max 2} = D_{\max 2} \approx 0,232 \quad g_{kp2} \approx 78,9 \text{ км / год};$$

$$\psi_{\max 3} = D_{\max 3} \approx 1,48 \quad g_{kp3} \approx 120 \text{ км / год};$$

$$\psi_{\max 4} = D_{\max 4} \approx 1,1084 \quad g_{kp4} \approx 166 \text{ км / год};$$

$$\psi_{\max 5} = D_{\max 5} \approx 0,0566$$

За графіком прискорень визначають значення максимального прискорення  $j_{\max}$  для кожної із передач та оптимальне значення швидкості перемикання  $v_{пер}$  з однієї передачі на іншу на даному відрізку дороги.

Графіки часу та шляху розгону для визначеного дорожнього опору допомагають провести розрахунок до швидкості 100 км/год.



## 2.2.4 Результат тягового розрахунок автомобіля

Розрахунки виконано при роботі двигуна автомобіля на паливі та на скрапленому газі (LPG).

- на паливі

| Розрахунки зовнішньої швидкісної характеристики двигуна |                     |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Параметри   | Значення параметрів |        |        |        |        |        |        |        |        |
| $n$ , об/хв.  | 750                 | 1500   | 2250   | 3000   | 3750   | 4500   | 5250   | 6000   | 6750   |
| $A_1 \cdot (n/nN)$                                      | 0,1251              | 0,251  | 0,3754 | 0,53   | 0,6252 | 0,752  | 0,8751 | 1,0    | 1,1252 |
| $A_2 \cdot (n/nN)^2$                                    | 0,0157              | 0,0626 | 0,1407 | 0,251  | 0,3907 | 0,5624 | 0,7655 | 1,0    | 1,2655 |
| $(n/nN)^3$  | 0,0021              | 0,0161 | 0,0532 | 0,1254 | 0,2443 | 0,4223 | 0,6701 | 1,0    | 1,4246 |
| $A_1 \cdot n/nN + A_2 \cdot (n/nN)^2 - (n/nN)^3$        | 0,1387              | 0,2964 | 0,4625 | 0,625  | 0,7715 | 0,8904 | 0,9705 | 1,0    | 0,9665 |
| $Ne$ , кВт  | 8,742               | 18,72  | 29,17  | 39,39  | 48,61  | 56,10  | 61,153 | 63,4   | 60,912 |
| $Me$ , Н·м  | 112,28              | 118,13 | 123,76 | 124,37 | 122,78 | 119,07 | 112,23 | 100,22 | 85,19  |

| Розрахунки силового балансу автомобіля і динамічної характеристики автомобіля |                     |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Параметри   | Значення параметрів |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| $n$ , об/хв.  | 750                 | 1500    | 2250    | 3000    | 3750    | 4500    | 5250    | 6000    | 6750    |         |
| $Me$ , Н * м  | 111,28              | 119,13  | 123,76  | 125,37  | 123,76  | 119,07  | 111,23  | 100,22  | 86,19   |         |
| I – передача,<br>$uk1 = 3,727$  | $v$ , км/год.       | 5,661   | 11,322  | 16,981  | 22,642  | 28,313  | 33,972  | 39,632  | 45,292  | 50,951  |
|   | $P_k$ , Н           | 6817,95 | 7292,90 | 7585,60 | 7686,51 | 7591,52 | 7301,1  | 6820,67 | 6148,92 | 5283,12 |
|   | $P_w$ , Н           | -       | -       | 12,87   | 22,90   | 35,81   | 51,56   | 70,22   | 91,66   | 116,06  |
|   | $P_k - P_w$ , Н     | 6817,97 | 7291,93 | 7571,70 | 7663,57 | 7555,66 | 7249,50 | 6750,47 | 6057,23 | 5167,05 |
|   | $D$                 | 0,4052  | 0,4333  | 0,4502  | 0,4553  | 0,4492  | 0,4310  | 0,4011  | 0,3601  | 0,3072  |
| II – передача<br>$uk2 = 2,136$  | $v$ , км/год.       | 9,87    | 19,75   | 29,62   | 39,50   | 49,38   | 59,26   | 69,13   | 79,03   | 88,92   |
|   | $P_k$ , Н           | 3907,75 | 4179,97 | 4347,74 | 4405,57 | 4351,11 | 4184,66 | 3909,30 | 3524,30 | 3028,04 |
|   | $P_w$ , Н           | -       | 17,45   | 39,22   | 69,768  | 109,06  | 157,04  | 213,67  | 279,13  | 353,26  |
|   | $P_k - P_w$ , Н     | 3907,75 | 4162,52 | 4308,52 | 4335,81 | 4242,10 | 4027,62 | 3695,63 | 3245,22 | 2674,76 |
|   | $D$                 | 0,2322  | 0,2473  | 0,2563  | 0,2576  | 0,2522  | 0,2393  | 0,2196  | 0,1930  | 0,1589  |

|                                 |                 |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---------------------------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| III – передача<br>$uk3 = 1,414$ | $v$ , км/год.   | 14,91   | 29,82   | 44,74   | 59,67   | 74,631  | 89,52   | 104,43  | 119,36  | 134,27  |
|                                 | $P_k$ , Н       | 2586,16 | 2766,32 | 2877,34 | 2915,62 | 2879,5  | 2769,41 | 2587,20 | 2332,41 | 2003,97 |
|                                 | $P_w$ , Н       | -       | 39,82   | 89,57   | 159,25  | 248,81  | 358,31  | 487,68  | 636,95  | 806,13  |
|                                 | $P_k - P_w$ , Н | 2586,15 | 2726,51 | 2787,84 | 2756,35 | 2630,76 | 2411,11 | 2099,52 | 1695,43 | 1197,86 |
|                                 | $D$             | 0,1536  | 0,1623  | 0,1656  | 0,1637  | 0,1565  | 0,1434  | 0,1247  | 0,1006  | 0,0713  |
| VI – передача<br>$uk4 = 1,121$  | $v$ , км/год.   | 18,81   | 37,62   | 56,44   | 75,27   | 94,12   | 112,94  | 131,76  | 150,56  | 169,38  |
|                                 | $P_k$ , Н       | 2050,63 | 2193,48 | 2281,50 | 2311,86 | 2283,32 | 2195,94 | 2051,45 | 1849,42 | 1589,02 |
|                                 | $P_w$ , Н       | 15,81   | 63,32   | 142,48  | 253,38  | 395,87  | 570,06  | 775,93  | 1013,42 | 1282,59 |
|                                 | $P_k - P_w$ , Н | 2034,83 | 2130,17 | 2139,04 | 2058,49 | 1887,42 | 1625,87 | 1275,53 | 836,08  | 306,43  |
|                                 | $D$             | 0,1211  | 0,1267  | 0,1272  | 0,1223  | 0,1123  | 0,0965  | 0,0757  | 0,0496  | 0,0183  |
| V – передача<br>$uk5 = 0,892$   | $v$ , км/год.   | 23,64   | 47,32   | 70,95   | 94,633  | 118,26  | 141,91  | 165,57  | 189,22  | 212,87  |
|                                 | $P_k$ , Н       | 1632,13 | 1745,80 | 1815,86 | 1840,05 | 1817,27 | 1717,75 | 1632,77 | 1471,95 | 1264,68 |
|                                 | $P_w$ , Н       | 25,03   | 100,02  | 224,94  | 400,13  | 625,24  | 900,33  | 1225,47 | 1600,61 | 2025,72 |
|                                 | $P_k - P_w$ , Н | 1607,13 | 1645,75 | 1590,94 | 1439,93 | 1192,06 | 847,43  | 407,24  | -128,65 | -761,01 |
|                                 | $D$             | 0,0953  | 0,0976  | 0,0945  | 0,0855  | 0,0710  | 0,0502  | 0,0241  | -0,0075 | -0,0450 |
| $P_\psi + P_w$ , Н              |                 | 361,51  | 436,53  | 561,44  | 736,62  | 961,76  | 1236,81 | 1562,05 | 1937,13 | 2362,20 |

| Розрахунки прискорень і величин, обернених прискоренням |                           |                  |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---|---------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Параметр  |                           | Числове значення |        |        |        |        |        |        |        |        |
| $n$ , об/хв.  |                           | 750              | 1500   | 2250   | 3000   | 3750   | 4500   | 5250   | 6000   | 6750   |
| I – передача<br>$uk1 = 3,727$<br>$\delta1 = 1,5696$     | $\vartheta$ , км/год.     | 5,65             | 11,31  | 16,97  | 22,63  | 28,32  | 33,95  | 39,62  | 45,27  | 50,94  |
|   | $D$                       | 0,4052           | 0,4334 | 0,4503 | 0,4552 | 0,4490 | 0,4310 | 0,4013 | 0,3602 | 0,3072 |
|   | $D - \psi$                | 0,3852           | 0,4134 | 0,4302 | 0,4356 | 0,4292 | 0,4110 | 0,3813 | 0,3401 | 0,2872 |
|   | $j$ , м/с <sup>2</sup>    | 2,614            | 2,788  | 2,893  | 2,923  | 2,884  | 2,772  | 2,591  | 2,336  | 2,013  |
|   | $1/j$ , с <sup>2</sup> /м | 0,381            | 0,358  | 0,347  | 0,341  | 0,346  | 0,362  | 0,387  | 0,427  | 0,496  |
| II – передача<br>$uk2 = 2,136$<br>$\delta2 = 1,2225$    | $\vartheta$ , км/год.     | 9,87             | 19,75  | 29,62  | 39,52  | 49,38  | 59,26  | 69,13  | 79,01  | 88,89  |
|   | $D$                       | 0,2322           | 0,2473 | 0,2562 | 0,2578 | 0,2522 | 0,2393 | 0,2196 | 0,1928 | 0,1593 |
|   | $D - \psi$                | 0,2124           | 0,2273 | 0,237  | 0,24   | 0,2322 | 0,2193 | 0,1926 | 0,1728 | 0,1391 |
|   | $j$ , м/с <sup>2</sup>    | 2,025            | 2,146  | 2,216  | 2,231  | 2,184  | 2,082  | 1,924  | 1,711  | 1,4373 |
|   | $1/j$ , с <sup>2</sup> /м | 0,492            | 0,465  | 0,452  | 0,4483 | 0,457  | 0,481  | 0,521  | 0,584  | 0,695  |

|   |                           |         |        |        |        |        |        |        |         |         |
|---|---------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| III - передача<br>$Uk2 = 1,414$<br>$\delta2 = 1,1200$ | $\vartheta$ , км/год.     | 14,93   | 29,85  | 44,75  | 59,68  | 74,63  | 89,52  | 104,44 | 119,36  | 134,30  |
|   | $D$                       | 0,1535  | 0,1622 | 0,1656 | 0,1636 | 0,1563 | 0,1432 | 0,1246 | 0,1007  | 0,0710  |
|   | $D - \psi$                | 0,1335  | 0,1423 | 0,1456 | 0,1436 | 0,1365 | 0,1232 | 0,1047 | 0,0806  | 0,0513  |
|   | $j$ , м/с <sup>2</sup>    | 1,523   | 1,596  | 1,628  | 1,612  | 1,546  | 1,433  | 1,270  | 1,059   | 0,780   |
|   | $1/j$ , с <sup>2</sup> /м | 0,656   | 0,626  | 0,616  | 0,622  | 0,648  | 0,70   | 0,789  | 0,946   | 1,253   |
| VI- передача<br>$Uk2 = 1,121$<br>$\delta2 = 1,0903$   | $\vartheta$ , км/год.     | 18,83   | 37,65  | 56,47  | 75,28  | 94,13  | 112,92 | 131,76 | 150,56  | 169,38  |
|   | $D$                       | 0,1212  | 0,1267 | 0,1272 | 0,1223 | 0,1123 | 0,0967 | 0,0759 | 0,0496  | 0,0183  |
|   | $D - \psi$                | 0,10110 | 0,1067 | 0,1072 | 0,1025 | 0,0923 | 0,0767 | 0,0559 | 0,0298  | -0,0019 |
|   | $j$ , м/с <sup>2</sup>    | 1,2692  | 1,3193 | 1,323  | 1,283  | 1,189  | 1,0492 | 0,863  | 0,625   | 0,343   |
|   | $1/j$ , с <sup>2</sup> /м | 0,787   | 0,756  | 0,754  | 0,782  | 0,842  | 0,952  | 1,161  | 1,596   | 2,906   |
| V- передача<br>$Uk2 = 0,892$<br>$\delta2 = 1,0718$    | $\vartheta$ , км/год.     | 23,595  | 46,31  | 71,05  | 94,51  | 119,06 | 141,90 | 164,58 | 189,33  | 213,02  |
|   | $D$                       | 0,0956  | 0,0977 | 0,0945 | 0,0855 | 0,0708 | 0,0505 | 0,0243 | -0,0076 | -0,0454 |
|   | $D - \psi$                | 0,0754  | 0,0777 | 0,0745 | 0,0655 | 0,0510 | 0,0303 | 0,0041 | -0,0275 | -0,0650 |
|   | $j$ , м/с <sup>2</sup>    | 1,056   | 1,076  | 1,048  | 0,965  | 0,831  | 0,643  | 0,4043 | 0,111   | -0,233  |
|   | $1/j$ , с <sup>2</sup> /м | 0,945   | 0,926  | 0,952  | 1,034  | 1,203  | 1,552  | 2,472  | 8,852   | -4,327  |

| Розрахунки часу розгону         |                    |      |      |      |       |       |       |                  |
|---------------------------------|--------------------|------|------|------|-------|-------|-------|------------------|
| Параметр                        | Значення параметра |      |      |      |       |       |       |                  |
| $V$ , км/год.                   | $V_{min}$<br>5,66  | 29   | 52   | 76   | 99    | 122   | 146   | $V_{max}$<br>169 |
| $F_{ti}$ , мм <sup>2</sup>      | 0                  | 413  | 466  | 585  | 774   | 992   | 1164  | 1175             |
| $\sum F_{ti}$ , мм <sup>2</sup> | 0                  | 413  | 875  | 1460 | 2234  | 3225  | 4392  | 5566             |
| $t$ , с                         | 0                  | 2,27 | 4,86 | 8,13 | 12,40 | 17,93 | 24,42 | 30,93            |

| Розрахунки шляху розгону        |                     |       |         |         |         |                    |
|---------------------------------|---------------------|-------|---------|---------|---------|--------------------|
| Параметр                        | Значення параметра  |       |         |         |         |                    |
| $V$ , км/год.                   | $V_{min}$<br>= 5,66 | 35    | 70      | 105     | 140     | $V_{max}$<br>= 169 |
| $F_{ti}$ , мм <sup>2</sup>      | 0                   | 303,3 | 1144,32 | 2893,78 | 5533,81 | 6343,29            |
| $\sum F_{ti}$ , мм <sup>2</sup> | 0                   | 303,3 | 1447,83 | 4341,65 | 9875,46 | 16218,76           |
| $S$ , м                         | 0                   | 16,49 | 80,42   | 241,19  | 548,69  | 901,09             |

| Розрахунки що складають баланс потужності |                |                    |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---|----------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Параметр                                  |                | Значення параметра |        |        |        |        |        |        |        |        |
| $n$ , об/хв.                              |                | 750                | 1500   | 2250   | 3000   | 3750   | 4500   | 5250   | 6000   | 6750   |
| $N_e$ , кВт                               |                | 11,780             | 25,201 | 39,322 | 53,123 | 65,587 | 75,694 | 82,503 | 84,95  | 82,172 |
| $N_k$ , кВт                               |                | 10,70              | 22,93  | 35,80  | 48,33  | 59,67  | 68,86  | 75,07  | 77,34  | 74,75  |
| $V$ , км/год.                             | $uk_1 = 3,727$ | 5,65               | 11,33  | 16,99  | 22,63  | 28,32  | 33,98  | 39,64  | 45,28  | 50,94  |
|   | $uk_2 = 2,136$ | 9,89               | 19,75  | 29,62  | 39,52  | 49,38  | 59,26  | 69,15  | 79,03  | 88,89  |
|   | $uk_3 = 1,414$ | 14,91              | 29,83  | 44,75  | 59,72  | 74,63  | 89,52  | 104,46 | 119,36 | 134,28 |
|   | $uk_4 = 1,121$ | 18,83              | 37,63  | 56,45  | 75,30  | 94,13  | 112,94 | 131,76 | 150,56 | 169,40 |
|   | $uk_5 = 0,892$ | 23,64              | 47,33  | 70,97  | 94,63  | 118,26 | 141,93 | 165,56 | 189,24 | 212,89 |

- на скрапленому газі (LPG)

| Розрахунки зовнішньої швидкісної характеристики двигуна |  |                     |         |         |         |         |         |         |        |        |
|---|--|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Параметри   |  | Значення параметрів |         |         |         |         |         |         |        |        |
| $n$ , об/хв.  |  | 750                 | 1500    | 2250    | 3000    | 3750    | 4500    | 5250    | 6000   | 6750   |
| $A_1 \cdot (n/nN)$                                      |  | 0,123               | 0,249   | 0,373   | 0,49    | 0,624   | 0,73    | 0,876   | 1,0    | 1,122  |
| $A_2 \cdot (n/nN)$                                      |  | 0,0148              | 0,0613  | 0,1405  | 0,24    | 0,3905  | 0,5626  | 0,7655  | 1,0    | 1,2655 |
| $(n/nN)^3$  |  | 0,0021              | 0,017   | 0,052   | 0,124   | 0,245   | 0,423   | 0,672   | 1,0    | 1,422  |
| $A_1 \cdot n/nN + A_2 \cdot (n/nN)^2 - (n/nN)^3$        |  | 0,1385              | 0,2964  | 0,4625  | 0,624   | 0,7715  | 0,8904  | 0,9705  | 1,0    | 0,9659 |
| $N_e$ , кВт   |  | 8,041               | 17,220  | 26,849  | 36,23   | 44,739  | 51,652  | 56,304  | 58,01  | 56,072 |
| $M_e$ , Н · м   |  | 102,413             | 109,625 | 113,952 | 115,394 | 113,952 | 109,624 | 102,413 | 92,315 | 79,334 |

| Розрахунки силового балансу і динамічної характеристики автомобіля |                 |                     |         |         |         |         |         |         |         |         |
|--|-----------------|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Параметр   |                 | Значення параметрів |         |         |         |         |         |         |         |         |
| $n$ , об/хв.   |                 | 750                 | 1500    | 2250    | 3000    | 3750    | 4500    | 5250    | 6000    | 6750    |
| $M_e$ , Н · м  |                 | 102,413             | 109,625 | 113,94  | 115,397 | 113,952 | 109,625 | 102,413 | 92,316  | 79,334  |
| I – передача,<br>$uk_1 = 3,727$                                    | $v$ , км/год.   | 5,09                | 10,08   | 15,19   | 20,26   | 25,28   | 30,3    | 35,39   | 40,48   | 45,58   |
|  | $P_k$ , Н       | 6817,95             | 7292,92 | 7585,62 | 7686,4  | 7591,52 | 7301,10 | 6820,67 | 6148,92 | 5283,13 |
|  | $P_w$ , Н       | -                   | -       | 12,88   | 22,93   | 35,84   | 51,57   | 70,19   | 91,68   | 116,03  |
|  | $P_k - P_w$ , Н | 6817,93             | 7292,92 | 7572,70 | 7663,58 | 7555,67 | 7249,52 | 6750,47 | 6057,23 | 5167,05 |
|  | $D$             | 0,4052              | 0,4334  | 0,4503  | 0,4554  | 0,4492  | 0,4310  | 0,4013  | 0,3608  | 0,3073  |

|                                 |                       |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---------------------------------|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| II – передача<br>$uk2 = 2,136$  | $v, \text{км/год.}$   | 8,79    | 17,47   | 26,28   | 35,06   | 43,79   | 52,58   | 61,27   | 70,08   | 78,89   |
|                                 | $P_k, \text{Н}$       | 3907,75 | 4179,97 | 4347,73 | 4405,55 | 4351,11 | 4184,64 | 3909,30 | 3524,30 | 3028,03 |
|                                 | $P_w, \text{Н}$       | -       | 17,43   | 39,22   | 69,76   | 109,03  | 157,02  | 213,66  | 279,13  | 353,25  |
|                                 | $P_k - P_w, \text{Н}$ | 3907,74 | 4162,52 | 4308,50 | 4335,79 | 4242,10 | 4027,63 | 3695,62 | 3245,19 | 2674,76 |
|                                 | $D$                   | 0,2322  | 0,2473  | 0,2562  | 0,2575  | 0,2524  | 0,2392  | 0,2196  | 0,1928  | 0,1591  |
| III – передача<br>$uk3 = 1,414$ | $v, \text{км/год.}$   | 13,28   | 26,69   | 40,07   | 53,28   | 66,69   | 80,05   | 93,27   | 106,56  | 120,08  |
|                                 | $P_k, \text{Н}$       | 2586,14 | 2766,32 | 2877,35 | 2915,64 | 2879,5  | 2769,42 | 2587,22 | 2332,42 | 2003,97 |
|                                 | $P_w, \text{Н}$       | -       | 39,82   | 89,55   | 159,25  | 248,84  | 358,32  | 487,66  | 636,93  | 806,12  |
|                                 | $P_k - P_w, \text{Н}$ | 2586,16 | 2726,54 | 2787,82 | 2756,36 | 2630,76 | 2411,14 | 2099,53 | 1695,45 | 1197,86 |
|                                 | $D$                   | 0,1536  | 0,1622  | 0,1656  | 0,1639  | 0,1565  | 0,1434  | 0,1249  | 0,1009  | 0,0713  |

|                                |                       |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|--------------------------------|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| VI – передача<br>$uk4 = 1,121$ | $v, \text{км/год.}$   | 18,48   | 36,8    | 55,39   | 73,87   | 92,37   | 110,89  | 129,39  | 147,78  | 166,26  |
|                                | $P_k, \text{Н}$       | 2050,65 | 2193,50 | 2281,50 | 2311,86 | 2283,29 | 2195,93 | 2051,45 | 1849,40 | 1588,9  |
|                                | $P_w, \text{Н}$       | 15,82   | 63,32   | 142,50  | 253,40  | 395,90  | 570,08  | 775,92  | 1013,42 | 1282,59 |
|                                | $P_k - P_w, \text{Н}$ | 2034,80 | 2130,15 | 2139,02 | 2058,47 | 1887,42 | 1625,86 | 1275,54 | 835,9   | 306,40  |
|                                | $D$                   | 0,1212  | 0,1267  | 0,1272  | 0,1223  | 0,1123  | 0,0967  | 0,0759  | 0,0498  | 0,0183  |
| V – передача<br>$uk5 = 0,892$  | $v, \text{км/год.}$   | 23,49   | 46,8    | 70,55   | 94,08   | 117,59  | 141,09  | 164,58  | 188,09  | 211,63  |
|                                | $P_k, \text{Н}$       | 1632,12 | 1745,83 | 1815,86 | 1840,05 | 1817,28 | 1717,77 | 1632,77 | 1471,95 | 1264,68 |
|                                | $P_w, \text{Н}$       | 24,8    | 100,00  | 224,96  | 400,12  | 625,24  | 900,33  | 1225,54 | 1600,63 | 2025,72 |
|                                | $P_k - P_w, \text{Н}$ | 1607,12 | 1645,73 | 1590,93 | 1439,93 | 1192,03 | 847,43  | 407,24  | -128,65 | -761,03 |
|                                | $D$                   | 0,0954  | 0,0976  | 0,0944  | 0,0855  | 0,0710  | 0,0505  | 0,0243  | -0,0076 | -0,0453 |
| $P_\psi + P_w, \text{Н}$       | 361,49                | 436,53  | 561,44  | 736,60  | 961,74  | 1236,80 | 1562,01 | 1937,13 | 2362,22 |         |

| Результати Розрахунки прискорень і величин, обернених прискоренням |                             |                  |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--|-----------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Параметр   |                             | Числове значення |        |        |        |        |        |        |        |        |
| $n, \text{об/хв.}$   |                             | 750              | 1500   | 2250   | 3000   | 3750   | 4500   | 5250   | 6000   | 6750   |
| I – передача<br>$Uk1 = 3,727$<br>$\delta 1 = 1,5696$               | $\vartheta, \text{км/год.}$ | 5,08             | 10,09  | 15,19  | 20,28  | 25,27  | 30,39  | 35,38  | 40,49  | 45,58  |
|  | $D$                         | 0,4052           | 0,4333 | 0,4502 | 0,4554 | 0,4492 | 0,4310 | 0,4010 | 0,3601 | 0,3072 |
|  | $D - \psi$                  | 0,3854           | 0,4134 | 0,4302 | 0,4354 | 0,4292 | 0,4110 | 0,3810 | 0,3406 | 0,2872 |
|  | $j, \text{м/с}^2$           | 2,615            | 2,790  | 2,890  | 2,925  | 2,884  | 2,772  | 2,592  | 2,336  | 2,013  |
|  | $1/j, \text{с}^2/\text{м}$  | 0,383            | 0,359  | 0,344  | 0,343  | 0,346  | 0,362  | 0,385  | 0,427  | 0,498  |

|  |                           |        |        |        |         |        |        |        |        |         |
|--|---------------------------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|
| II – передача<br>$Uk2 = 2,136$<br>$\delta 2 = 1,2225$  | $\vartheta$ , км/год.     | 8,79   | 17,48  | 26,27  | 35,03   | 43,78  | 52,57  | 61,28  | 70,09  | 78,89   |
|  | $D$                       | 0,2322 | 0,2473 | 0,2562 | 0,2576  | 0,2522 | 0,2393 | 0,2196 | 0,1928 | 0,1591  |
|  | $D - \psi$                | 0,2122 | 0,2273 | 0,2358 | 0,2369  | 0,2322 | 0,2193 | 0,1926 | 0,1728 | 0,1392  |
|  | $j$ , м/с <sup>2</sup>    | 2,025  | 2,146  | 2,218  | 2,231   | 2,186  | 2,082  | 1,926  | 1,712  | 1,4373  |
|  | $1/j$ , с <sup>2</sup> /м | 0,495  | 0,465  | 0,452  | 0,4483  | 0,457  | 0,482  | 0,522  | 0,586  | 0,695   |
| III – передача<br>$Uk2 = 1,414$<br>$\delta 2 = 1,1200$ | $\vartheta$ , км/год.     | 13,25  | 26,66  | 39,87  | 53,28   | 66,68  | 79,86  | 92,9   | 106,5  | 119,8   |
|  | $D$                       | 0,1536 | 0,1622 | 0,1656 | 0,16377 | 0,1565 | 0,1431 | 0,1247 | 0,1006 | 0,0713  |
|  | $D - \psi$                | 0,1335 | 0,1422 | 0,1456 | 0,1437  | 0,1365 | 0,1230 | 0,1046 | 0,0807 | 0,0510  |
|  | $j$ , м/с <sup>2</sup>    | 1,520  | 1,596  | 1,626  | 1,612   | 1,546  | 1,432  | 1,270  | 1,059  | 0,8     |
|  | $1/j$ , с <sup>2</sup> /м | 0,656  | 0,625  | 0,616  | 0,622   | 0,646  | 0,71   | 0,785  | 0,946  | 1,253   |
| VI – передача<br>$Uk2 = 1,121$<br>$\delta 2 = 1,0903$  | $\vartheta$ , км/год.     | 18,48  | 36,8   | 55,38  | 73,87   | 92,39  | 110,89 | 129,38 | 147,78 | 166,29  |
|  | $D$                       | 0,1213 | 0,1267 | 0,1272 | 0,1225  | 0,1123 | 0,0967 | 0,0756 | 0,0498 | 0,0183  |
|  | $D - \psi$                | 0,1012 | 0,1067 | 0,1072 | 0,1023  | 0,0923 | 0,0767 | 0,0559 | 0,0296 | -0,0017 |
|  | $j$ , м/с <sup>2</sup>    | 1,2692 | 1,3193 | 1,323  | 1,283   | 1,192  | 1,0493 | 0,863  | 0,626  | 0,345   |
|  | $1/j$ , с <sup>2</sup> /м | 0,789  | 0,757  | 0,756  | 0,785   | 0,843  | 0,952  | 1,1603 | 1,596  | 2,908   |

|  |                           |        |        |        |        |        |        |        |         |         |
|--|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| V – передача<br>$Uk2 = 0,892$<br>$\delta 2 = 1,0718$ | $\vartheta$ , км/год.     | 23,52  | 47,3   | 70,62  | 94,15  | 117,64 | 141,14 | 164,62 | 188,12  | 211,66  |
|  | $D$                       | 0,0953 | 0,0976 | 0,0945 | 0,0855 | 0,0710 | 0,0503 | 0,0240 | -0,0076 | -0,0453 |
|  | $D - \psi$                | 0,0750 | 0,0777 | 0,0745 | 0,0655 | 0,0510 | 0,0303 | 0,0040 | -0,0276 | -0,0651 |
|  | $j$ , м/с <sup>2</sup>    | 1,056  | 1,077  | 1,050  | 0,965  | 0,831  | 0,643  | 0,4043 | 0,112   | -0,232  |
|  | $1/j$ , с <sup>2</sup> /м | 0,945  | 0,927  | 0,952  | 1,036  | 1,203  | 1,552  | 2,472  | 8,854   | -4,328  |

| Розрахунки часу розгону         |                    |      |       |       |        |        |                  |
|---------------------------------|--------------------|------|-------|-------|--------|--------|------------------|
| Параметр                        | Значення параметра |      |       |       |        |        |                  |
| $V$ , км/год.                   | $V_{min}$<br>5,1   | 31,4 | 57,87 | 84,27 | 110,67 | 137,09 | $V_{max}$<br>161 |
| $F_{ti}$ , мм <sup>2</sup>      | 0                  | 412  | 466   | 583   | 772    | 992    | 1176             |
| $\sum F_{ti}$ , мм <sup>2</sup> | 0                  | 412  | 877   | 1461  | 2234   | 3225   | 5567             |
| $t$ , с                         | 0                  | 3,01 | 6,86  | 12,09 | 19,47  | 31,63  | 53,13            |

| Розрахунки шляху розгону        |                    |       |         |         |         |          |                  |
|---------------------------------|--------------------|-------|---------|---------|---------|----------|------------------|
| Параметр                        | Значення параметра |       |         |         |         |          |                  |
| $V$ , км/год.                   | $V_{min}$<br>5,1   | 31,48 | 57,87   | 84,27   | 110,69  | 137,08   | $V_{max}$<br>161 |
| $F_{ti}$ , мм <sup>2</sup>      | 0                  | 303,6 | 1144,35 | 2893,7  | 5533,83 | 7591,972 | 16263,12         |
| $\sum F_{ti}$ , мм <sup>2</sup> | 0                  | 303,6 | 1447,85 | 4341,63 | 9875,47 | 14295,10 | 30558,242        |
| $S$ , м                         | 0                  | 17,3  | 65,5    | 170,2   | 372,42  | 794,23   | 1697,79          |

| Розрахунки що складають баланс потужності |                |                    |        |        |       |       |       |        |       |        |
|---|----------------|--------------------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
| Параметр                                  |                | Значення параметра |        |        |       |       |       |        |       |        |
| $n$ , об/хв.                              |                | 750                | 1500   | 2250   | 3000  | 3750  | 4500  | 5250   | 6000  | 6750   |
| $N_e$ , кВт                               |                | 8,040              | 17,220 | 26,850 | 36,26 | 44,75 | 51,66 | 56,303 | 57,98 | 56,072 |
| $N_k$ , кВт                               |                | 10,70              | 22,93  | 35,80  | 48,33 | 59,67 | 68,87 | 75,09  | 77,36 | 74,78  |
| $V$ , км/год.                             | $uk_1 = 3,727$ | 18,49              | 18,49  | 18,49  | 18,49 | 18,49 | 18,49 | 18,49  | 18,49 | 18,49  |
|   | $uk_2 = 2,136$ | 36,9               | 36,9   | 36,9   | 36,9  | 36,9  | 36,9  | 36,9   | 36,9  | 36,9   |
|   | $uk_3 = 1,414$ | 55,38              | 55,38  | 55,38  | 55,38 | 55,38 | 55,38 | 55,38  | 55,38 | 55,38  |
|   | $uk_4 = 1,121$ | 73,96              | 73,96  | 73,96  | 73,96 | 73,96 | 73,96 | 73,96  | 73,96 | 73,96  |
|   | $uk_5 = 0,892$ | 23,6               | 46     | 70,7   | 94,2  | 117,7 | 141,2 | 164,7  | 188,2 | 211,63 |

## 2.2.5 Графічні результати тягово-швидкісних характеристик

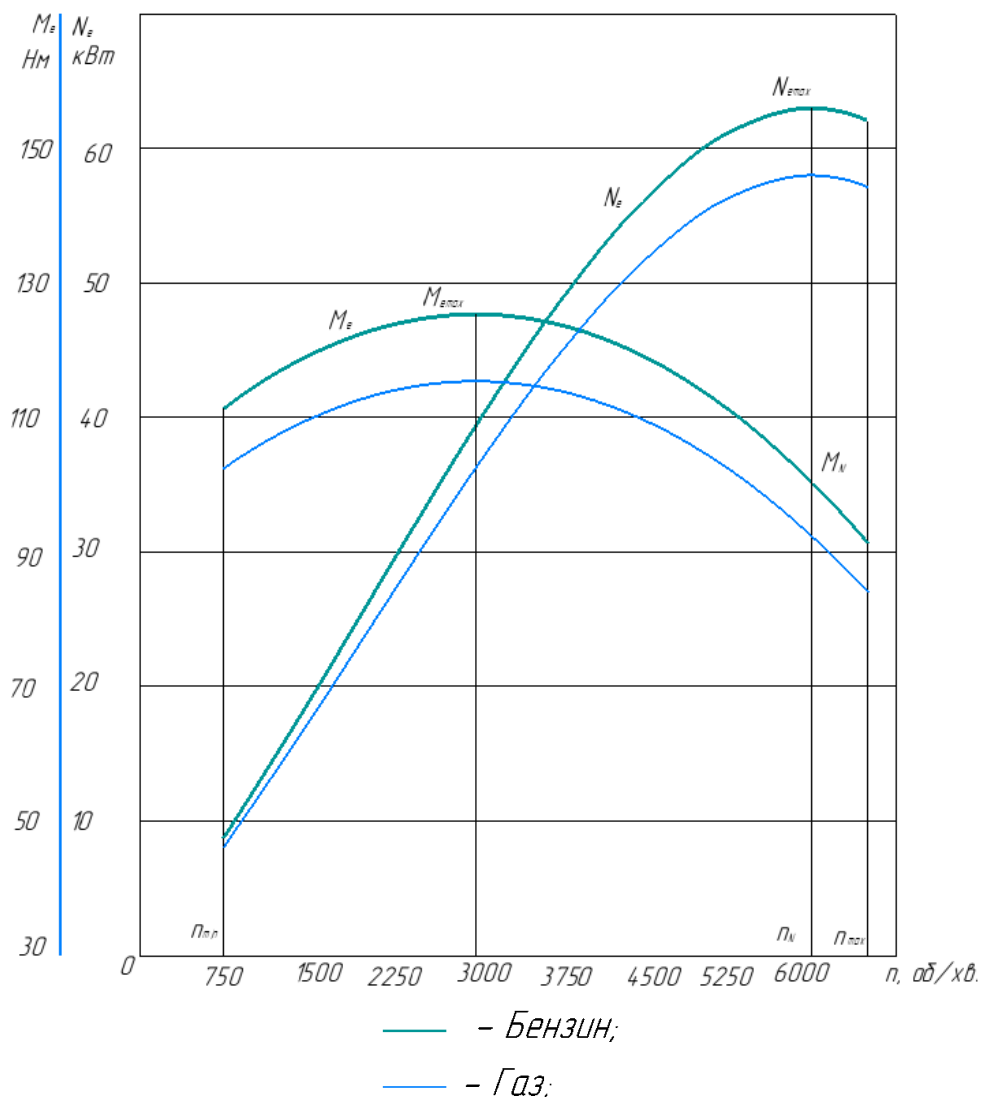


Рисунок 2.3 – Зовнішня швидкісна характеристика двигуна

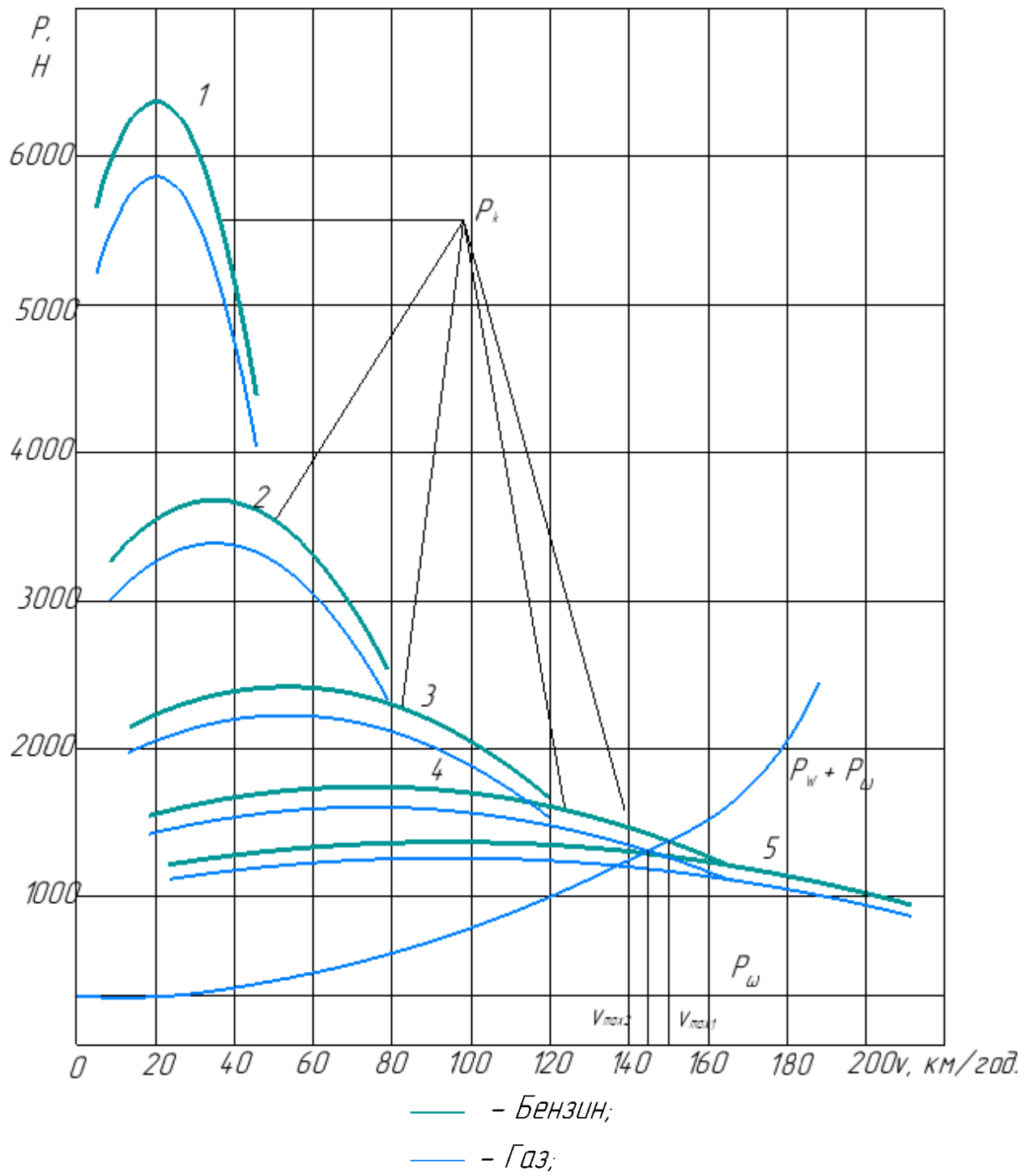


Рисунок 2.4 – Силовий баланс автомобіля



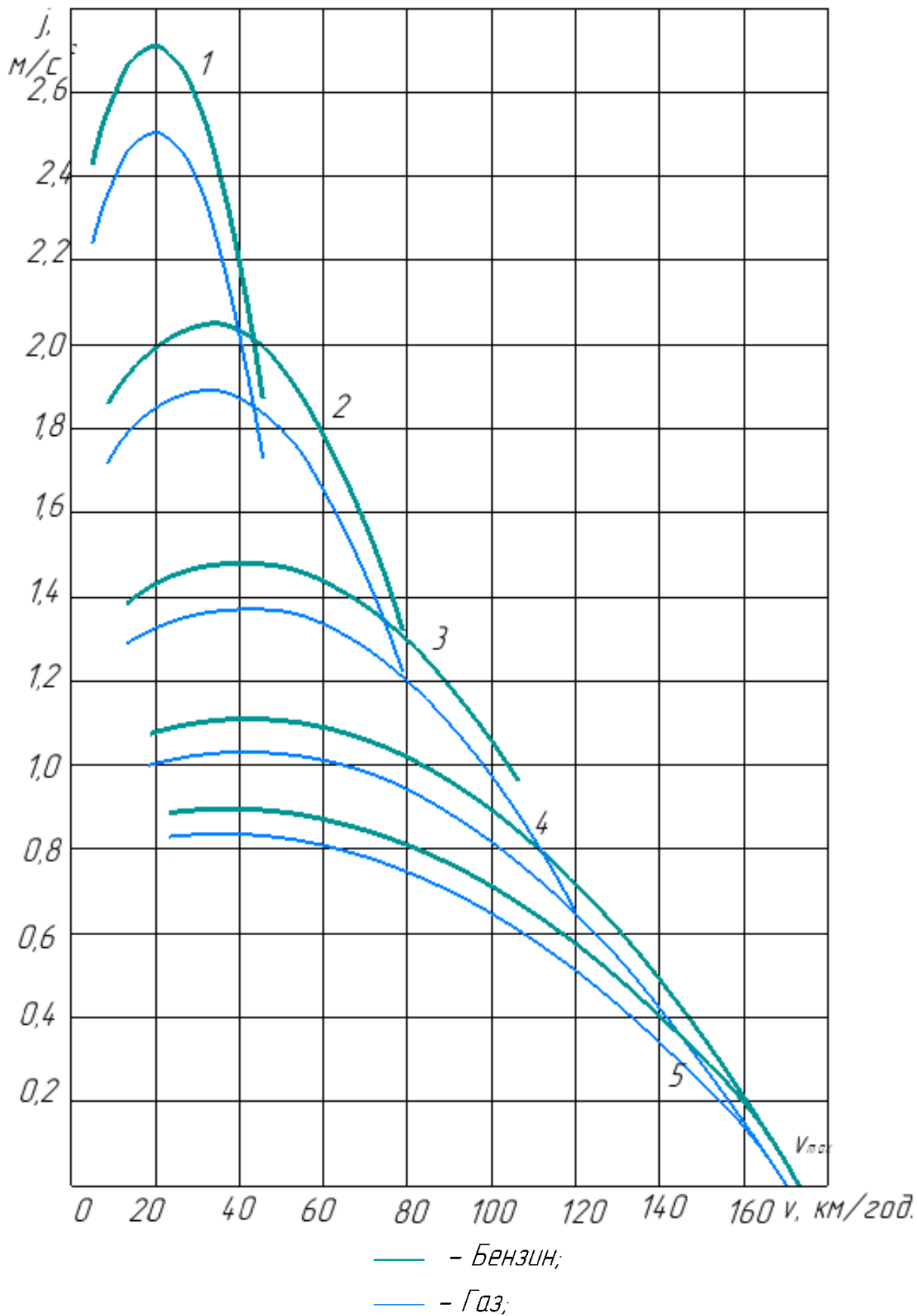


Рисунок 2.5 – Динамічна характеристика автомобіля

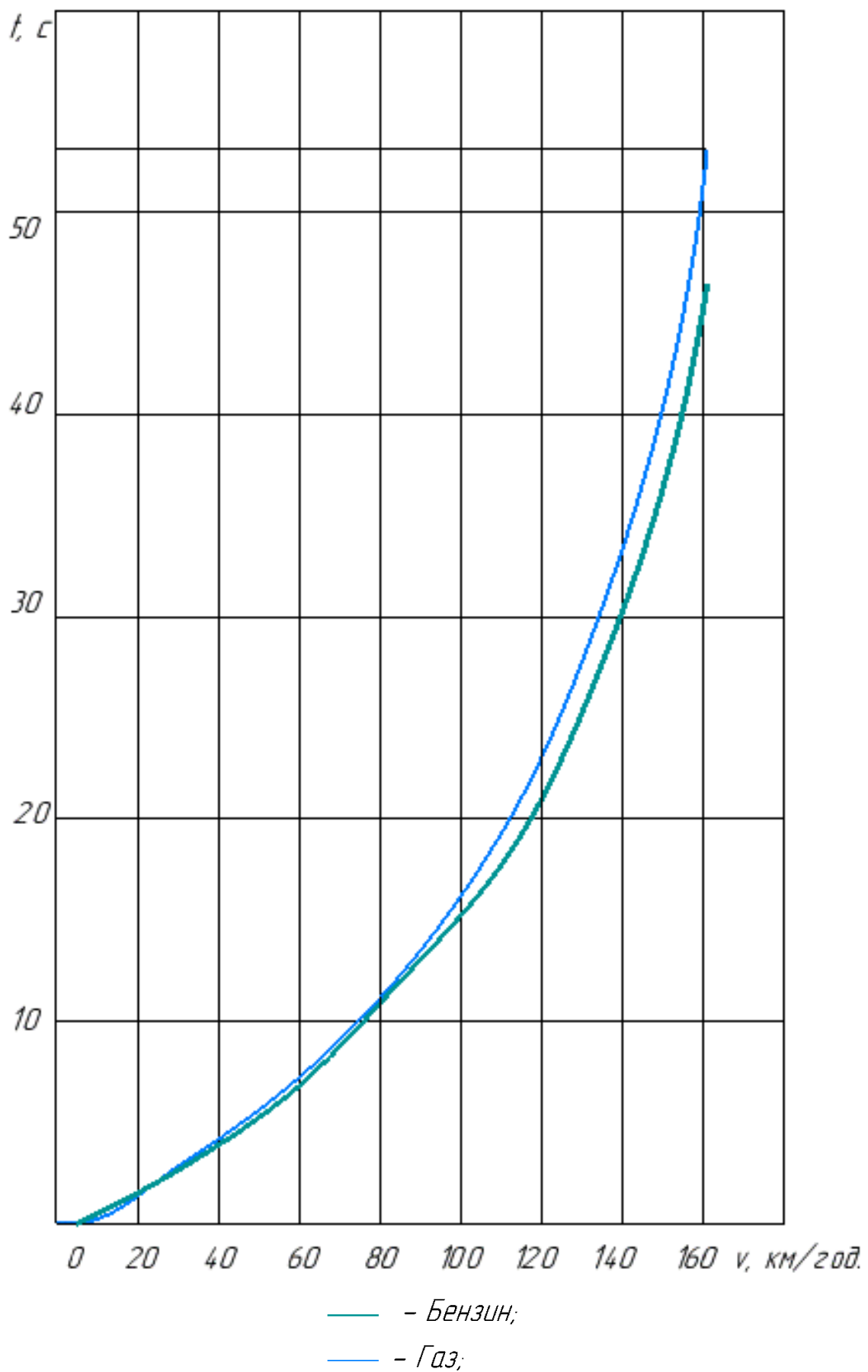


Рисунок 2.6 – Графік часу розгону

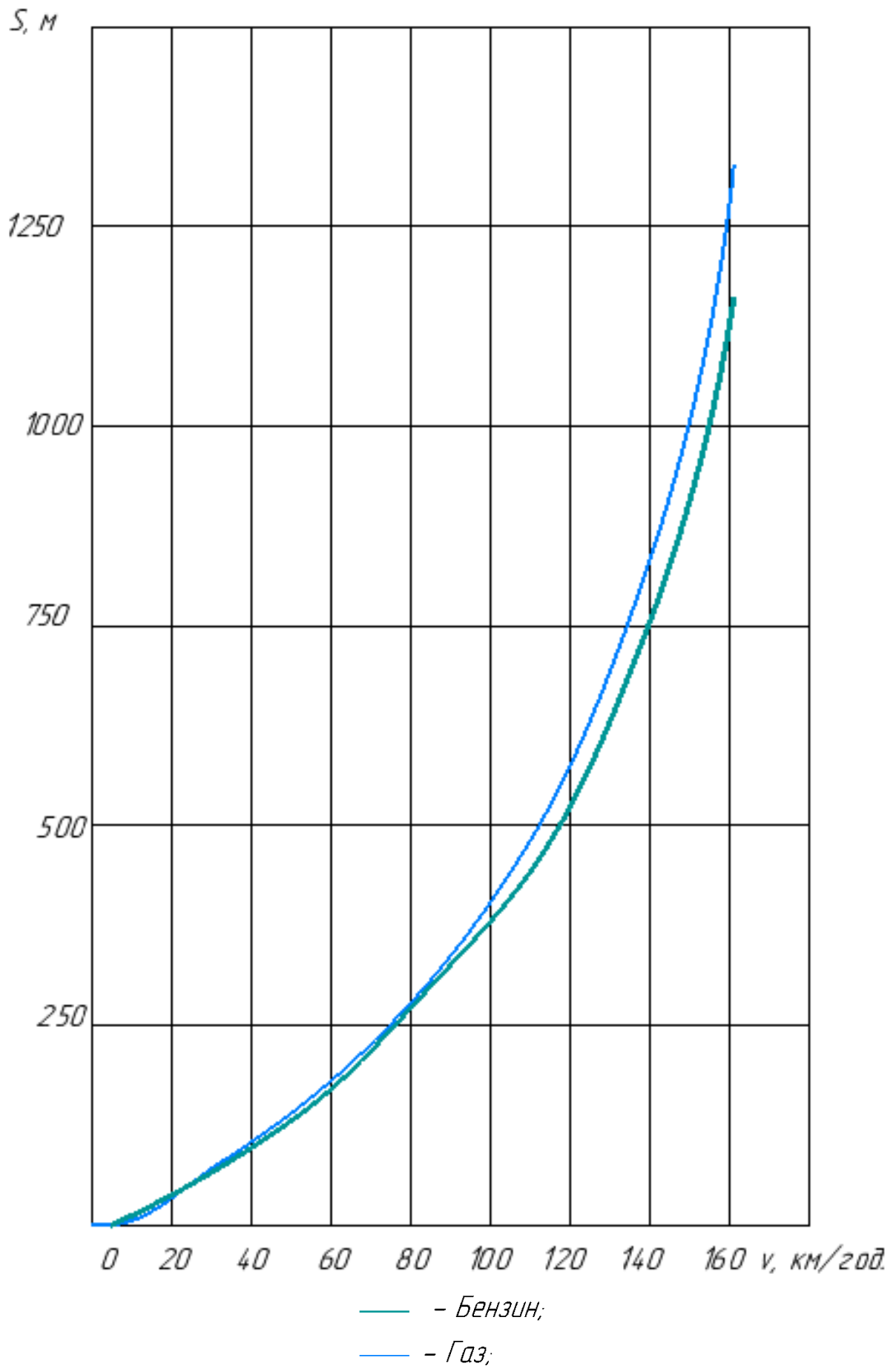


Рисунок 2.7 – Графік шляху розгону

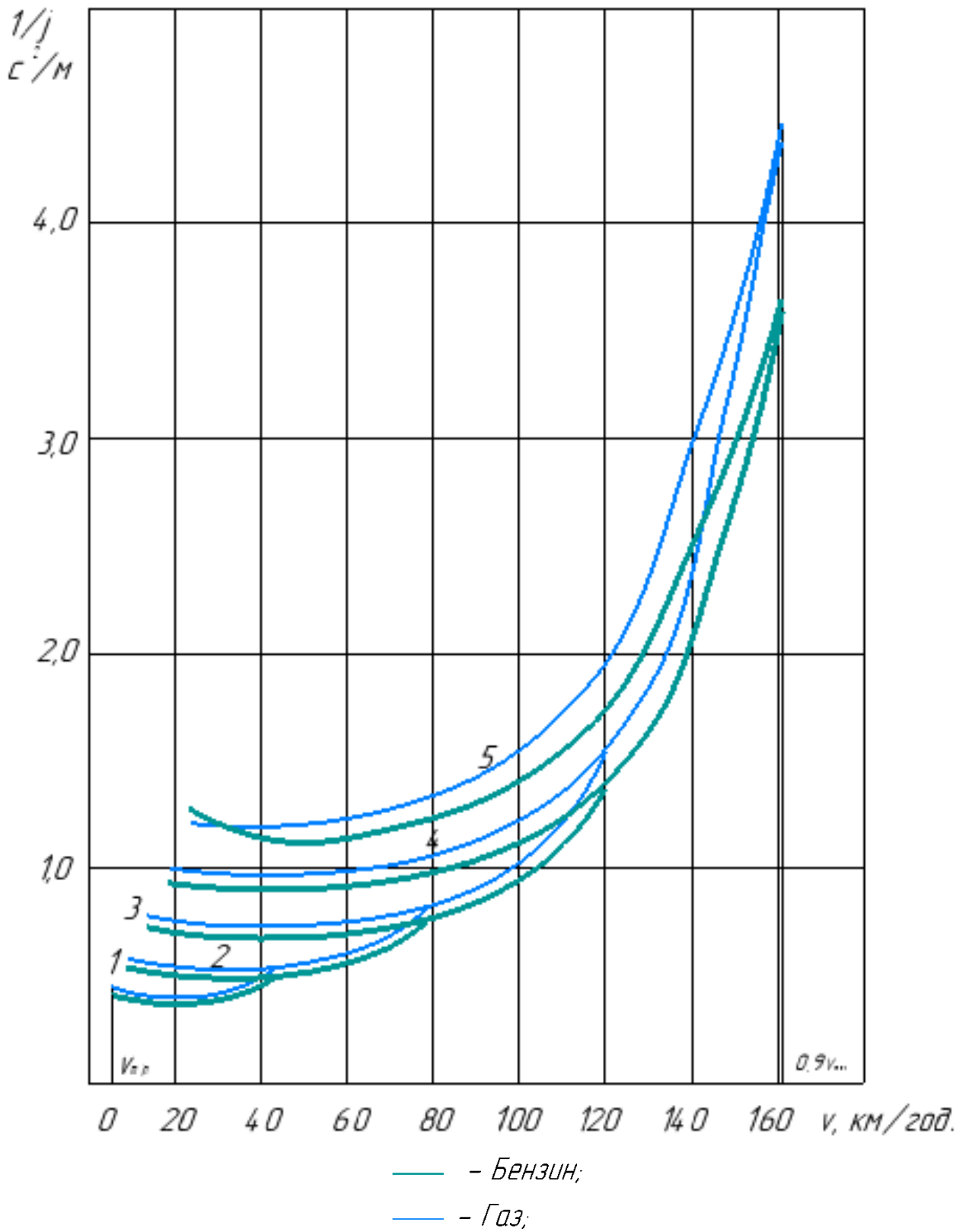


Рисунок 2.8 – Графік величин оберненим прискоренням

### 2.3 Технологічний процес переобладнання автомобілів

Проведення технологічного процесу переобладнання автомобілів потребує наявності спеціалізованих дільниць.

На рисунку 2.9 подано схему газобалонної установки 4 покоління.

Газобалонна установка автомобілів ЗАЗ Lanos складається із:

- 1 - Заправний пристрій;
- 2 – Мультиклапан;
- 3 – Балон;
- 4 – Електроклапан (Клапан LPG);
- 5 – Редуктор;
- 6 - Газові штуцери;
- 7 – Форсунки;
- 8 – ЕБУ;
- 9 - Перемикач "Газ / Бензин".

Газові балони наповнюють через заправний пристрій. Для контролю наявності газу в балоні газобалонна установка має датчик рівня газу, встановлений в салоні автомобіля.

Якщо автомобіль справний, його спрямовують на мийку, а після цього на стоянку, яку організовано на відкритому майданчику. Норматив площі для одного автомобіля складає приблизно 25 м<sup>2</sup>. Допускається облаштувати систему обігріву на стоянці.

За умови якщо автомобіль підлягає ремонту, то його спрямовують для миття та пост випрацювання газу, а після цього – на ділянку проведення поточного ремонту автомобілів. Після проведення ремонту автомобіль розміщують у зоні зберігання.

Повторний огляд газових балонів та випробування паливних систем автомобілів проводять на спеціальних пунктах. У певних випадках

облаштовуюють мобільні пункти для обслуговування АТП згідно заявок на виконання таких робіт.

Балони повинні надходити на пункт огляду пусті, а тому біля постів проведення огляду створюють пости зливання газу з балонів автомобіля.

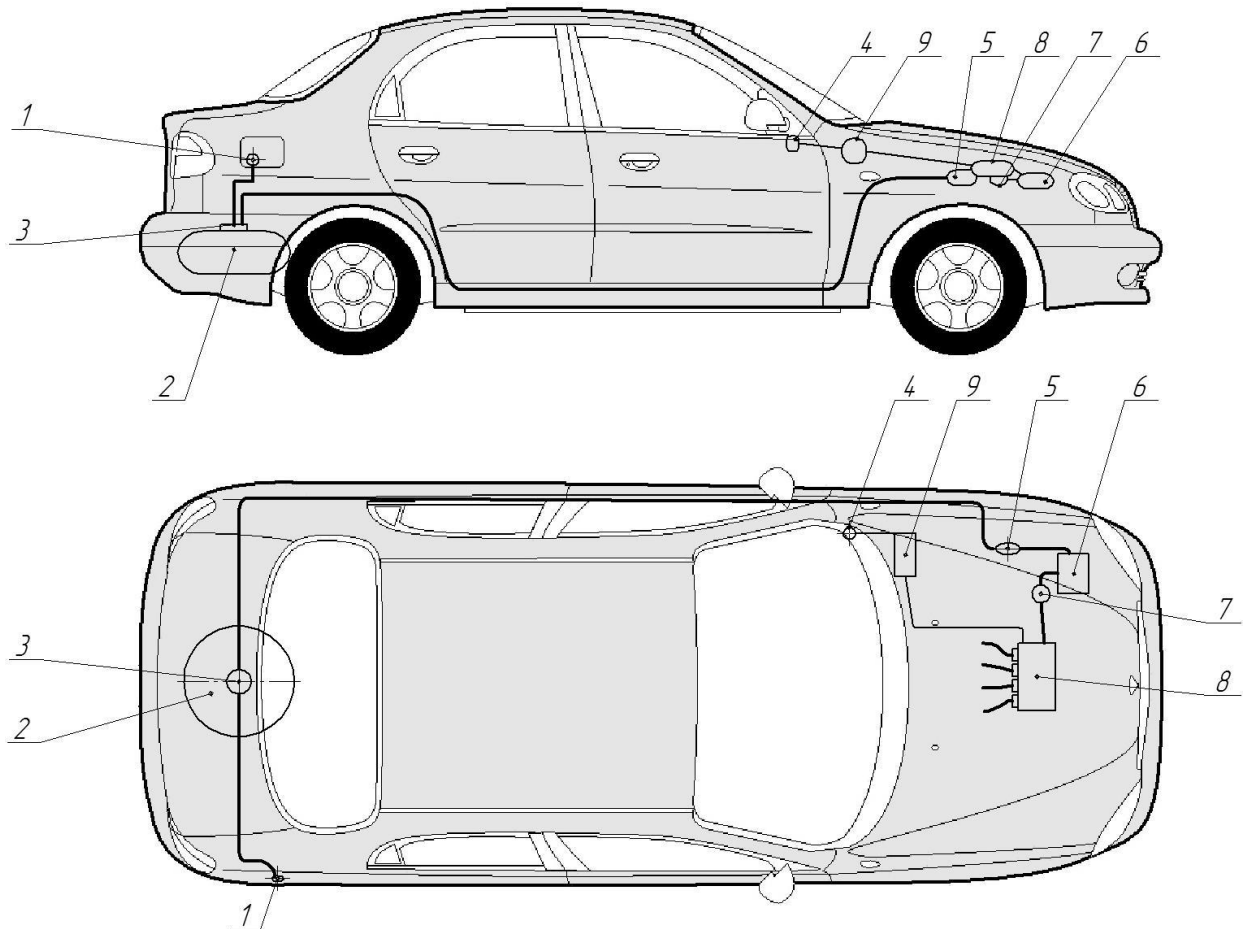


Рисунок 2.9 – Схема газового обладнання автомобілів:

- 1- заправний пристрій; 2 – газовий балон; 3 - мультиклапан;  
4 – перемикач видів палива з показником рівня палива; 5 – газовий фільтр рідкої фази; 6 - редуктор; 7 - фільтр газовий парової фази;  
8 – рейка з форсунками; 9 – контроллер.

Для припинення подачі палива в ГБО передбачений електромагнітний клапан, що розміщений на моторному щиті, а також перемикач, який знаходиться в кабіні водія.

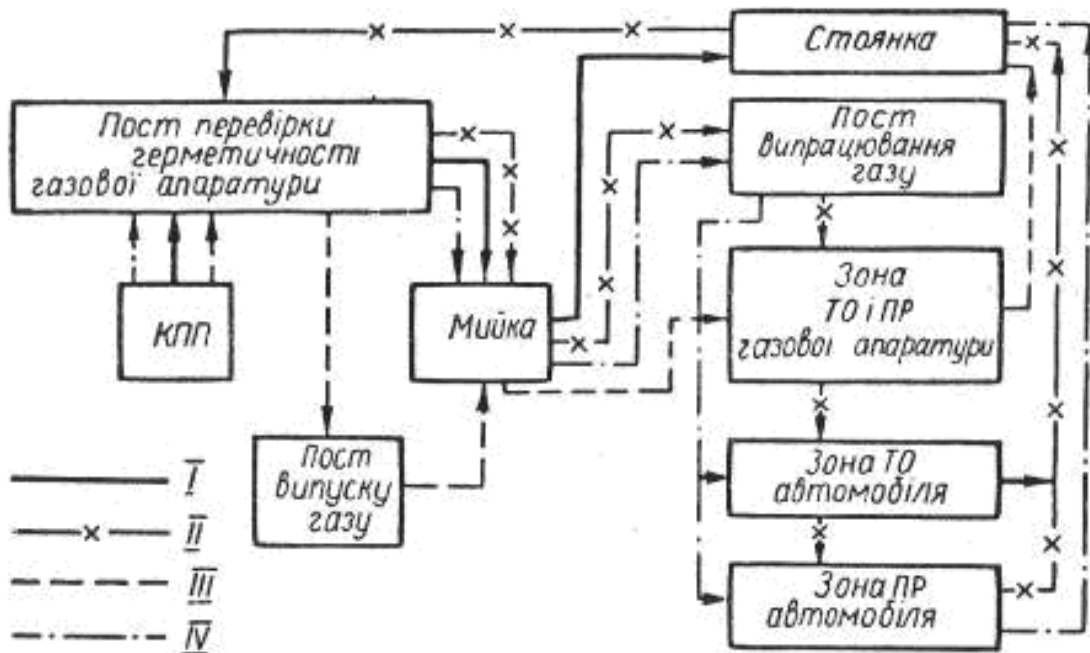


Рисунок 2.10 – Схема технологічних процесів ТО і ПР газобалонних автомобілів, що працюють на скрапленому природньому газі:

- I - справність автомобіля;
- II - автомобіль під час планового ТО;
- III – справність автомобіля, несправність газової апаратури;
- IV – несправність автомобіля, справність газової апаратури.

## 2.4 Планування дільниці

Приміщення згаданого відділення повинні відповідати конкретним вимогам. Висота приміщення відповідно до санітарних норм повинна становити не менше 3,2 м. Підлога повинна бути рівною з нековзкою поверхнею, покрита бензо- та маслостійким незгоряючим покриттям. Під приміщеннями відділення заборонено облаштовувати підвали, колодязі.

Приміщення повинно бути облаштоване штучною вентиляцією, а також сигналізацією та засобами для гасіння пожежі.

Зняте газове устаткування з автомобіля має специфічний запах речовин, сірчистих сполук та залишки пропан-бутанового газу. Тому для зберігання такого устаткування використовують секційну шафу-стелаж, яка в нижній частині обладнана примусовою витяжною вентиляцією (рис. 2.11).

Для недопущення пошкоджень газової апаратури, секції такого стелажу виготовляють з матеріалу меншої твердості, ніж агрегати апаратури.

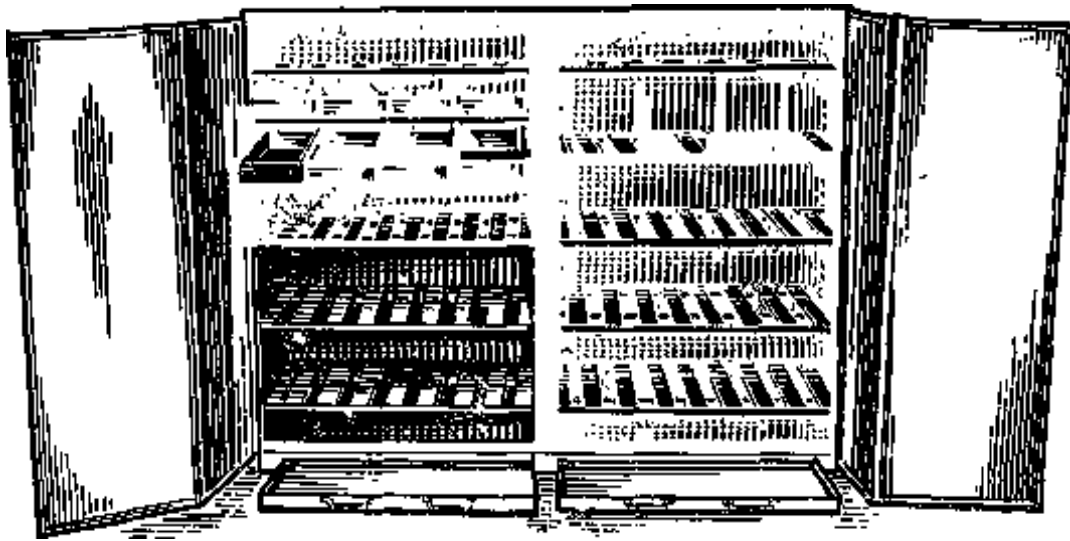


Рисунок 2.11 – Стелаж - шафа для зберігання газового обладнання

Устаткування розташовують на верстаках, що мають лещата та облаштування бортового відсмоктування повітря.

Ділянка технічного обслуговування і ремонту слугує для проведення дефектації, збирання, перевірки та регулювання деталей, збірних одиниць (вузлів) газового устаткування.

Роботи з монтажу, демонтажу, а також слюсарні роботи, роботи з регулювання газового устаткування виконують спеціальним інструментом. З цією метою використовують комплект інструменту моделі I-139 з мідним покриттям, що обумовлює його використання в умовах вибухонебезпечного середовища. Роботи з перевірки та регулювання проводять на спеціальних стендах. Визначають параметри роботи газового обладнання та проводять перевірку внутрішньої та зовнішньої герметичності.

Перевірку робочих характеристик та герметичності складальних одиниць (вузлів) газового устаткування проводять стислим повітрям чи інертним газом при значення робочого тиску – 1,6 МПа. Подача стислого газу проводиться з балонів високого тиску та редукується до випробувального тиску. На ділянці



енергозабезпечення розташовують шафу для зберігання балонів, візок для їхнього переміщення.

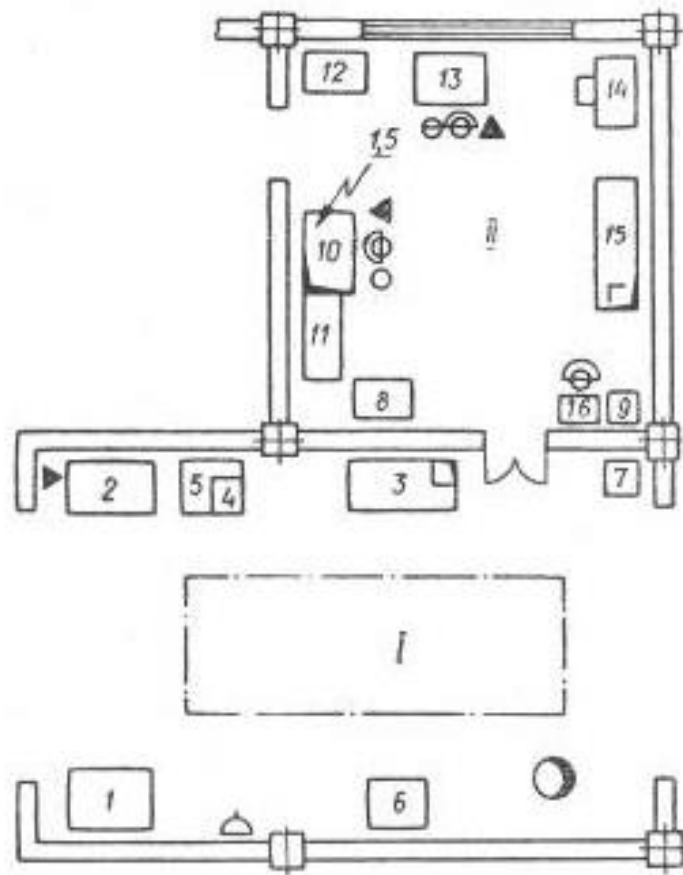


Рисунок 2.12 - Планування дільниці для ТО і ПР елементів ГБО автомобіля

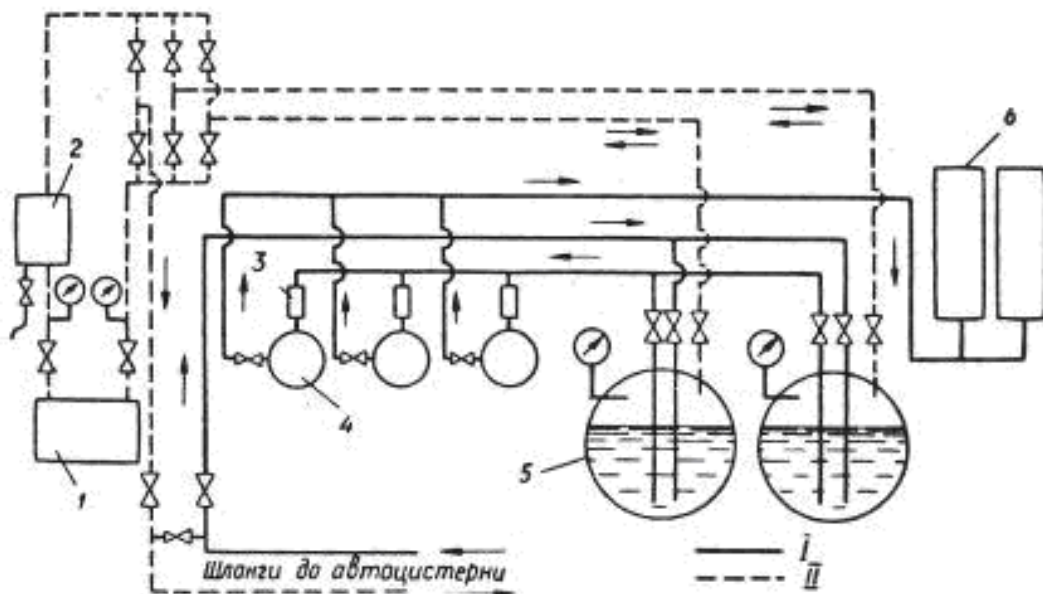


Рисунок 2.13 - Схема стаціонарної автогазозаправної станції

I - рідка фаза; II – газова фаза

Ефективна експлуатація автомобілів з ГБО залежить від організації поповнення рівня газового пального та створення мережі газозаправних станцій.

Сучасні автомобільні газозаправні станції та газонаповнювальні компресорні станції складають комплекс будівель та споруд, для заправки автомобілів газовим паливом.

Газозаправні станції поділяють на: стаціонарні, напівстаціонарні та пересувні, які залежать від способу зберігання, типу обладнання, технології заправки.

Типові стаціонарні газозаправні станції обладнані компресором 1, масловіддільником 2, фільтром 3, відцентровим насосом 4, цистерною 5 та роздавальними колонками 6.

Компресор АВ – 15 спричиняє надлишковий тиск в цистерні, значення якого 0,1 – 0,2 МПа вище, який перекачують, та фільтр 3 з цистерни 5 газ потрапляє до відцентрових насосів 4.

Вони потрібні для заправки автомобілів з ГБО на АТП чи під час роботи автомобілів не на основній виробничій базі. Для облаштування пересувних газонаповнювальних станцій застосовують цистерни АЦ – 5, АЦ – 6, АЦ – 10.

В Італії поширені дві схеми газонаповнювальних станцій:

1. Станція користується головним газопроводом 1, трьома заблокованими компресорами 2, трьома резервуарами 3 для зберігання газу, триходовим керуючим клапаном 4 розподільника, дросельним клапаном 5, газопровідом 6, що з'єднує клапан із резервуаром, газопровідом 7, що з'єднує клапан із циліндром компресора.

Після прибуття автомобіля в бокс та під'єднання роздавального шланга, встановлюють важіль керувального клапана.

Газове паливо, проходячи по газопроводу із резервуарів, потрапляє в балони автомобіля.

Таблиця 2 - Основні характеристики пересувної газозаправної станції ЦППЗ-12-885:

|   |            |
|---|------------|
| Герметична місткість посудини, м <sup>3</sup> | 12         |
| Тип конструкції                               | Безрамна   |
| Робочий тиск у цистерні (максимальний), МПа   | 1,8        |
| Робоча температура, °С                        | -40....-50 |
| Потужність електронасоса, кВт                 | 8          |
| Продуктивність насоса, м <sup>3</sup> /год    | 5          |
| Потужність електронасоса, кВт                 | 5          |
| Кількість електронагрівників                  | 2          |
| Маса газу, що транспортується, кг             | 5100       |

Основні показники газонаповнювальної компресорної станції:

|  |          |
|--|----------|
| Кількість заправлень за добу               | 500      |
| Об'єм одного заправлення, м <sup>3</sup>   | 55-60    |
| Споживана потужність електроенергії, кВт   | 950-1000 |
| Маса місткостей для зберігання пального, т | 888      |
| Тривалість заправлення, хв                 | 10-12    |
| Площа ділянки, м <sup>2</sup>              | 7900     |
| Штат обслуговуючого персоналу, чол.        | 15-20    |

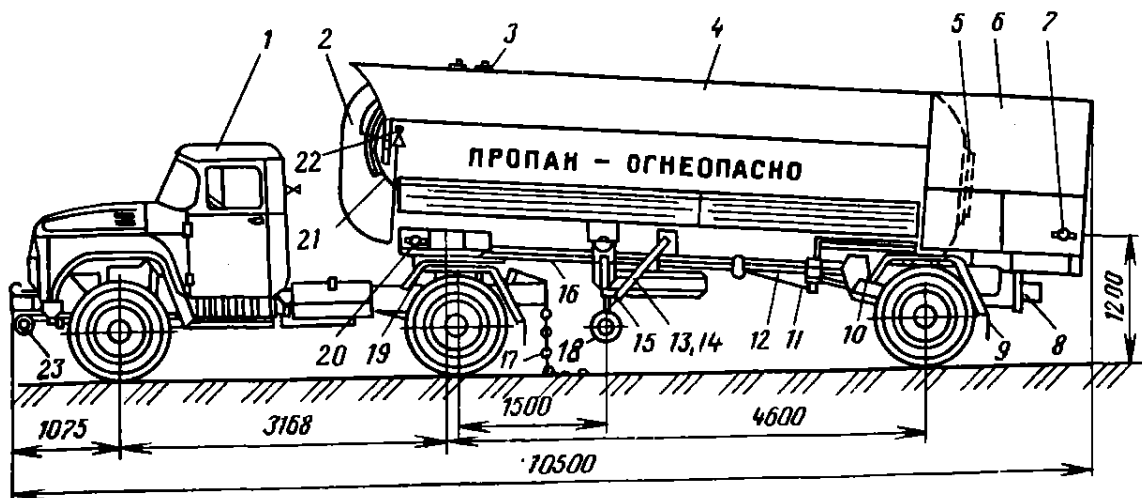


Рисунок 2.14. Пересувна газонаповнювальна станція ЦППЗ-12-885.

Кожен циліндр компресора заповнює балони лише одного автомобіля. Встановленням важеля керувального клапана в певне положення припиняють заповнення газом балонів автомобіля. Водночас газопроводи резервуарів та компресора від'єднуються. Компресор при цьому нормує тиск газу у сховищі та автоматично вимикається.

2. Використання двох послідовно увімкнених компресорів (рис. 2.15, б). Станція користується головним газопроводом 1, трьох заблокованих компресорів 3, додаткового компресора 2, резервуарів 4 для зберігання газу, клапаном 5 вимкнення розподільника. Працює станція автоматично.

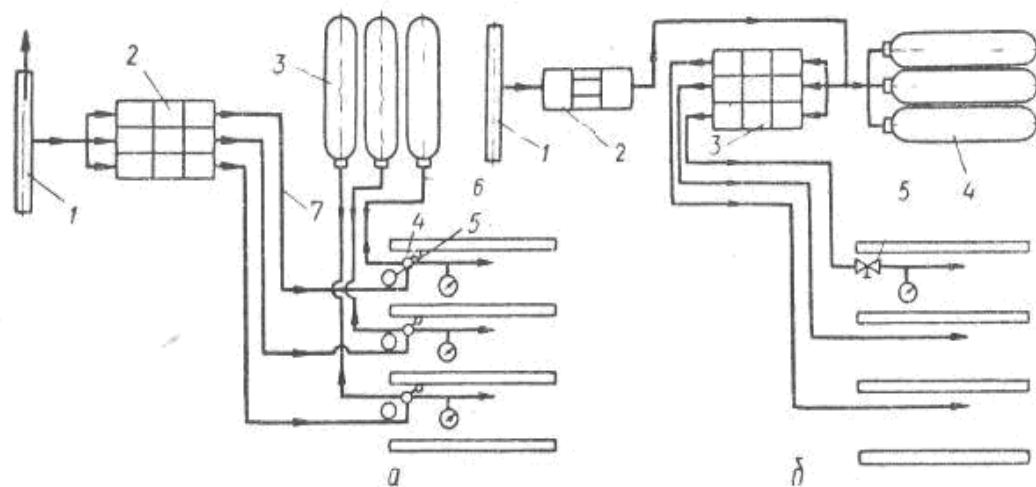


Рисунок 2.15 – Схема газозаправної станції в Італії

Отже, використання газового пального суттєво знижує токсичність відпрацьованих газів, сприяє економному використанню рідкого палива нафтового походження, але потребує додаткових капітальних затрат на розвиток виробничо-технічної бази, яка необхідна для забезпечення експлуатації автомобілів з ГБО.

## 2.5 Розрахунок ТО і ремонту системи живлення

Для проведення розрахунків дипломного проекту за одиницю транспортного засобу прийматимемо наступні дані:

Легковий автомобіль ЗАЗ Lanos, в якому використовується газобалонне устаткування:

середньодобовий пробіг – 450 км;

категорія умов експлуатації – III.

Для визначення виробничої програми потрібно обрати нормативні значення пробігу рухомого складу до КР та періодичності ТО – 1 і ТО – 2, що встановлюються положенням для типових умов, а саме: III категорії умов використання, базових моделей автомобілів, помірного клімату з помірною агресивністю довкілля.

Нормативний пробіг автомобіля класу В (ЗАЗ Lanos) складає:

- до КР –  $L_{нц} = 500.000$  км;

- до ТО – 1 –  $L_{н1} = 5.000$  км;

- до ТО – 2 –  $L_{н2} = 30.000$  км.

Проте для даного підприємства визначають із застосуванням коефіцієнтів.

$$L_p = L_p^H \times K_1 \times K_2 \times K_3 \quad (2.18)$$

$$L_1 = L_1^H \times K_1 \times K_3 \quad (2.19)$$

$$L_2 = L_2^H \times K_1 \times K_3 \quad (2.20)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт врахування категорії умов експлуатації;

$K_2$  – коефіцієнт врахування модифікації рухомого складу;

$K_3$  – коефіцієнт врахування кліматичного району;

$L_p^H$  - нормативний ресурсний пробіг, км;

$L_1^H; L_2^H$  - нормативна періодичність відповідно ТО-1 і ТО-2, км.

$$L_p = L_p^H \times K_1 \times K_2 \times K_3 = 500000 \times 0,8 \times 1 \times 1 = 400000 \text{ км};$$

$$L_1 = L_1^H \times K_1 \times K_3 = 5000 \times 0,8 \times 1 = 4000 \text{ км};$$

$$L_2 = L_2^H \times K_1 \times K_3 = 30000 \times 0,8 \times 1 = 24000 \text{ км}$$

До проведення капітального ремонту нормативний розрахунковий пробіг вважають нормативним ресурсним пробігом.

Під час коригування допускається порушення кратності. Так, для проведення наступних розрахунків, потрібно провести корекцію нормативного ресурсного пробігу та періодичності за добовим пробігом.

### 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1 Аналіз пристосувань для ремонту та обслуговування газобалонного обладнання

Перевірку можна проводити на грузопоршневому манометрі типу МП-60

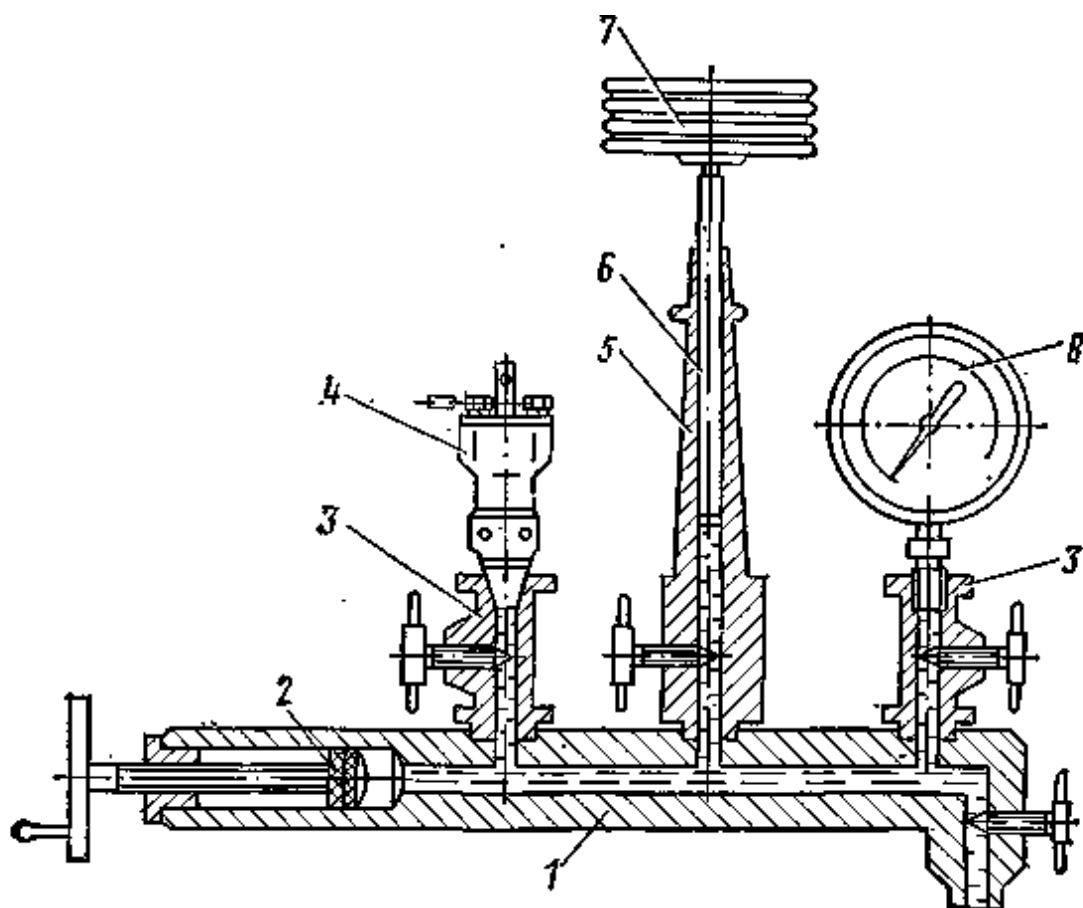


Рисунок 3.1 - Схема грузопоршневого манометра МП - 60:

1 - корпус, 2 - допоміжний поршень, 3 - штуцер, 4 - запобіжний клапан, 5 - колонка, 6 - основний поршень, 7 - таріровочні вантажі, 8 - зразковий манометр.

В один із штуцерів 3 встановлюють запобіжний клапан, що перевіряється, 4, в інший – зразковий манометр 8 (2 МПа).

Тиск в системі приладу утворюють за допомогою допоміжного поршня та проводять заміри по зразковому манометру. Окрім того, максимальне значення тиску при відкритті клапана контролюють за допомогою основного поршня. Для цього його тарілку навантажують відповідно підняттю поршня при значенні

тиску 1,75 МПа. Відрегульований запобіжний клапан має відкриватися при значенні тиску, зменшувати тиск в системі та герметично закриватися при значенні 1,45 МПа .

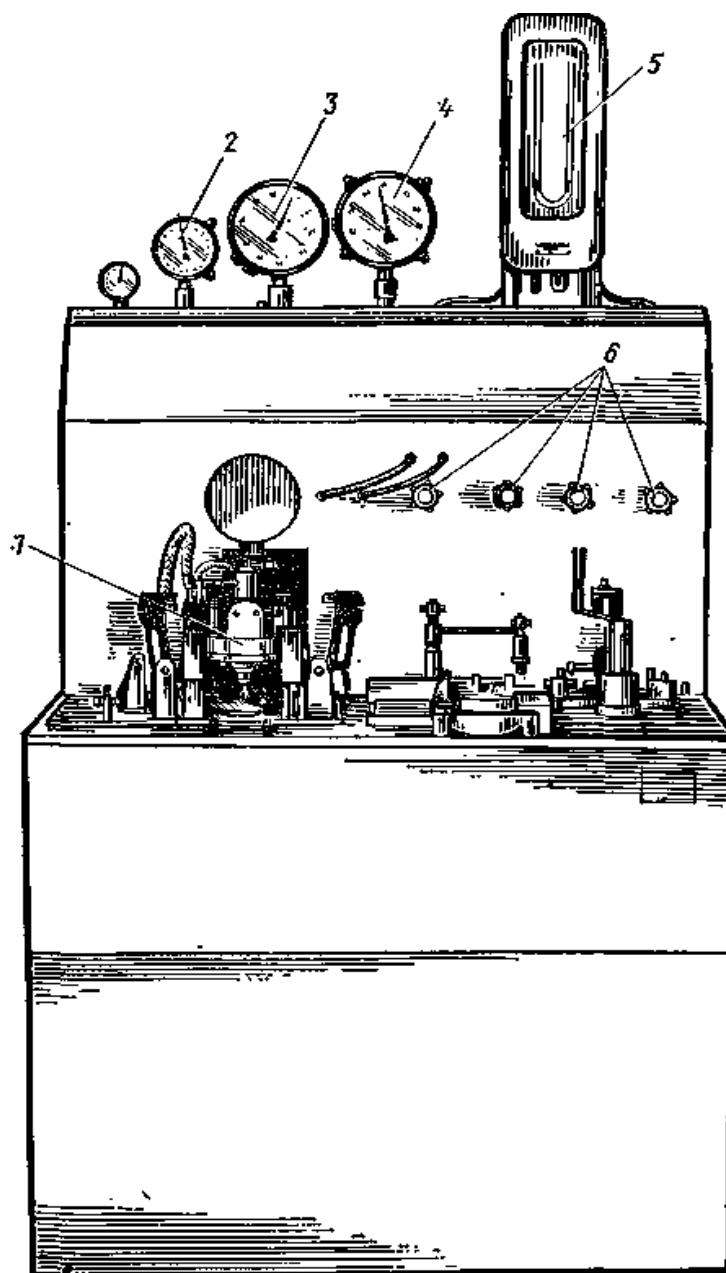


Рисунок 3.2 - Стенд для випробування газового редуктора:

1 – газовий редуктор, 2 – манометр високого тиску, 3 – манометр низького тиску, 4 – вакуумметр, 5 – п'єзометр. 6 – вентилі керування мембраною 165+15 Па.

В процесі збірки першого ступеня редуктора за потреби проводять регулювання положення важеля 5 гвинтом 3 та контргайкою 4 доки плече важеля 5 набуде горизонтального положення при повністю закритому клапані.

По завершенні збірки проводять випробування газового редуктора на стенді. Стенд дає можливість перевірити та відрегулювати I і II східці редуктора, розвантажувальний та економайзерний прилад.

Для цього редуктор 1 за допомогою пневматичного пристосування закріплюють на стенді.

Перевірку функціонування систем редуктора здійснюють за допомогою стислого повітря (1,6 МПа) та розрідженням до 665 Па, яке створює діафрагмова камера.

Тиск вхідного повітря, та тиск в I ступені редуктора контролюють манометрами 2 і 3. Для проведення замірів розрідження при проведенні випробувань застосовують вакуумметр 4 та п'єзометр 5.

У I ступені проводять регулювання величини тиску газу, перевірку швидкості заповнення камери та герметичності з'єднань. У II ступені проводять регулювання ходу клапана, його герметичність та момент відкриття.

Після ремонту перевіряють герметичність економайзерних пристроїв.

Клапан економайзера має відкриватися при розрідженні, а значення нейтралізуючого зусилля 105 – 135 Па. Невідповідність пристроїв заданим нормативам пружини тарують на спеціальному приладі. Проводять виміри довжини пружини за шкалою, що нанесена на стержні.

Під час визначення довжини пружини у вільному стані лише пружину насаджують на стержень приладу. Під час виміру довжини навантаженої пружини на втулку надягають таровочний вантаж. Отримані дані порівнюють та при їх невідповідності, пружину бракують.

У випарнику газу основною неполадкою є засмічення газових клапанів, втрата герметичності площини роз'єму, пори й тріщини в корпусі.



Таблиця 3.1 - Параметри пристроїв

| Найменування параметру | Пружина                |                       |                              |
|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------------|
|                        | мембрани еконо-майзера | клапана еконо-майзера | розвантажу вального пристрою |
| Число витків - повне   | 9,0                    | 5,0                   | 4,0                          |
| - робоче               | 7,0                    | 3,0                   | 2,0                          |
| <i>L</i> пружини, мм:  |                        |                       |                              |
| Без навантаження       | 29,0                   | 14,50                 | 140,0                        |
| З навантаженням        | 20,0                   | 7,0                   | 10,0                         |
| Вага вантажу, кг       | 255±7                  | 280,0±300,0           | 750,0±5,0                    |

Під час ремонту замінюють прокладку, коректують шабруванням пошкодження площини роз'єму. Тріщини усувають зваркою алюмінієм. Малі пори закладають карбуванням або просочують корпус бакелітовим лаком.

Перед просоченням бакелітовим лаком газових каналів випарник збирають, встановлюють заглушку на вихідний штуцер та нагрівають до 80 – 100°С. Порожнину заповнюють бакелітовим лаком та забезпечують подачу повітря 1,6 МПа.

Через одну хвилину тиск знімають, виливають з порожнини лак. Після проведеного ремонту на стенді перевіряють герметичність випарника пневматичним випробуванням. Конструкція стенду дає можливість перевіряти відсутність герметичності газової та водяної порожнин випарника окремо. Підйом та опускання ванни з водою, кріплення випарника проводять за допомогою пневматичної системи.

Спочатку перевіряють газову порожнину при значенні тиску повітря 1,6 МПа, водяну – при значенні тиску повітря 0,15 МПа. Проведення перевірки кожної порожнини триває 2 хв. Контролюють параметри манометрами 2 і 3 та реле часу 4.

Найчастіше несправним у газових фільтрах стає фільтруючий елемент, порушується герметичність з'єднань. Для проведення ремонту знімають та розбирають фільтр. При розбиранні знімають ковпак та витягують фільтруючий елемент. Усі деталі промивають, та проводять перевірку їх технічного стану. Негерметичність по площині роз'єму фільтру усувають шляхом заміни

прокладки чи через шліфування площин роз'єму корпусу та ковпака. Фільтруючий елемент за потреби замінюють. Після ремонту проводять перевірку герметичності фільтру на стенді, у ванні 4 з водою в 1,6 МПа.

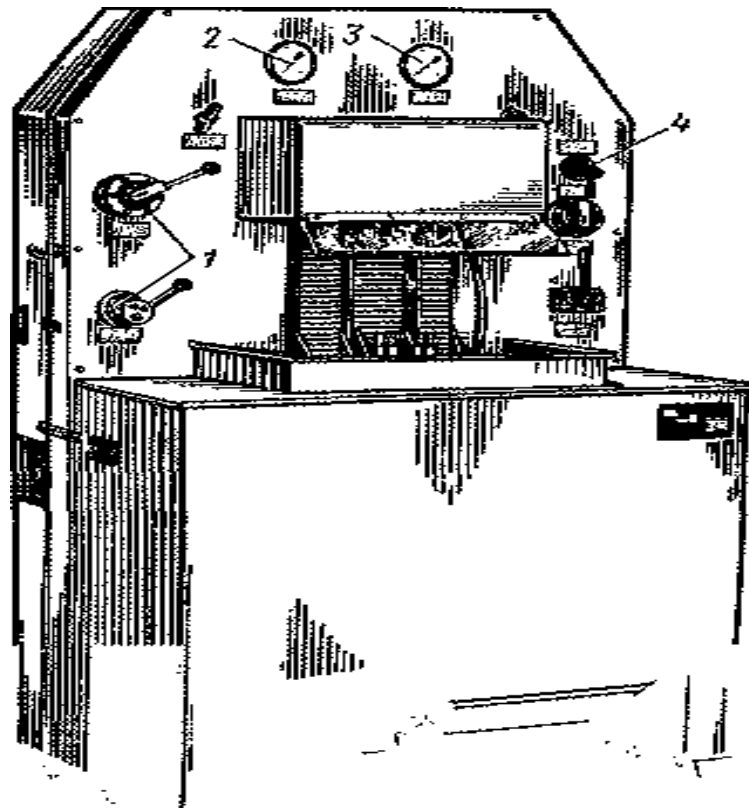


Рисунок 3.3 - Стенд для випробування випаровувача :

Ремонт змішувача. У змішувачі газу ремонту підлягає зворотний клапан. Для розбирання клапана здійснюють відкручення гвинтів та відкриття кришки клапанної коробки. До неполадок клапана відносять його засмолення чи пропуск газу (негерметичність).

Клапан та його стержень промивають від смолянистого осаду у бензині.

Після проведення ремонту перевіряють герметичність зворотнього клапана тиском 0,2 МПа.

При пошкодженні вставки клапана зачищають нерівність, а раковини підрізають або зачищують торцевою поверхнею. Набором регулювальних шайб змінюють тиск пружини на клапан.

Тиск пружини збільшується при збільшенні товщини набору шайб. Після проведеного ремонту виконують перевірку та регулювання тиску відкриття та закриття запобіжного клапана.

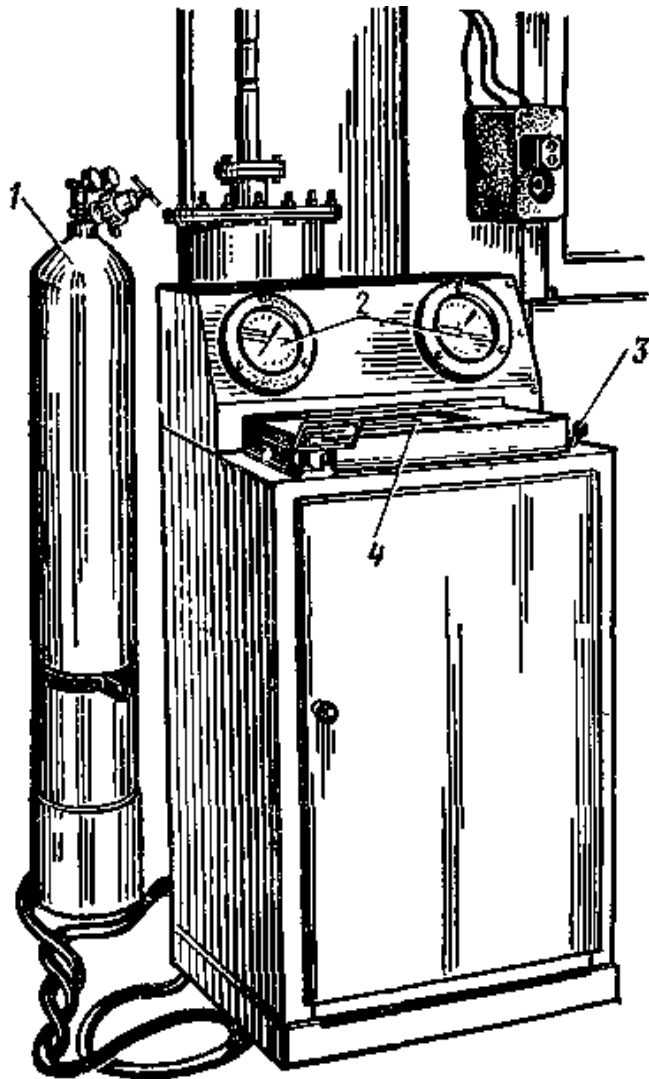
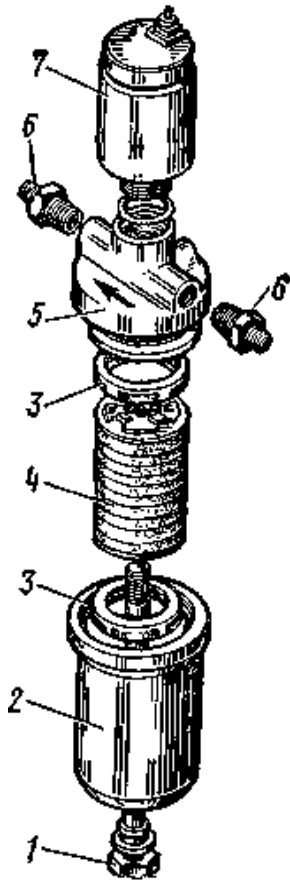


Рисунок 3.4 - Магістральний фільтр газу :

- 1 - болт, 2 - ковпак,
- 3 - прокладення,
- 4 - фільтруючий елемент

Рисунок 3.5 - Стенд для випробування фільтрів :

- 1 - балон із стислим повітрям,
- 2 - манометри,
- 3 - важіль управління,
- 4 - ванна з водою;
- 5 - корпус,
- 6 - штуцер,
- 7 - електромагнітний клапан

### **3.2 Діагностика газових паливних систем із застосуванням стенда К278А і стенду ОБ 2880**

Стенд К278А заводу «Автоспецобладнання» (м Великий Новгород) призначений для діагностики газових паливних систем (ГТС), що працюють на газовому паливі.

Стенд для перевірки і регулювання газової паливної апаратури К-278А призначений для проведення робіт із технічного обслуговування техніки, що працюють на зрідженому і стиснутому газі.

Основні перевірки і регулювання:

- Випробування нагнітального вентиля;
- Випробування витратного вентиля;
- Випробування і регулювання редуктора високого тиску;
- Випробування електромагнітного клапана;
- Випробування дозуючо-економайзерного пристрої редуктора низького тиску;
- Випробування редуктора низького тиску;
- Випробування і регулювання редуктора низького тиску;
- Перевірка герметичності редуктора високого тиску, електромагнітного клапана і системи трубопроводів безпосередньо на автомобілі.

На стенді може бути перевірена герметичність трубопроводів, редукторів, електромагнітних газових клапанів, вентилів та інших елементів ГТС. Стенд також дозволяє виконувати регулювання газових редукторів та інших елементів ГТС. Стенд обладнаний балоном зі стисненим до 200 кгс / см<sup>2</sup> повітрям і вакуумним насосом, що створює розрядження до 0,9 кгс / см<sup>2</sup>. Автор книги, працюючи в 80-х роках у конструкторському бюро експериментальних розробок об'єднання «Ленавто-ремонт» під керівництвом головного конструктора А. А. Грибова (автора розробки ряду стендів, з яких були скопійовані багато стенди відомої серії КІ) самостійно розробив стенд для перевірки ГТС. Технічне завдання на розробку було дано заводом «ЗІЛ» (м. Москва). Конструкція стенду

та методики перевірки технічного стану ГТС, які вперше були розроблені ще в 80-і роки автором книги, заново народжені зараз в конструкції стенду К278А.

Таблиця 3.2. Коротка характеристика стенда К-278А

| Тип   | Пневматичний                   |
|---|--------------------------------|
| Тиск повітря в мережі високого тиску, МПа (кгс / см <sup>2</sup> )        | 14,7 ... 15,6<br>(150 ... 160) |
| Тиск повітря в магістралі низького тиску,<br>МПа (кгс / см <sup>2</sup> ) | 0,98 ... 1,76<br>(10 ... 18)   |
| Розрядження при перевірці на герметичність, кПа<br>(мм рт. Ст.)           | 73,2 ± 6,5<br>(550 ± 50)       |
| Розрядження при регулюванні редуктора, кПа (мм рт.<br>Ст.)                | 1 ± 0,2<br>(100 ± 20)          |
| Споживана потужність, кВт   | 0,15                           |
| Напруга при перевірці електромагнітних клапанів, В                        | 12                             |
| Живлення  | 220 В, 50 Гц                   |
| Габаритні розміри пульта управління, мм                                   | 1200 x 620 x 1510              |
| Маса стенду, кг   | 300                            |
| Термін служби   | 8 років                        |



Рисунок 3.6. Стенд К-278А

### **3.2.1. Будова стенда К-278А і підготовка його до роботи**

Підготовка стенду до роботи. Перелік операцій наступний:

1. Встановити балон зі стисненим повітрям і закріпити його. Переконатися, що в якості стисненого повітря в балоні не перебувають горючі, отруйні або вибухонебезпечні речовини. Потім за допомогою відповідного рукава (з комплекту приладдя до стенду) підключити висновок балона до висновку «РБ» стенду.

2. Включити автомат подачі живлення до електроустаткування стенду.

3. Перевірити наявність комплектності всіх заглушок.

4. Повільно відкрити вентиль балона зі стисненим повітрям, перевіряючи при цьому відсутність витоків.

5. Повільно відкрити клапан високого тиску «Рк».

6. Після того, як стрілка манометра високого тиску «Рм» зупиниться, слід повільно закрити вентиль балона зі стисненим повітрям.

7. Перевірити герметичність трубопроводів високого тиску стенду після закінчення 15 хв. за показаннями манометра високого тиску стенду. Якщо падіння тиску через 15 хв. не виявлено, слід переходити до виконання наступного пункту. Якщо падіння тиску виявлено, то усунути виявлені виток стисненого повітря. Наявність витоків визначається за допомогою мильного розчину. Роботи з ремонту стенду слід виконувати тільки за відсутності тиску в трубопроводах стенду. Після ремонту перейти до повторного виконання пункту.

8. Закрити клапан «Рм» і повільно відкрити вентиль балона зі стисненим повітрям. Після цього стенд готовий до роботи.

Виконання діагностики з використанням стенда К-278А Перелік операцій з діагностики магістрального вентиля. Перелік діагностичних операцій наступний:

1. Перевірити герметичність вентиля. Для цього спочатку перевіряється вентиль повністю закрити.

Потім до висновку стенду «Рм» зафіксувати кінці (з комплекту приладдя до стенду), а інший кінець цього рукава (шланга) через перехідник «ВН» (з комплекту приладдя до стенду) з'єднати з входом перевіряється вентиля. Далі відкрити клапан «Рм». При цьому тиск за манометром має бути не менше 150 кгс / см<sup>2</sup> (14,7 МПа). Змочити вихідний отвір перевіряється вентиля мильним розчином. Стійкість мильної плівки свідчить про герметичності йентіля.

2. Перевірити герметичність сальника і вентиля в цілому. Для цього при закритому вентилі встановити на його вихідному отворі заглушку (з комплекту приладдя до стенду). Потім закрити клапан «Рм». Перевіряється вентиль відкрити. При цьому протягом 5 сек. падіння тиску за манометром не допускається. У разі падіння тиску слід виявити за допомогою мильного розчину («обмилювання») місце течі, а потім демонтувати і відремонтувати вентиль. Для демонтажу вентиля зі стенду спочатку слід скинути тиск, для чого послабити з'єднання перехідника «ВН» з рукавом (шлангом).

Перелік операцій з діагностики отсечного електромагнітного газового клапана. Перелік діагностичних операцій наступний:

1. Перевірити герметичність отсечного електромагнітного газового клапана. Для цього на вихідний штуцер перевіряється клапана слід встановити заглушку «Р» (з комплекту приладдя до стенду). Потім до вхідного штуцера перевіряється клапана слід під'єднати через рукав «Рн» (з комплекту приладдя до стенду) висновок стенду «Рн». При цьому на манометрі «Рн» стрілка повинна знаходитися на нульовій позначці. Далі плавно відкрити вентиль «Рн», і за допомогою редуктора стенда, обертаючи його рукоятку, встановити тиск 12-16 кгс / см<sup>2</sup>. Включити блок живлення (12 В) за допомогою відповідного тумблера, і подати на отсечной електромагнітний газовий клапан напруга живлення за допомогою дротів стенду. Отсечной електромагнітний газовий клапан повинен бути герметичний у відкритому і закритому положеннях. Контроль слід здійснювати за показаннями манометра «Рн»;

2. Час витримки клапана в закритому положенні знаходиться в межах 3 хв. Час витримки клапана у відкритому положенні має становити не менше 2 хв. При

цьому герметичність отсечного електромагнітного газового клапана визначається «обмилюванням». Після завершення цієї перевірки тумблер слід вимкнути.

3. Перевірити отсечной електромагнітний газовий клапан на наявність функціонування. Можна спочатку перевірити функціонування отсечного електромагнітного газового клапана по наявності характерного клацання при його включенні. Потім можна, не відключаючи клапан від стенду, зняти заглушку «Р» з вихідного штуцера клапана. При включенні тумблера при наявності технічно справного клапана, повинно спостерігатися поява повітря з вихідного штуцера клапана.

### **3.2.2 Особливості пристрою і роботи стенду ОБ 2880**

Стенд ОБ 2880 був розроблений автором книги під час роботи інженером-конструктором у відділі експериментальних розробок виробничого об'єднання «Ленавторемонт». Стенд призначений для перевірки технічного стану елементів газобалонної апаратури працює на зрідженому нафтовому газі, але може застосовуватися і для перевірки елементів газобалонної апаратури працює на стиснутому природному газі. Для роботи даного стенду з елементами ГТС працюють на зрідженому нафтовому газі необхідна наявність повітряної магістралі з тиском 3,5-5 атм. При перевірці елементів ГТС працюють на стиснутому природному газі необхідний балон зі стисненим до 200 атм. повітрям. Апаратура стенду змонтована на каркасі. Акумулятор стиснене повітря циліндр би виконує функцію редуктора циліндр змонтовані на рамі. У верхній частині стенду встановлений піддон з контрольною панеллю і набором перехідників, до яких кріпиться на час перевірки її технічного стану, газова апаратура. Праворуч у верхній частині стенду встановлений кран управління, службовець для подачі стисненого повітря з необхідним тиском в підлягає перевірці газову апаратуру. При роботі на стенді слід закріпити підлягає перевірці газову апаратуру на відповідному перехіднику контрольної панелі.



Після цього за допомогою крана управління, при перевірці елементів ГТС працюють на зрідженому нафтовому газі, або виносного крана управління розташованого за спеціальною перегородкою, при перевірці елементів ГТС працюють на стиснутому природному газі, необхідно подати заданий тиск на підлягає перевірці газову апаратуру (східчасто подаючи тиск при їх перевірці). Наявність витоків слід перевіряти за допомогою манометра, або мильного розчину, пензликом завдаючи розчин на з'єднання. Відповідно до переліку регламентних робіт необхідно проводити очищення волого поглинаючого фільтра і контроль заповнення до контрольного рівня фільтра.

### 3.3 Опис установки для перевірки та калібрування газових форсунок

Пристрій для калібрування та перевірки газових форсунок складається з плити, до якої гвинтами прикручені 2 пластини, верхня та нижня, та рухомої третьої пластини. До верхньої пластини прикручується індикатор. До нижньої – 2 напрямляючі ключі для регулювання з пружинкою та рухома пластина. Індикатор можна використовувати як цифровий так і аналоговий.

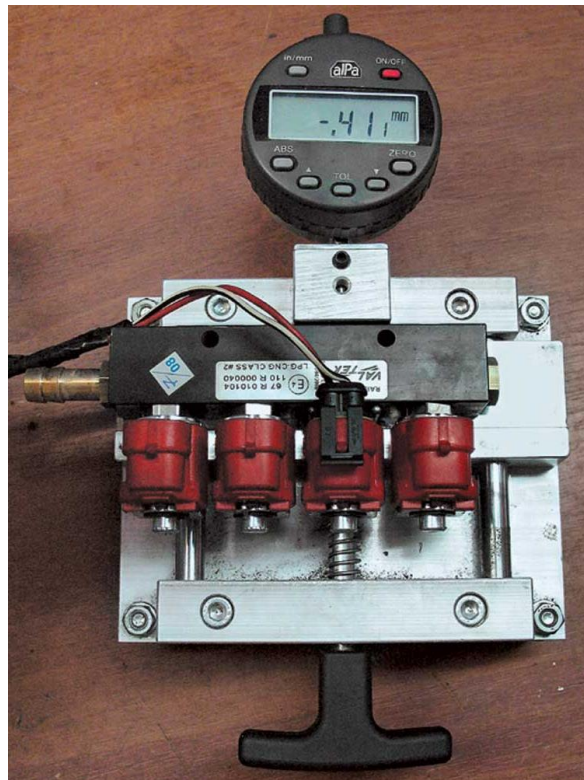


Рис 3.7. Загальний вигляд пристрою для перевірки та калібрування форсунок.

Порядок перевірки та калібрування форсунок:

1. Встановлюємо форсунки на пристрій;
2. Зафіксуємо рухомою пластиною;
3. Вмикаємо індикатор(електронний), переконуємо що покази анульовані;
4. Подаємо живлення на форсунки;
5. Знімаємо покази з дисплея індикатора;
6. Повторюємо для всіх форсунок;
7. Якщо хід клапана не відповідає заявленому виробником, регулюємо ГВИНТОМ.

### 3.4 Розрахунок собівартості виконання робіт в відділенні

#### 3.4.1 Витрати на сировину і матеріали

Визначаємо загальний пробіг автомобілів за рік:

$$L_{ЗАГ} = АСП \cdot \alpha В \cdot ДР \cdot L_{ДОБ}, \quad (3.1)$$

$$\text{ЗАЗ Lanos } L_{ЗАГ} = 40 \cdot 0,93 \cdot 250 \cdot 450 = 4185000 \text{ км};$$

Норма витрат на матеріали:

$$S_M = \frac{L_{ЗАГ} \cdot N_M}{1000} \cdot КУ \cdot У, \quad (3.2)$$

$$У = \frac{T_{ВД}}{T_{ЗАГ}}, \quad (3.3)$$

$$У = \frac{6308}{447811} = 0,014$$

$$\text{ЗАЗ Lanos } S_M = \frac{4185000 \cdot 11,39}{1000} \cdot 1,13 \cdot 0,014 = 754,1 \text{ грн.}$$

Норма витрат на запасні частини

$$S_{ЗЧ} = \frac{L_{ЗАГ} \cdot N_{ЗЧ}}{1000} \cdot КУ \cdot У, \quad (3.4)$$

$$ЗАЗ Lanos S_{ЗЧ} = \frac{4185000 \cdot 5,23}{1000} \cdot 1,3 \cdot 0,014 = 398,4 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на матеріали і запасні частини:

$$S_{ЗАГ} = SM + S_{ЗЧ} \quad (3.5)$$

$$S_{ЗАГ} = 754,1 + 398,4 = 1152,2 \text{ грн.}$$

### 3.4.2 Витрати на енергію технологічну

Визначаємо витрати на енергію для освітлення

$$S_{EO} = \frac{H \cdot W \cdot F \cdot Ц_{EC}}{1000}, \quad (3.6)$$

$$S_{EO} = \frac{15 \cdot 800 \cdot 108 \cdot 1,72}{1000}, = 2229,12 \text{ грн.}$$

Витрати на силову електроенергію:

$$S_{EC} = \frac{V_y \cdot \Phi_{PM} \cdot K_{ЗМ} \cdot K_n \cdot K_n \cdot Ц_{EC}}{K_M \cdot K_{КД}}, \quad (3.7)$$

$$S_{EC} = \frac{19,3 \cdot 2040 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 1,72}{0,98 \cdot 0,95} = 35642 \text{ грн.}$$

Витрати на стиснуте повітря:

$$SCП = \cdot \Phi PM \cdot K3M \cdot Kп \cdot Kн \cdot ЦСП \cdot У, \quad (3.8)$$

$$SCП = 30 \cdot 2040 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 0,25 \cdot 0,014 = 102,81 \text{ грн.}$$

Витрати на технологічне паливо:

$$STП = NTP \cdot ACP \cdot \alpha_B \cdot У, \quad (3.9)$$

Витрати на газ для опалення приміщення:

$$Sr = n_{оп} \cdot F \cdot KM, \quad (3.10)$$

$$Sr = 1,1 \cdot 108 \cdot 12 = 1425,6 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на енергію технологічну

$$SET = SEO + SEC + SCП + STП + Sr \quad (3.11)$$

$$SET = 2229,12 + 35642 + 102,81 + 27,34 + 1425,6 = 44650,72 \text{ грн.}$$

### 3.4.3 Розрахунок фонду оплати праці основних виробничих робітників

Визначаємо розмір оплати праці по тарифу:

$$OP = ТВІД \cdot СЧ \cdot Кшк, \quad (3.12)$$

$$СЧ_{3,5} = СЧ_3 + (СЧ_4 - СЧ_3) \cdot 0,5 = 3,75 + (4,2 - 3,75) \cdot 0,5 = 1,075$$

$$OP_T = 6308 \cdot 3,75 \cdot 1,12 = 7594,83 \text{ грн.}$$

Розмір премії:

$$\Pi = \text{МП} \cdot \text{ОПТ}, \quad (3.13)$$

$$\text{МП} = 30 - 40 \%$$

$$\Pi = 7594,83 \cdot 0,4 = 3037,93 \text{ грн.}$$

Розмір доплати за професійну майстерність:

$$\text{ДПМ} = \text{МПМ} \cdot \text{ОПТ}, \quad (3.14)$$

$$\text{ДПМ} = 0,14 \cdot 7594,83 = 1063,27 \text{ грн.}$$

Розмір фонду додаткової оплати праці:

$$\text{ОПОСН} = \text{ОПТ} + \Pi + \text{ДПМ} \quad (3.15)$$

$$\text{ОПОСН} = 7594,83 + 3037,93 + 1063,27 = 11696,03 \text{ грн.}$$

Процент фонду додаткової оплати праці:

$$\text{ПДОД} = \frac{D_{\text{ВІД}} \cdot 100\%}{D_K - D_{\text{ВІД}} - D_{\text{СВ}} - D_B} + 1,1\%$$

$$\text{ПДОД} = \frac{24 \cdot 100}{365 - 104 - 10 - 24} + 1,1 = 11,6 \%$$

Розмір фонду додаткової оплати праці:

$$\text{ОПДОД} = \text{ОПОСН} \cdot \text{ОПДОД} \quad (3.16)$$

$$\text{ОПДОД} = 11696,03 \cdot 0,116 = 1356,74 \text{ грн.}$$

Загальний фонду оплати праці:

$$\Phi ОП = ОПОН + ОПДОД \quad (3.17)$$

$$\Phi ОП = 11696,03 + 1356,74 = 13052,77 \text{ грн.}$$

Нарахування по фонду оплати праці:

$$H = \frac{(H_{ЕС} + H_{ПФ} + H_{ФЗ} + H_{СН}) \cdot \Phi ОП}{100}, \quad (3.18)$$

$$H = \frac{(2,9 + 32 + 2,1 + 1,5) \cdot 13052,77}{100} = 5221,11 \text{ грн.}$$

Загальний фонд оплати праці з нарахуванням:

$$\Phi ОПЗАГ = \Phi ОП + H \quad (3.19)$$

$$\Phi ОПЗАГ = 13052,77 + 5221,11 = 18273,88 \text{ грн.}$$

#### **3.4.4 Витратм на утримання машин і механізмів**

Вартістьбудівель:

$$ВБ = NВБ \cdot F, \quad (3.20)$$

$$ВБ = 1000 \cdot 108 = 108000 \text{ грн.}$$

Вартість обладнання:

$$ВОб = N_{В.Об} \cdot ВБ, \quad (3.21)$$

$$ВОб = 0,6 \cdot 108000 = 64800 \text{ грн.}$$

Розрахунок вартості інструменту:

$$B_I = N_{B_I} \cdot B_{OB}, \quad (3.22)$$

$$B_I = 0,1 \cdot 64800 = 6480 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування на обладнання:

$$A_{OB} = N_{A.OB} \cdot B_{OB}, \quad (3.23)$$

$$A_{OB} = 0,25 \cdot 64800 = 16200 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування на інструмент:

$$A_I = N_{A_I} \cdot B_I, \quad (3.24)$$

$$N_{A_I} = 15\%$$

$$A_I = 0,15 \cdot 6480 = 972 \text{ грн.}$$

Витрати на технічне обслуговування і ремонт обладнання:

$$S_{POB} = N_{POB} \cdot B_{OB}, \quad (3.25)$$

$$S_{POB} = 0,1 \cdot 64800 = 6480 \text{ грн.}$$

Витрати на ремонт інструменту:

$$S_{PI} = N_{PI} \cdot B_I, \quad (3.26)$$

$$SPI = 0,23 \cdot 6480 = 1490,4 \text{ грн.}$$

Загальний розмір витрат на утримання та експлуатацію машин і механізмів:

$$SUM = (AOB + AI + SPOB + SPI) \quad (3.27)$$

$$SUM = (16200 + 972 + 6480 + 1490,4) = 25142,4 \text{ грн.}$$

#### **3.4.5 Розрахунок загальноновиробничих витрат**

$$SHB = NHB \cdot OПОCH + ABC, \quad (3.28)$$

$$SHB = 1,4 \cdot 11696,03 + 5400 = 21774,44 \text{ грн.}$$

$$ABC = NAB \cdot BB \quad (3.29)$$

$$ABC = 0,05 \cdot 108000 = 5400 \text{ грн.}$$

$$BB = NBB \cdot F \quad (3.30)$$

$$BB = 1000 \cdot 108 = 108000 \text{ грн.}$$

#### **3.4.6 Розрахунок витрат на підготовку і освоєння виробництва**

$$СПВ = NHB \cdot (S3AГ + ФOP3AГ + SUM + SHB), \quad (3.31)$$

$$СПВ = 0,02 \cdot (1152,2 + 18273,88 + 25142,4 + 21774,44) = 1326,9 \text{ грн.}$$



### 3.4.7 Розрахунок позавиробничих витрат

$$SI = MI \cdot (S_{ЗАГ} + \Phi ОП_{ЗАГ} + S_{УМ} + S_{НВ}), \quad (3.32)$$

$$SI = 0,01 \cdot (1152,2 + 18273,88 + 25142,4 + 21774,44) = 663,4 \text{ грн.}$$

### 3.4.8 Калькуляція собівартості

Таблиця 3.3 - Кошторис витрат на виконання робіт в заданому підрозділі

| №<br>п/п | Назва статті витрат               | Умовні<br>позначення | Значення,<br>грн. |
|----------|-----------------------------------|----------------------|-------------------|
| 1        | Сировина і матеріали              | $S_{ЗАГ}$            | 1152,2            |
| 2        | Енергія технологічна              | $S_{ЕТ}$             | 44650,72          |
| 3        | Основна та додаткова оплата праці | $\Phi ОП_{ЗАГ}$      | 18273,88          |
| 4        | Утримання машин і механізмів      | $S_{УМ}$             | 25142,4           |
| 5        | Загальновиробничі витрати         | $S_{НВ}$             | 21774,44          |
| 6        | Підготовка і освоєння виробництва | $S_{ПВ}$             | 66342,92          |
| 7        | Позавиробничі витрати             | $S_I$                | 664,3             |
|          | Всього витрат                     | $B$                  | 178000,86         |

### 3.4.9 Визначаємо розмір витрат які приходять на 100км пробігу

$$C1 = \frac{S_{ЗАГ}}{L_{ЗАГ}} \cdot 1000 \quad (3.33)$$

$$C1 = \frac{1152,2}{450} \cdot 1000 = 10,5 \text{ грн.}$$

Енергія технологічна

$$C2 = \frac{S_{ЕТ}}{L_{ЗАГ}} \cdot 1000 \quad (3.34)$$

$$C2 = \frac{1152,2}{450} \cdot 1000 = 0,174 \text{ грн.}$$

$$C3 = \frac{\Phi O \Pi_{3AG}}{L_{3AG}} \cdot 1000 \quad (3.35)$$

$$C3 = \frac{18273,88}{30041325} \cdot 1000 = 0,608 \text{ грн.}$$

$$C4 = \frac{S_{3M}}{L_{3AG}} \cdot 1000 \quad (3.36)$$

$$C4 = \frac{18856,8}{30041325} \cdot 1000 = 0,628 \text{ грн.}$$

$$C5 = \frac{S_{HB}}{L_{3AG}} \cdot 1000 \quad (3.37)$$

$$C5 = \frac{20424,44}{30041325} \cdot 1000 = 0,68 \text{ грн.}$$

$$C6 = \frac{S_{PB}}{L_{3AG}} \cdot 1000 \quad (3.38)$$

$$C6 = \frac{7439}{30041325} \cdot 1000 = 0,25 \text{ грн.}$$

$$C7 = \frac{S_I}{L_{3AG}} \cdot 1000 \quad (3.39)$$

$$C7 = \frac{3719,4}{30041325} \cdot 1000 = 0,124 \text{ грн.}$$

$$C_{ЗАГ} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7$$

$$C_{ЗАГ} = 10,5 + 0,174 + 0,608 + 0,628 + 0,68 + 0,25 + 0,124 = 12,964 \text{ грн.}$$

#### 3.4.10 Розрахунок економічних показників

$$C_H = (NOП + NM + NЗЧ) \cdot КУ \cdot КК \cdot У, \quad (3.40)$$

$$ЗАЗ \text{ Ланос } C_H = (14,88 + 11,39 + 5,23) \cdot 1,13 \cdot 3,1 \cdot 0,028 = 3,09 \text{ грн.}$$

Розмір доходу:

$$Д = \frac{C_H \cdot L_{ЗАГ}}{1000} \quad (3.42)$$

$$Д = \frac{2,96 \cdot 450}{1000} = 88922,32 \text{ грн.}$$

Розмір прибутку:

$$П = Д - В \quad (3.43)$$

$$П = 88922,32 - 388327,17 = 299404,85 \text{ грн.}$$

Розмір нормативних обігових коштів.

$$BOM = \frac{S_M}{360} \cdot 45 \quad (3.44)$$

$$BOM = \frac{4022,3}{360} \cdot 45 = 502,78 \text{ грн.}$$

Розмір нормативних обігових коштів на запасні частини.

$$BO.3Ч. = \frac{S_{3Ч}}{360} \cdot 75 \quad (3.45)$$

$$BO.3Ч. = \frac{2315,49}{360} \cdot 75 = 482,39 \text{ грн.}$$

Розмір нормативних обігових коштів на інші матеріали.

$$BOI = 20\%(BOM + BO.3Ч) \quad (3.46)$$

$$BOI = 0,2 \cdot (502,78 + 482,39) = 197 \text{ грн.}$$

Загальний розмір нормативних обігових коштів.

$$BOK = BOM + BO.3Ч + BOI \quad (3.47)$$

$$BOK = 502,78 + 482,39 + 197 = 1182,17 \text{ грн.}$$

**Вартість основних фондів.**

$$BOCH = (BOB + BI + BB) \cdot EP \quad (3.48)$$

$$BOCH = (48600 + 4860 + 81000) \cdot 0,1 = 13446 \text{ грн.}$$

Показники рентабельності.

$$R = \frac{П \cdot 100\%}{B_{OCH} + B_{OK}} \quad (3.49)$$

$$R = \frac{299404,85 \cdot 100}{13446 + 1182,17} = 20,6\%$$

Розрахунок показників економічної ефективності.

$$K = \text{BOCH} + \text{BOK} \quad (3.50)$$

$$K = 13446 + 1182,17 = 14628,17 \text{ грн.}$$

Термін окупності капіталовкладень.

$$\text{ТОК} = \frac{K}{\Pi} \quad (3.51)$$

$$\text{ТОК} = \frac{14628,17}{299404,85} = 1 \text{ років}$$

**Коефіцієнт економічності капіталовкладень.**

$$E = \frac{\Pi}{K} \quad (3.52)$$

$$E = \frac{299404,85}{14628,17} = 20,5$$

## 4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

### 4.1. Аналіз методів і засобів діагностування деталей ЦПГ

Основними функціями діагностики є отримання і аналіз інформації про технічному стану, прогнозування залишкового терміну служби і прийняття рішень, що забезпечують збереження оптимальної надійності автомобіля в експлуатації (рис. 4.1).

Питання розробки та розвитку агрегатів автомобіля знайшли відображення в роботах І.Н. Арініна, Н.Я. Говоруценка, Н.С. Ждановського, Я.Х. Бакіна, Л.В. Мірошникова, В.М. Міхліна, А.В. Серова тощо.

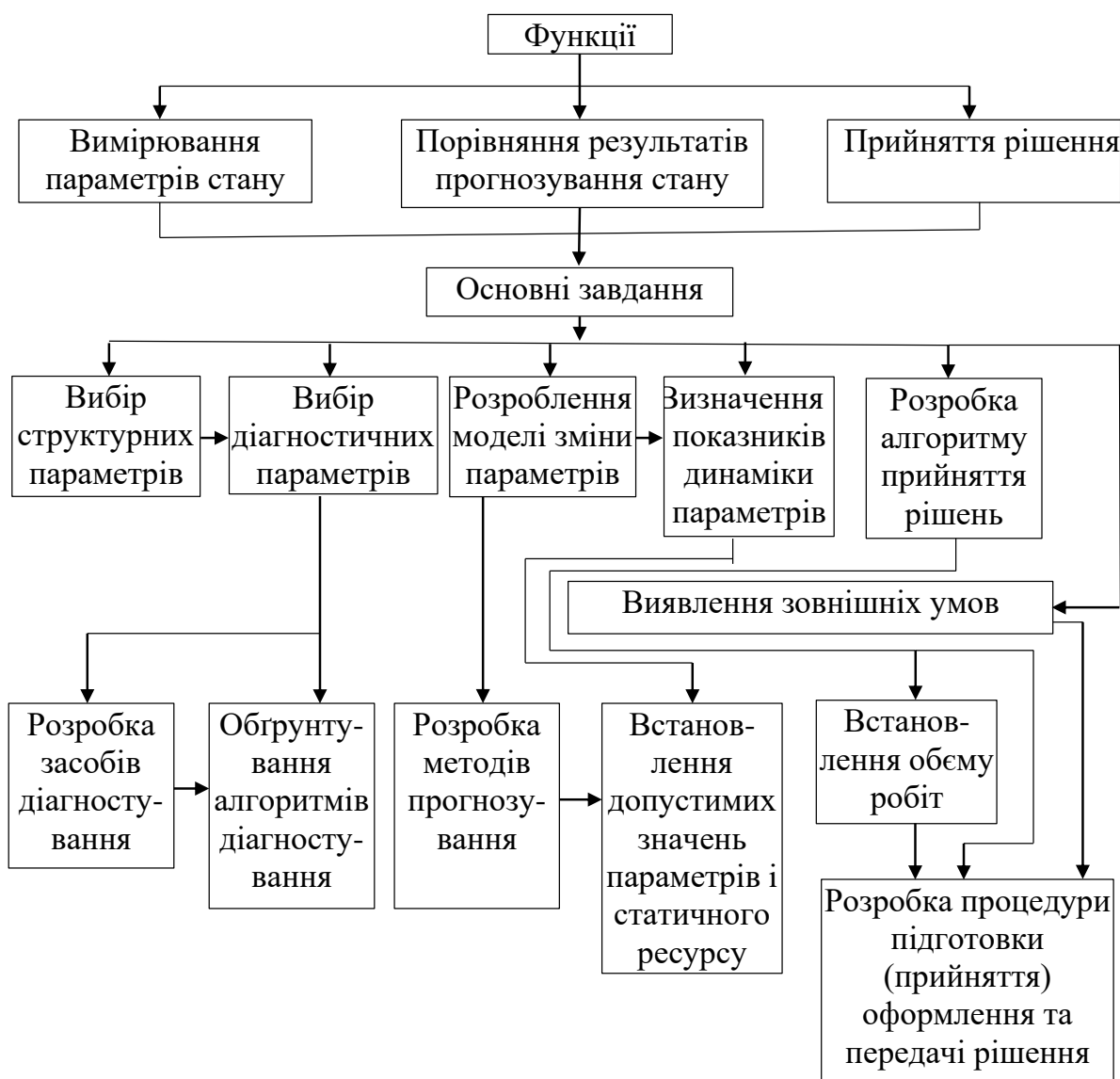


Рисунок 4.1 – Основні функції та задачі технічної діагностики ТЗ

Розробка засобів технічного діагностування розвивається наступному напрямку суб'єктивних методів діагностики - прилади на основі механічних і пневматичних і електронних засобів вимірювання.

Для визначення характеристик технічного стану ЦПГ на виконання заданих функцій двигуна та їх можливість до функціонального та тестового діагностування можна навести двигун у вигляді графічного дерева. З вище приведеного (рис.4.2) робимо висновки, що пускові властивості і працездатність двигуна залежить від технічного стану ЦПГ.

Діагностування ЦПГ рекомендується виконувати за наступними дотичними параметрами: характеристики вібрації, кількість газів, що проникають у картер; тиск газу в картері; розхід або падіння тиску стиснутого повітря, яке подається в циліндр; розхід масла; вміст окису вулицю в кінці такту стискання; якісний і кількісний склад елементів зношення в маслі.

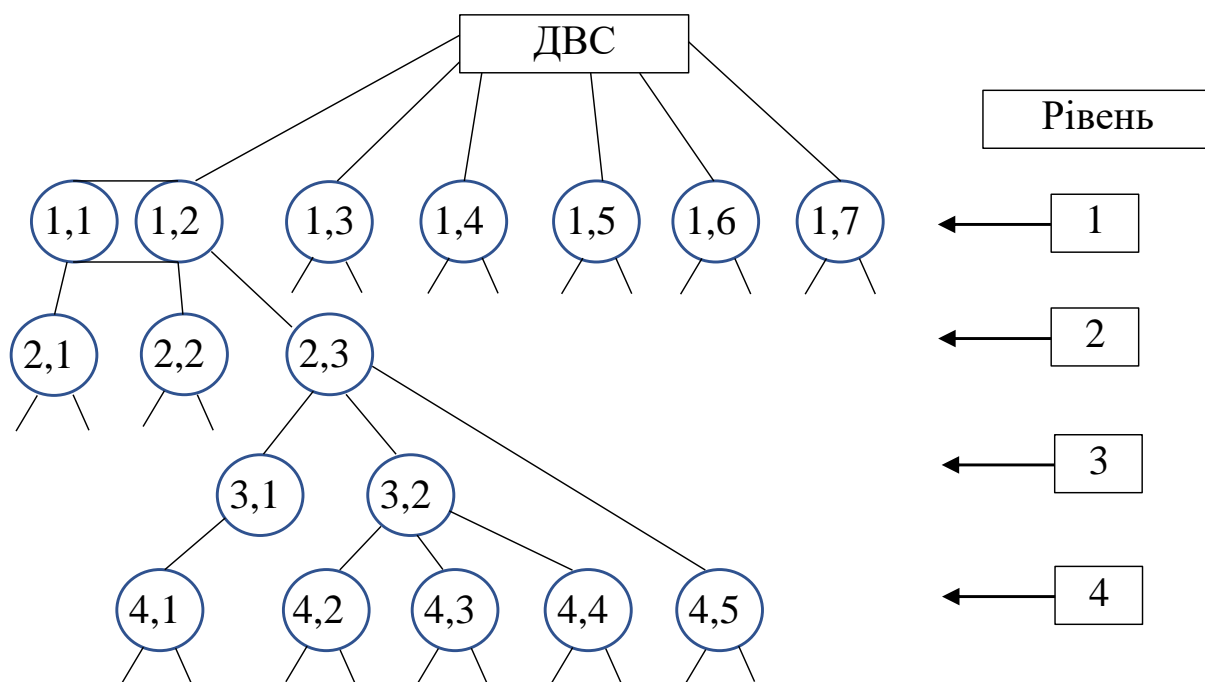


Рисунок 4.2 – Функціонально-структурна схема двигуна

1 рівень: 1.1-ефективна потужність; 1.2-розхід палива; 1.3-змащувальна система; 1.4-охолоджувальна система; 1.5-система запуску; 1.6-кривошипно-шатунний механізм; 1.7-газорозподільчий механізм.

2 рівень: 2.1-подача палива; 2.2.-подача повітря; 2.3-герметичність камери згоряння.

3 рівень: 3.1-група клапанів; 3.2-циліндропоршнева група.

4 рівень: 4.1- зазори поршень-гільза; 4.2- зазори канавка поршня-кільце; 4.3- зазори гільза-кільце; 4.4-зазори в поршневих кільцях.

Більшість методів діагностування ЦПГ основані на параметрах герметичності циліндрів двигуна, основні з яких приведено нижче.

Тиск в кінці такту стиску. Даний метод отримав широке розповсюдження завдяки своїй простоті та можливості отримати оцінку технічного стану окремих циліндрів.

Недоліки – низька точність та інформаційність. Продовженням даного методу є метод, що оснований на зміні швидкості наростання тиску при прокручуванні колінвалу двигуна. Цей метод дозволяє отримати вищу інформативність в 1,3 рази. Недоліки – потребує застосування спеціалізованого вимірювального обладнання.

Кількість пройшовших газів в картер. Даний метод використовується для прогнозування залишкового ресурсу за діагностичним параметром. Даний метод має низьку достовірність результатів діагностування.

При дослідженні тиску газів в картері можна отримати диференціальну оцінку циліндрів.

Під час дослідження падіння тиску, що подається в циліндр можна провести оцінку усіх спряжень, які відповідають за герметичність циліндра.

На основі теоретичних та експериментальних досліджень встановлено, що віброакустичні характеристики дозволяють оцінити зазори в спряженнях.

При дослідженні на димність та токсичність розглядають концентрації  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $C_nH_m$ . Зношення деталей приводить до збільшення концентрації  $C_nH_m$  та альдегідів. Існують комплексні газоаналізаторні системи.

Враховуючи те, що розроблено багато методів і засобів діагностування і після проведеного їх аналізу, слід відзначити, що діагностування проводять за



параметрами герметичності циліндрів двигуна. Для порівняння методів діагностування використовують коефіцієнт інформаційності  $K_{inf}$ .

$$K_{inf} = \frac{x_{max} - x_{min}}{x_{max}}, \quad (4.1)$$

де  $x_{max}$ ,  $x_{min}$  - значення параметрів.

На основі даних  $K_{inf}$  рівний витраті масла на угар 0,945, падіння тиску стиснутого повітря, що подається в циліндр 0,936, проникнення газів в картер 0,7, тиск в кінці такту стиску 0,31.

На основі вищевказаного будемо використовувати в подальшому метод, що заснований на вимірюванні зміни тиску стиснутого повітря, який подається в циліндр.

## 4.2 Оцінка прогнозування довговічності деталей

У зв'язку з необхідністю застосування різних методик для прогнозування довговічності значно ускладнює процедуру прийняття рішення, тому основна вимога, що ставиться до методик являється їх універсальність. Кореляційні рівняння довговічності дозволяють оцінити середній ресурс елементів трансмісії, підвіски та двигуна [28].

Основними факторами, які впливають на довговічність роботи підшипника є тиск, швидкість ковзання, температура в робочому слої [29, 30]. Залежність швидкості зношування деталей у відповідності із критерієм завантаженості  $K_B$  шатунних вкладишів:

$$K_B = K \frac{P_{yg}}{P_T} N_y, \quad (4.2)$$

де  $P_{yg}$  - питомий тиск на шатунну шийку колінчастого вала, МПа.

Так як найбільше зношується шийка на місці контакту вкладиша, то замість шляху тертя вводиться кількість циклів навантаження.

$$P_{yg} = \frac{F \cdot P_r}{d_s \cdot l_s} N_y, \quad (4.3)$$

де  $F$  - площа поршня, дм<sup>2</sup>;

$d_s$  - діаметр шатунної шийки, дм;

$l_s$  - робоча ширина шатунного підшипника, дм.

Підчас роботи двигуна відбувається розрив масляної плівки, що призводить до суттєвого значення антифрекційних властивостей підшипникового сплаву, котрі визначаються коефіцієнтом тертя  $f$ , у зв'язку з чим критерій буде у вигляді:

$$K_B = f \frac{0.78 \cdot P_r \cdot D^2}{d_s \cdot l_s}. \quad (4.4)$$

Після відповідних перетворень:

$$K_B = f \cdot N_y \left\{ \left\{ (1 - \beta) \sum_{j=1}^n \alpha_j \frac{0.78 D^2}{d_s \cdot l_s} \left\{ \frac{0.25 \cdot r_k}{V_n \cdot l_0 \cdot i_{kj} \cdot \eta_{tp}} \left[ (1 - K_j) \left( G_{anj} \psi_j + \frac{KF \cdot V_{anj}^2}{13} \right) + K_j \frac{M_e \cdot i_0 \cdot i_{an} \cdot V_{an} \cdot \eta_{tp}}{r_k} \right] + A + BC_{mj} \right\} + \beta \sum_{j=1}^n \alpha_j \frac{0.78 D^2}{d_s \cdot l_s} \left\{ \frac{0.25 \cdot r_k}{V_n \cdot l_0 \cdot i_{kj} \cdot \eta_{tp}} \left[ (1 - K_j) \left( G_{anj} \psi_j + \frac{KF \cdot V_{anj}^2}{13} \right) + K_j \frac{M_e \cdot i_0 \cdot i_{or} \cdot \eta_{tp}}{r_k} \right] + A + BC_{mj} \right\} \right\} \right\} \quad (4.5)$$

На рисунку 4.3 зображено кореляційна залежність між критерієм завантаженості і ресурсом шатунних вкладишів, котра апроксимована рівнянням:

$$K_B = \frac{-7,45 + 5564}{R_p}. \quad (4.6)$$

Виконаний аналіз зв'язку і критерію завантаженості показує тісний зв'язок, що дозволяє застосовувати кореляційні рівняння для прогнозування середнього ресурсу деталей.

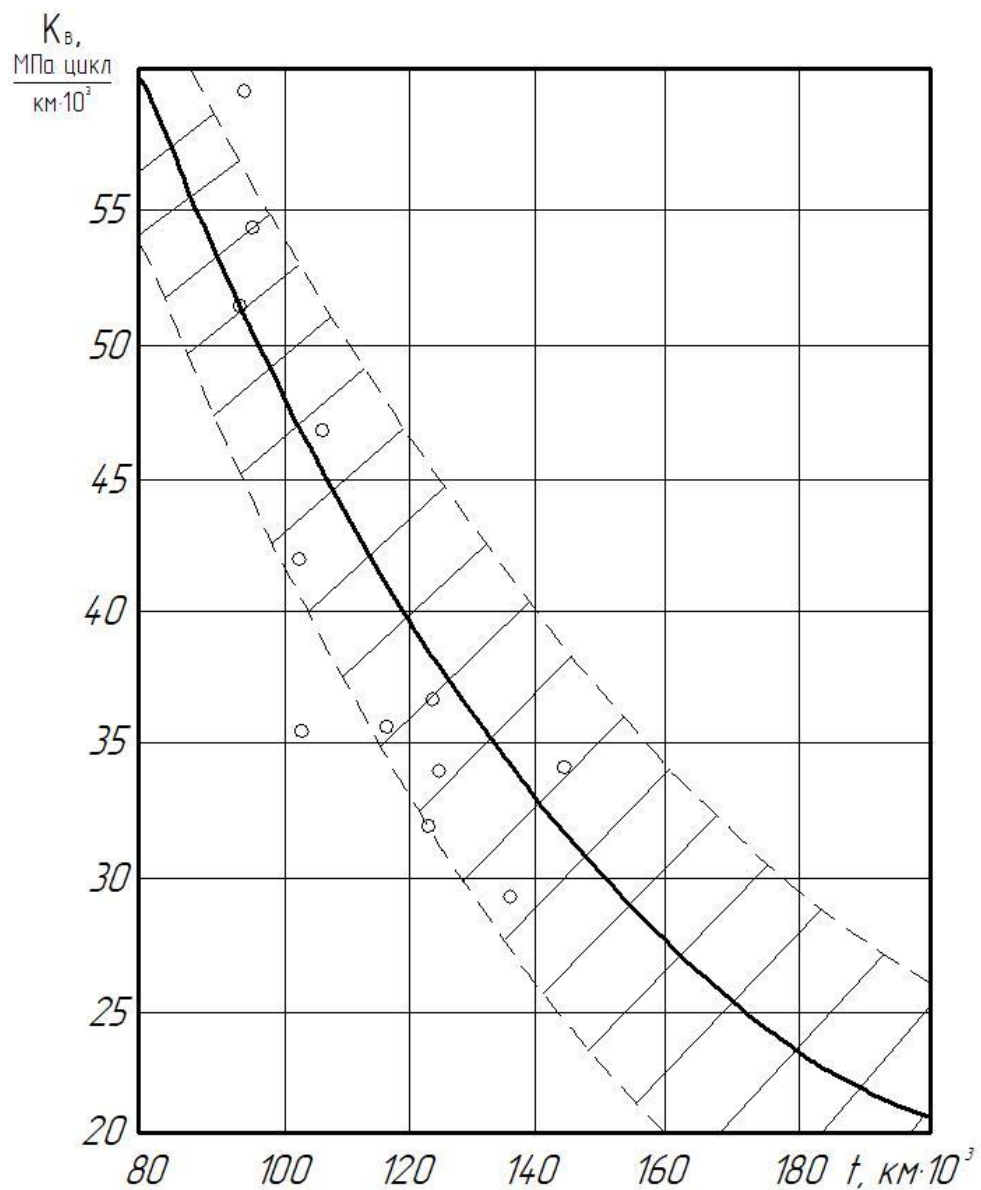


Рисунок 4.3 – Кореляційна залежність критерія навантаженості та ресурсу шатунних вкладишів

### 4.3 Прогнозування залишкового ресурсу деталей ДВЗ

При прогнозуванні приймається, що зміни параметра конкретного об'єкта характеризується функцією екстраполяції [31]. Функція екстраполяції визначається зміною параметра технічного стану об'єкта в минулому, тому при невеликій кількості робочого часу на момент діагностики або зміні умов експлуатації щодо періоду, в якому була проведена діагностика, можливі значні помилки в прогнозі.

Використання рівняння довговічності дозволяє при переході на прогноз для реалій вихідної інформації мати середній ресурс деталі (вузла) для певних умов експлуатації. Кореляційна залежність, наведена в роботі [32], дозволяє визначити коефіцієнт варіації  $V$ :

$$V = 16.507 R_p^{-0.807}, \quad (4.7)$$

Середнє квадратичне відхилення ресурсу:

$$\sigma = V \cdot R_p, \quad (4.8)$$

Перед початком прогнозування ресурсу конкретної деталі необхідно встановити ступінь перемішування реалізації (рис. 4.4), яка оцінюється нормованою кореляційною функцією:

$$R(t_1, t_2) = \frac{\sum_{i=1}^n (\xi_{1i} - \bar{\xi}_1)(\xi_{2i} - \bar{\xi}_2)}{n\sigma_1\sigma_2}, \quad (4.9)$$

де  $\xi_{1i}, \xi_{2i}$  - відповідно значення параметра  $i$ -ї деталі при напрацюваннях  $t_1$  і  $t_2$

$\bar{\xi}_1, \bar{\xi}_2$  - середнє значення параметра при напрацюваннях  $t_1$  і  $t_2$ ;

$n$  - кількість досліджувальних деталей;

$\sigma_1, \sigma_2$  - параметри при напрацюваннях  $t_1$  і  $t_2$ .

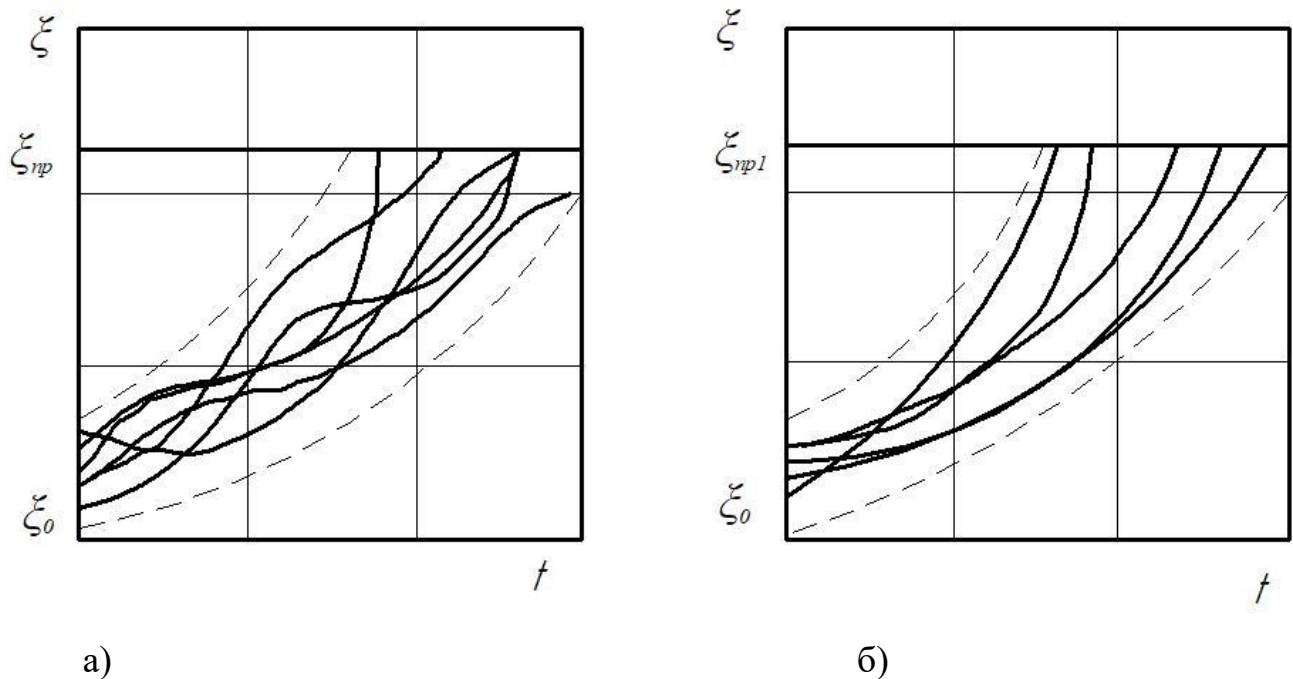


Рисунок 4.4 – Характеристика випадкових процесів з різною ступеню перемішування реалізацій: а) сильне перемішування; б) слабке перемішування.

Прогнозування ресурсу для реалізації доцільно, коли значення нормованої кореляційної функції  $R(t_1 t) > 0,5$ .

На основі приведених даних [33] величин зношування гільз циліндрів двигунів в інтервалі напрацювання від 10 до  $100 \cdot 10^3$  км (рис. 4.5), що працюють в однакових або схожих умовах, виконані розрахунки величини  $R(t_1 t)$ . Середнє значення нормованої кореляційної функції для гільз циліндрів складає 0,8. Відповідно, для деталей ЦПГ спостерігається слабке перемішування і прогнозування кінцевого ресурсу можливо за індивідуальними реалізаціями.

При прогнозуванні по реалізації вибирається функція, що адекватно відображає зміну параметра стану набору одно іменних елементів. Широке застосування для опису процесу зміни технічного стану деталей двигуна є степенева функція [31].

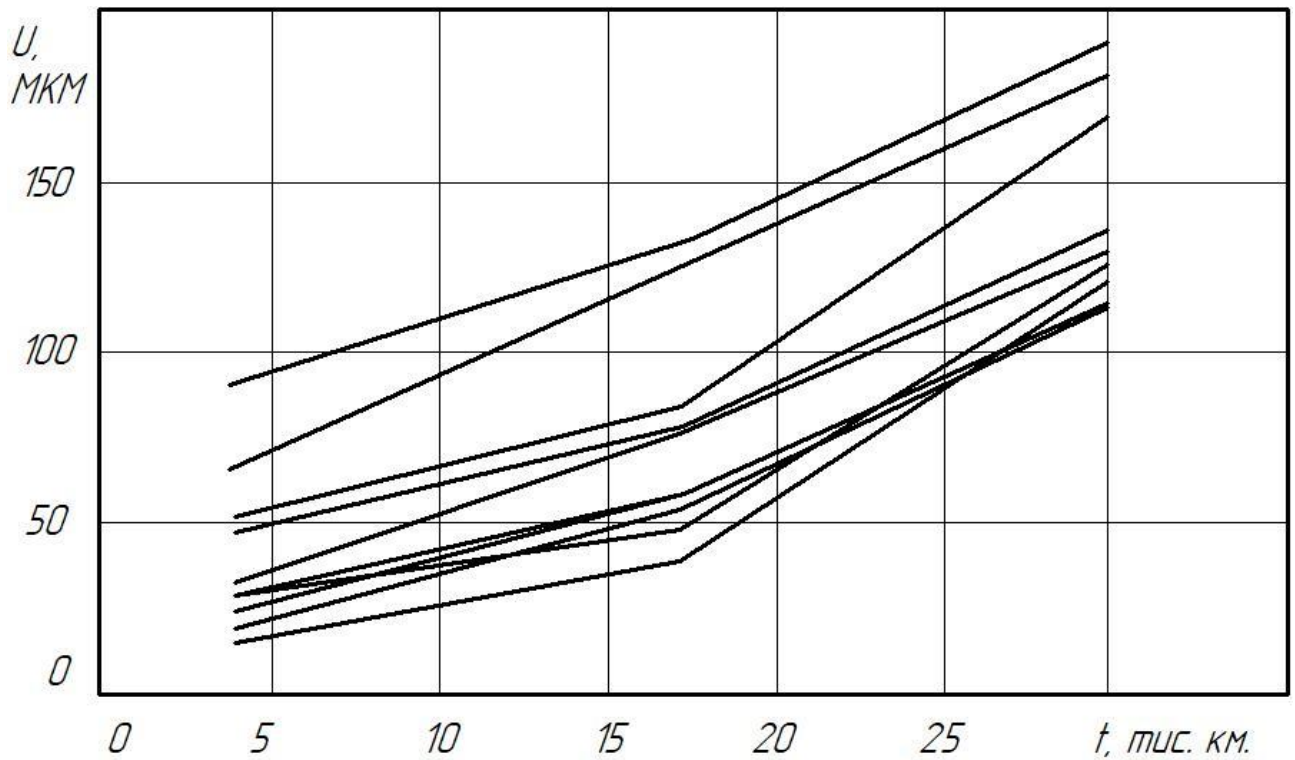


Рисунок 4.5 – Реалізація процесу зношування гільз циліндрів

На основі теореми про середнє значення і дисперсію випадкових величин представляють функцію середнього значення параметра  $\bar{\xi}_i$  та  $\sigma_\zeta$  від напрацювання у вигляді степеневих залежностей:

$$\bar{\xi}_i = \bar{\xi}_0 + \bar{\gamma}_i \cdot t^\alpha, \quad (4.10)$$

$$\sigma_\zeta^2 = \sigma_{\zeta 0}^2 + \sigma_\gamma^2 \cdot t^{2\alpha}, \quad (4.11)$$

де  $\bar{\xi}_0, \bar{\gamma}_i$  - середнє значення початкового параметра та швидкості його зміни;

Після підстановки у відповідні рівняння, граничне значення параметра і відповідне йому середнє значення ресурсу деталі  $\bar{P}_p$ , розраховано за рівняннями довговічності, визначено середнє значення швидкості зміни параметру  $\bar{\gamma}$  :

$$\bar{\gamma} = \frac{\xi_{np} - \xi_0}{R_p^\alpha}. \quad (4.12)$$

Після визначення середньої реалізації зміни параметра, необхідно встановити довірчі межі. Дана задача зводиться до оцінки величини  $\sigma_\gamma$ .

Середній ресурс являє собою функцію з трьох змінних  $R_p = f(\xi_{0i}, \gamma_i, d_i)$ , причому  $\gamma_i$  і  $d_i$  для  $i$ -ї реалізації змінюють функціональний зв'язок:

$$\alpha_i = \frac{\lg(\xi_{np} - \xi_{0i}) - \lg \gamma_i}{\lg R_i}. \quad (4.13)$$

Значення показника степеню  $\alpha$  при зміні конкретного параметра коливаються в діапазоні 0,8-2,0. При визначенні верхньої і нижньої границі реалізації зміну  $\alpha$  з деякими допущеннями апроксимується рівнянням:

$$\alpha'_i = A - B \lg \gamma_i, \quad (4.14)$$

де  $A, B$  - коефіцієнти регресії.

На основі методу реалізації дисперсія ресурсу деталі записується у вигляді:

$$\begin{aligned} \sigma_P^2 = & \left(\frac{\partial \varphi}{\partial \gamma}\right)_{\xi_0 \alpha}^2 \partial_\gamma^2 + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial \xi_0}\right)_{\gamma \alpha}^2 \partial_{\xi_0}^2 + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial \alpha}\right)_{\xi_0 \alpha}^2 \partial_\alpha^2 - \\ & - 2\left(\frac{\partial \varphi}{\partial \gamma}\right)_{\xi \alpha}^2 \left(\frac{\partial \varphi}{\partial \alpha}\right)_{\gamma \xi} \cdot \eta_{\gamma, \alpha} \partial_\gamma \partial_\alpha. \end{aligned} \quad (4.15)$$

При прогнозуванні за середньою зміною параметра замість змінного значення  $\alpha$  в розрахунках приймаються постійні середні значення, встановлені для зміни даного параметра на основі статичної обробки експериментальних даних [31]. Тоді, рівняння (4.10) буде мати вигляд:

$$\sigma_P^2 = \left(\frac{\partial \varphi}{\partial \gamma}\right)_{\bar{\xi}_0} \partial_\gamma^2 + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial \xi_0}\right)_\gamma \partial_{\xi_0}^2. \quad (4.16)$$

Виходячи з того, що

$$\bar{R}_P = \left(\frac{\xi_{np} - \bar{\xi}_0}{\gamma}\right)^{\alpha-1} \quad (4.17)$$

Часткові похідні:

$$\left(\frac{\partial \varphi}{\partial \gamma}\right)_{\bar{\xi}_0} = -\frac{1}{\alpha} \cdot \left(\frac{\xi_{np} - \bar{\xi}_0}{\gamma \left(\frac{1}{\alpha} + 1\right)}\right)^{1/\alpha} \quad (4.18)$$

$$\left(\frac{\partial \varphi}{\partial \gamma}\right)_{\bar{\gamma}_0} = -\frac{1}{\alpha} \cdot \left(\frac{\xi_{np} - \xi_0}{\gamma^{-1/m}}\right)^{\left(\frac{1}{m}-1\right)} \quad (4.19)$$

З врахуванням 4.13 та 4.14 визначається:

$$\sigma_P^2 = \frac{1}{\alpha^2} \cdot \frac{(\xi_{np} - \xi_0)^{1/\alpha}}{\gamma \left(\frac{1}{\alpha} + 1\right)^2} \sigma_\gamma^2 + \frac{1}{\alpha^2} \cdot \frac{(\xi_{np} - \xi_0)^{\left(\frac{1}{\alpha}-1\right)^2}}{\gamma^\alpha} \sigma_{\xi_0}^2 \quad (4.20)$$

Тоді, швидкість зміни параметра:

$$\sigma_\gamma = \sqrt{\alpha^2 \frac{\sigma_P^2 \cdot \gamma^{-\left(\frac{2+2\alpha}{\alpha}\right)}}{(\xi_{np} - \xi_0)^{2/\alpha}} - \frac{\gamma^{-2}}{(\xi_{np} - \xi_0)^2} \sigma_{\xi_0}^2} \quad (4.21)$$

Для випадку, коли  $\alpha = 1$



$$\sigma_{\gamma} = \frac{\bar{\gamma}}{(\xi_{np} - \xi_0)} \sqrt{\sigma_p^2 \cdot \gamma^2 - \sigma_{\xi_0}^2}. \quad (4.22)$$

Рівняння припускає нормальність ділення параметра на будь-який момент часу. Верхня і нижня межі впевненості зміни параметрів також можуть бути описані рівнянням потужності, замінивши математичне очікування початкового значення параметра і нижньої межі зміни швидкості цих випадкових змінних:

$$\xi' = (\bar{\xi}_0 + t_{\beta} \sigma_{\xi_0}) + (\bar{\gamma} + t_{\beta} \sigma_{\gamma}) t^{\alpha}, \quad (4.23)$$

$$\xi'' = (\bar{\xi}_0 - t_{\beta} \sigma_{\xi_0}) + (\bar{\gamma} - t_{\beta} \sigma_{\gamma}) t^{\alpha}, \quad (4.24)$$

де  $\xi', \xi''$  - поточні значення верхньої та нижньої меж довірчих параметрів.

Результати розрахунків відхилень фактичних значень параметрів від прогнозованих показують, що значення середнього відхилення має тенденцію руху до нуля, а дисперсія відхилення фактичного значення параметра конкретної спряження набагато нижче розрахункового. Тому рекомендується ввести коефіцієнт змішування реалізацій, який визначається залежністю:

$$f = \sqrt{I - R^2(t_1 t)}. \quad (4.25)$$

Тоді рівняння 4.18, 4.19 записується у вигляді:

$$\xi' = (\bar{\xi}_0 + t_{\beta} \sigma_{\xi_0}) + (\bar{\gamma} + f t_{\beta} \sigma_{\gamma}) t^{\alpha}, \quad (4.26)$$

$$\xi'' = (\bar{\xi}_0 - t_{\beta} \sigma_{\xi_0}) + (\bar{\gamma} - f t_{\beta} \sigma_{\gamma}) t^{\alpha}, \quad (4.27)$$

Перетворив дані виразу отримаємо залежності для визначення мінімального і максимального значення ресурсу.

$$R' = \sqrt{\frac{E_{np} - (\bar{\xi}_0 + t_{\beta} \sigma_{\xi_0})}{\bar{\gamma} - ft_{\beta} \sigma_{\gamma}}}, \quad (4.28)$$

$$R'' = \sqrt{\frac{E_{np} - (\bar{\xi}_0 - t_{\beta} \sigma_{\xi_0})}{\bar{\gamma} - ft_{\beta} \sigma_{\gamma}}}, \quad (4.29)$$

Рівняння 4.21-4.24 дозволяють визначити область зміни параметра технічного стану однойменного набору дітей при певних умовах експлуатації. Визначивши з заданою ймовірністю мінімального терміну служби однойменних деталей (рівняння 4.23), встановимо початковий час експлуатації автомобіля до проведення діагностики з метою оцінки залишкового терміну служби кожного двигуна:

$$t_{g'} = R' - t_0, \quad (4.30)$$

де  $t_0$  - періодичність ТО-2.

Використання моделі зміни структурного параметра  $\varepsilon$  технічного стану (наприклад, зношення) деталі для оцінки залишкового ресурсу за результатами вимірювання діагностичного параметра  $\varepsilon_g$  можливо при існуванні між ними кореляційної залежності:

$$\varepsilon_g = \varepsilon_{g0} + \gamma \xi^{\alpha}, \quad (4.31)$$

де  $\varepsilon_{g0}$  - величина початкового значення діагностичного параметра;

$\gamma$  - швидкість зміни діагностичного параметра.

За результатами діагностування при напрацюванні  $tg_l$  за значеннями  $\xi g_l$ , визначається величина структурного параметра, при цьому необхідно враховувати розподілення значень похибки зміни  $\Delta$ . Припустимо, що  $f(\Delta)$  залежить від нормального закону, тоді мінімальне  $\gamma_i'$  та максимальне  $\gamma_i''$  значення швидкості зміни параметра розраховується за формулою:

$$\begin{aligned}\gamma_i' &= \frac{(\xi g_l - \sigma_\Delta) - (\overline{\xi g_0} + t_\beta \sigma_{\xi g_0})}{tg_l^\alpha}; \\ \gamma_i'' &= \frac{(\xi g_l + \sigma_\Delta) - (\overline{\xi g_0} + t_\beta \sigma_{\xi g_0})}{tg_l^\alpha}.\end{aligned}\quad (4.32)$$

Відповідно мінімальне  $R_i'$  та максимальне  $R_i''$  значення ресурса:

$$\begin{aligned}R_i' &= \sqrt[\alpha]{\frac{\xi_{np} - (\overline{\xi g_0} + t_\beta \sigma_{\xi g_0})}{\gamma_i''}}, \\ R_i'' &= \sqrt[\alpha]{\frac{\xi_{np} - (\overline{\xi g_0} - t_\beta \sigma_{\xi g_0})}{\gamma_i'}}.\end{aligned}\quad (4.33)$$

Кінцевий ресурс деталей визначають із співвідношення:

$$R_i' \leq R_{ocm} - tg_l \leq R_i''. \quad (4.34)$$

Уточнення величини  $R_{ocm}$  доцільно при виконанні системи нерівностей:

$$\begin{cases} R_i' - tg_l < t_0 \\ R_i'' - tg_l > t_0 \end{cases} \quad (4.35)$$

На рисунку 4.6 приведений алгоритм прогнозування залишкового ресурсу деталі за реалізацією. Довірчі границі зміни загального параметра спряження  $\xi_{2-2}$  визначається як функція двох змінних, для верхньої довірчої границі

Процедура прогнозування залишкового ресурсу спряження за реалізацією виконується аналогічно, як і деталі, але слід врахувати, що структурний параметр повинен відображати технічний стан сполучень. Визначення залишкового ресурсу деталей сполучень потребує більш складного обладнання. Для деталей циліндро-поршневої групи відмова одного елемента приводить до втрати працездатності всього вузла. Тому оцінка технічного стану справних елементів сполучень може бути виконана при розбиранні.

$\xi'_{2-2} = f(\xi'_1, \xi'_2)$  та для нижньої (рис. 4.7). Середні ресурси деталей спряження  $\overline{R}_1$  та  $\overline{R}_2$  розраховується на основі рівнянь довговічності.

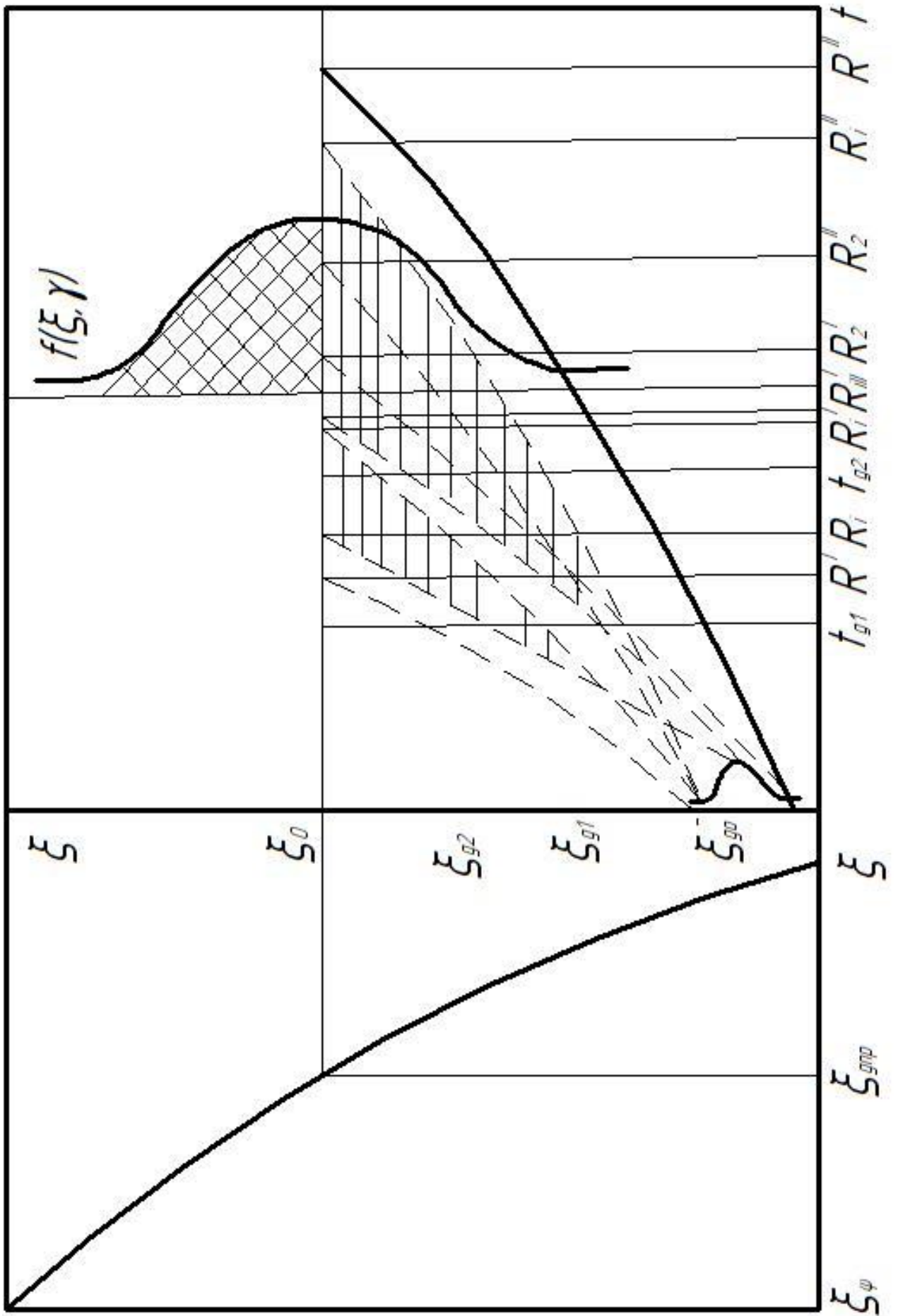


Рисунок 4.6 – Алгоритм прогнозування залишкового ресурсу деталі

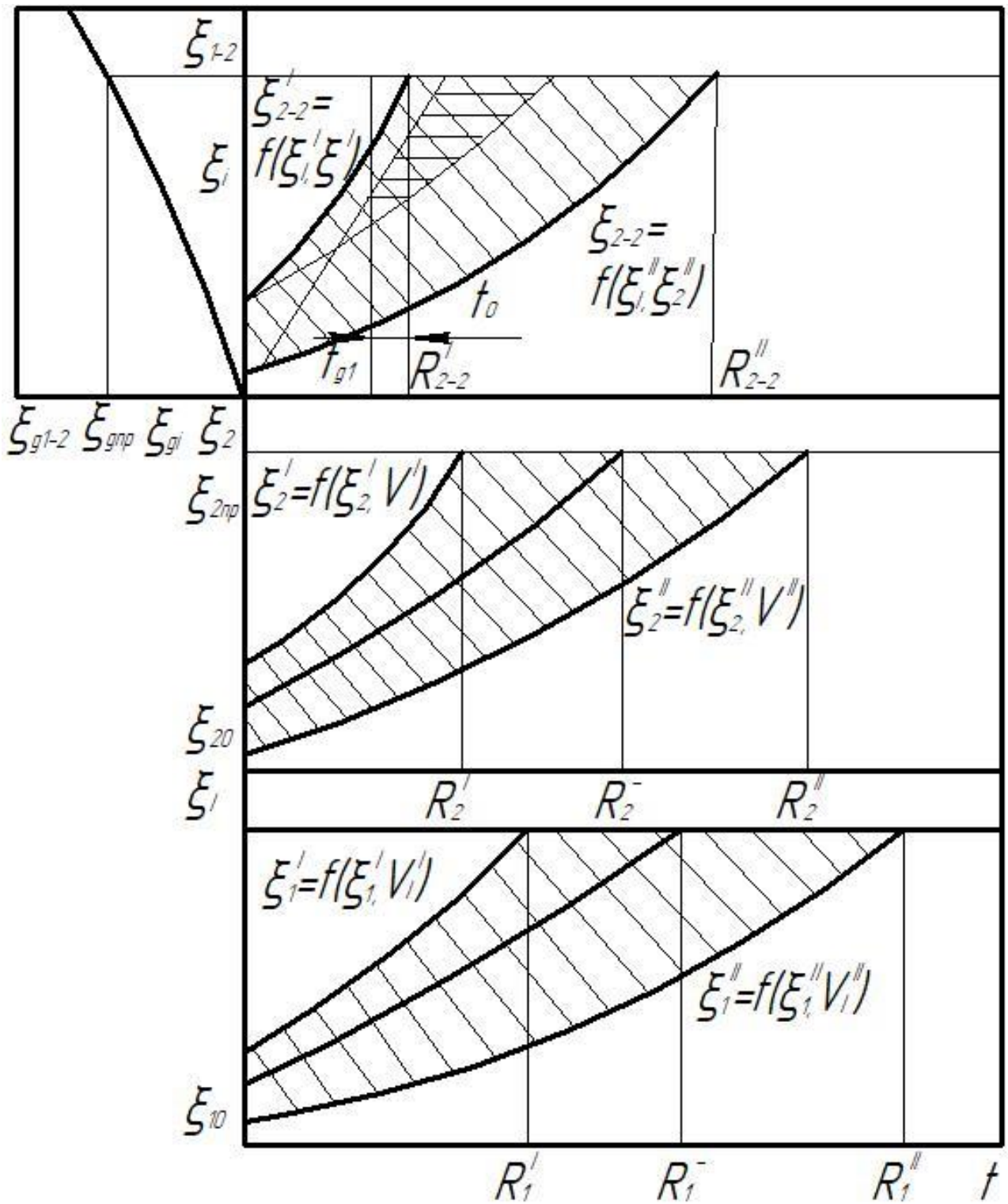


Рисунок 4.7 – Алгоритм прогнозування залишкового ресурсу спряження

#### 4.4. Діагностичні та структурні параметри

Як засіб діагностики технічного стану деталей ЦПГ прийнято варіант пневматичної вимірювальної системи калібрувального типу (рис. 4.8). У цій системі витрата повітря через вимірювальну камеру, тому вимірювальний тиск  $P$ , визначається співвідношенням площ прохідних січень вхідного  $F_v$  та вимірювальних сопел  $F_u$ . При діагностуванні ЦПГ  $F_u$  формують зазори кільцевого ущільнення. Потік повітря через кільцевий лабіринт залежить від зазорів в замках поршневих кілець, а також в спряженнях кільце-канавка поршня і кільце-гільза.

Прогнозування для реалізації на основі аналітичної моделі зміни параметра технічного стану деталі передбачає наявність її функціонального зв'язку з діагностичним параметром. Проаналізуємо можливість виділення конкретного структурного параметра при діагностиці.

При прогнозуванні ресурсу враховується період роботи деталі до настання граничного стану для будь-якого з вихідних параметрів. Зазор в спряженні кільце-гільза з'являється, як правило, після зносу хромованого покриття кільця, товщина якого обмежує допустиме збільшення зазору в замку компресійних кілець, так як швидкість зносу при подальшій експлуатації кільця набуває дуже швидкий характер. Отже, технічний стан спряження кільце-гільза можна визначити за розміром зазору (площі) в замку кільця.

Витікання повітря через зазор в спряженні кільце-канавка можливо при виконанні нерівності:

$$(P_R + 0.8P_1) \cdot b\varphi > (P_1 - P_2)t, \quad (4.36)$$

де  $P_2$  - тиск повітря під першим кільцем, МПа.

За літературними даними тиск  $P_2$  складає 20...90% від  $P_1$ .

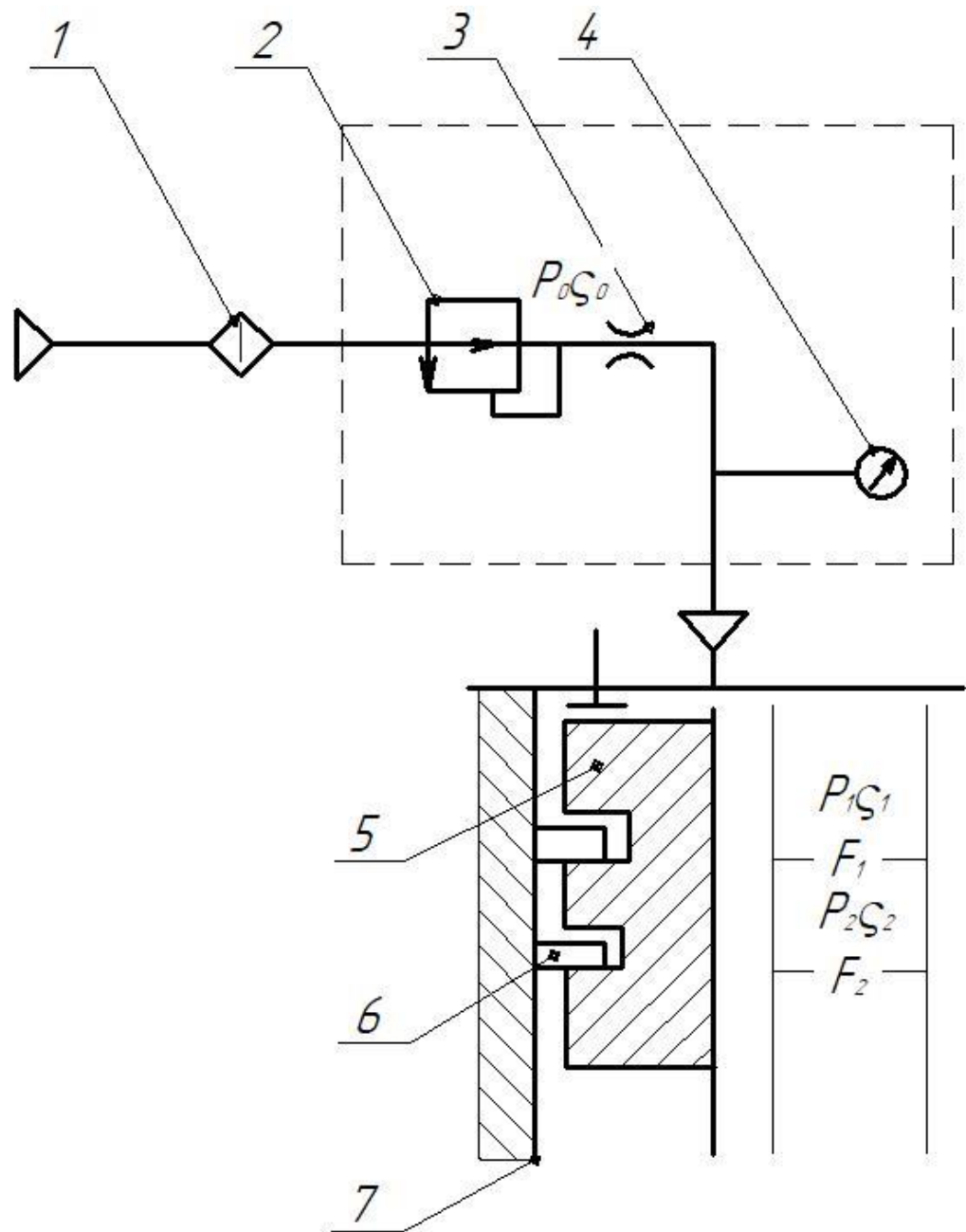


Рисунок 4.8 – Схема для вимірювання кільцевого ущільнення:

1 – фільтр; 2 – стабілізатор тиску; 3 – вхідне сопло; 4 – манометр; 5 – поршень; 6 – кільце; 7 – гільза.

Виходячи з максимального можливого перепаду діків при діагностуванні ( $P_1 = 0,16 \text{ МПа}$ ,  $P_2 = P_a$ ) показали, що нерівність 4.36 виконується.

Отже, кільця в процесі діагностики не займають фіксованого положення по відношенню до країв поршневих канавок. Цим пояснюється відсутність



достовірності результатів діагностики пневматичними пристроями калібрувального типу. Прилягання кільця до канавки поршня, може бути досягнуто за рахунок короткочасного з'єднання надлишкового тиску 0,3 ... 0,4 МПа або переміщенням до конкретного положення поршня при одночасній подачі через пристрій стисненого повітря в циліндр.

Витрата повітря через кільцеве ущільнення визначається витратою через кільце, на котре припадає максимальний перепад тиску, за умови, що перше компресійне кільце притиснуто до канавки поршня і діапазону вимірювання тиску  $P_1 = 0 \dots 0,16 \text{ МПа}$ , виконується нерівність  $F_1 < F_n$  ( $n \geq 2$  – номер кільця). Отже, тиск під першим кільцем  $P_2$  можна вважати, щоб він дорівнює атмосферному  $P_a$ , тоді:

$$\frac{P_1}{P_2} < \frac{P_{n-1}}{P_n}.$$

Виходячи з вищесказаного, структурним параметром при діагностуванні двигуна за величиною падіння тиску є площа в замку першого компресійного кільця  $F_1 = F_u$ .

Зв'язок між  $F_u$  і  $P_1$  параметром визначається виходячи з умови рівності витрати повітряного потоку через вхідне  $Q_v$  і вимірювальне  $Q_u$  сопла.

Для визначення секундного потоку газу через сопло при ізоентропічному відтіку можна використовувати рівняння Сен-Венана.

$$G_v = M_v F_v \sqrt{\frac{2k}{k-1} \left[ \left( \frac{P_0}{P_1} \right)^{2/k} - \left( \frac{P_0}{P_1} \right)^{k+1/k} \right]} \cdot P_0 \cdot \rho_0, \quad (4.37)$$

де  $M_v$  - коефіцієнт витікання;

$\rho_0$  - щільність повітря перед соплом, кг/м<sup>3</sup>;

$k$  - показник адіабати ( $k = 1,41$ ).

На всьому діапазоні докритичних режимів витікання через сопло  $P_0 / P_1 \geq 0.52$  розхід визначається за виразом:

$$\sigma_\epsilon = M_\epsilon F_\epsilon \sqrt{2\rho_1(P_0 - P_1)}, \quad (4.38)$$

де  $\rho_1$  - щільність повітря за соплом.

Розхід повітря через зазор в зпмку компресійного кільця визначається на основі розхідної функції:

$$\sigma_u = 3.13\mu_u F_u \sqrt{\left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^2\right] \rho_1 P_1}, \quad (4.39)$$

Прирівнявши 4,38 і 4.39 та вирішивши їх відносно  $F_u$ :

$$F_u = \frac{\mu_\epsilon}{\mu_u} \cdot \frac{F_\epsilon}{3,13} \sqrt{\frac{2\Delta P}{\left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^2\right] P_1}}. \quad (4.40)$$

В багатьох роботах [34, 35] розхід повітря через кільцевий лабіринт розглядається як критичний  $P_1 / P_3 < 0,53$ , при цьому  $\mu_u = \mu_{\max}$  і може бути прийнятий рівним 0,79...0,85.

Дослідження показують, що критичне відношення тисків для кільцевого ущільнення складає  $P_1 / P_2 = 0,1$  і розміщується в діапазоні:

$$\left(\frac{P_1}{P_2}\right)_{кр1} > \frac{P_1}{P_2} > \left(\frac{P_1}{P_2}\right)_{кр2}, \quad (4.41)$$

де  $\left(\frac{P_1}{P_2}\right)_{кр1}$  - перше критичне відношення тисків;

$\left(\frac{P_1}{P_2}\right)_{кр2}$  - друге критичне відношення тисків.

Максимальний перепад тисків при діагностиці становить 0,34, тому відтік є до критичний і відношення  $\frac{\mu_в}{\mu_и}$  повинні бути визначені експериментальним шляхом.

Необхідною умовою реалізації прогнозування за станом є визначення оптимального значення допустимого значення діагностичного параметра  $\xi_{гпр}$ . При використанні довідкової літератури є описана встановлена процедура визначення оптимального значення допустимого значення діагностичного параметра під час незеленої зміни приростів діагностичних і структурних параметрів і при наявності їх виявленого взаємозв'язку для окремих циклів контрольованих напрацювань.

Проведений аналітичний аналіз взаємозв'язку між площею в замку першого компресійного кільця і тиску в над поршневої області дозволяє припустити наявність між ними функціонального взаємозв'язку. Тому допустиме значення діагностичного параметра можна визначити за відповідним значенням конструктивного параметра.

Допустимі значення параметрів поршневого кільця і гільз циліндрів дизельних двигунів, після аналізу, можна зробити висновок про приблизно однакові допустимі зазори в спряженні кільце-гільза, котрі встановлюються на основі технічної та економічної доцільності подальшої експлуатації двигуна. Виходячи з рівних зазорів в замку першого компресійного кільця в двигунах з різними конструктивними особливостями ЦГЗ, можна зробити висновок, що його технічний стан є вирішальним в роботі спряження кільце-гільза.

Виходячи з вищесказаного, беремо в якості структурного параметра площу в замку першого компресійного кільця; допустимі значення

діагностичного параметра може бути встановлено як рівномірні для автомобільних дизельних двигунів з різними конструктивними особливостями деталей ЦПГ.

#### 4.5. Прогнозування ресурсу деталей

Особливістю прогнозування довговічності деталей двигуна за допомогою рівнянь довговічності є те, що вихідну інформацію подають у формалізованій формі, яка є зручною для попередньої інтерпретації. Побудова рівнянь зводиться до поступового зниження факторів, що визначають довговічність деталей, тому в раніше отриманих рівняннях як додаткову змінну вводять фактор часу  $T$ . При прогнозуванні ресурсу на основі методу екстраполяції до найменшої похибки призводить лінійна модель. Підставляють коефіцієнт регресії у відповідні рівняння як лінійну часову функцію:

$$K = A(T) + B(T)R^{-1}. \quad (4.42)$$

Недостатність статистичної інформації про ресурси частин двигунів різних років виробництва не дозволяє визначити кореляційні рівняння  $A(T)$ ,  $B(T)$ . Припустимо, що криві довговічності залежать від року випуску двигуна змінюються еквідистантно. Тоді рівняння з врахуванням часового тренду буде представлено у вигляді:

$$K = A + B(\overline{R}_p - nt)^{-1}, \quad (4.43)$$

де  $\overline{R}_p$  - середній ресурс деталі при  $t = 0$ ;

$n$  - коефіцієнт, який характеризує зміну ресурсу від часу;

$t = T - T_0$  - прогнозований період;

$T$  - рік випуску або модифікації;

$T_0$  - межа відліку часового ряду.

З метою підвищення точності прогнозування рекомендується, щоб період екстраполяції не перевищував однієї третьої або половини попереднього періоду часу.

На основі рівняння 4.43 для деталей визначені кореляційні рівняння з врахуванням часового тренду:

- Гільза циліндра

$$K_r = -17.44 + 4391(\bar{R} - 6t)^{-1}$$

- Поршень

$$K_n = -27.9 + 6481(\bar{R} - 6.5t)^{-1}$$

- Поршневе кільце

$$K_k = -25.2 - 8184(\bar{R} - 5.5t)^{-1}$$

- Шатунний вкладиш

$$K_g = -4.44 + 5564(\bar{R} - 7t)^{-1}$$

На основі поршневих кілець приведена двомірна модель  $K_k = f(\bar{T}, R)$ , яка представляє собою поверхню пошкоджуваності (рис. 4.9). Також передбачено корегування за результатами випробувань двигунів на основі дисконтування, введення вагових коефіцієнтів.

З метою узагальнення приведений алгоритм прогнозування довговічності деталей двигуна, основним змістом якого є визначення аналітичної моделі зміни параметра при різних умовах експлуатації та розрахунок залишкового ресурсу шляхом синтезу моделі та результатів діагностування (рис. 4.10).

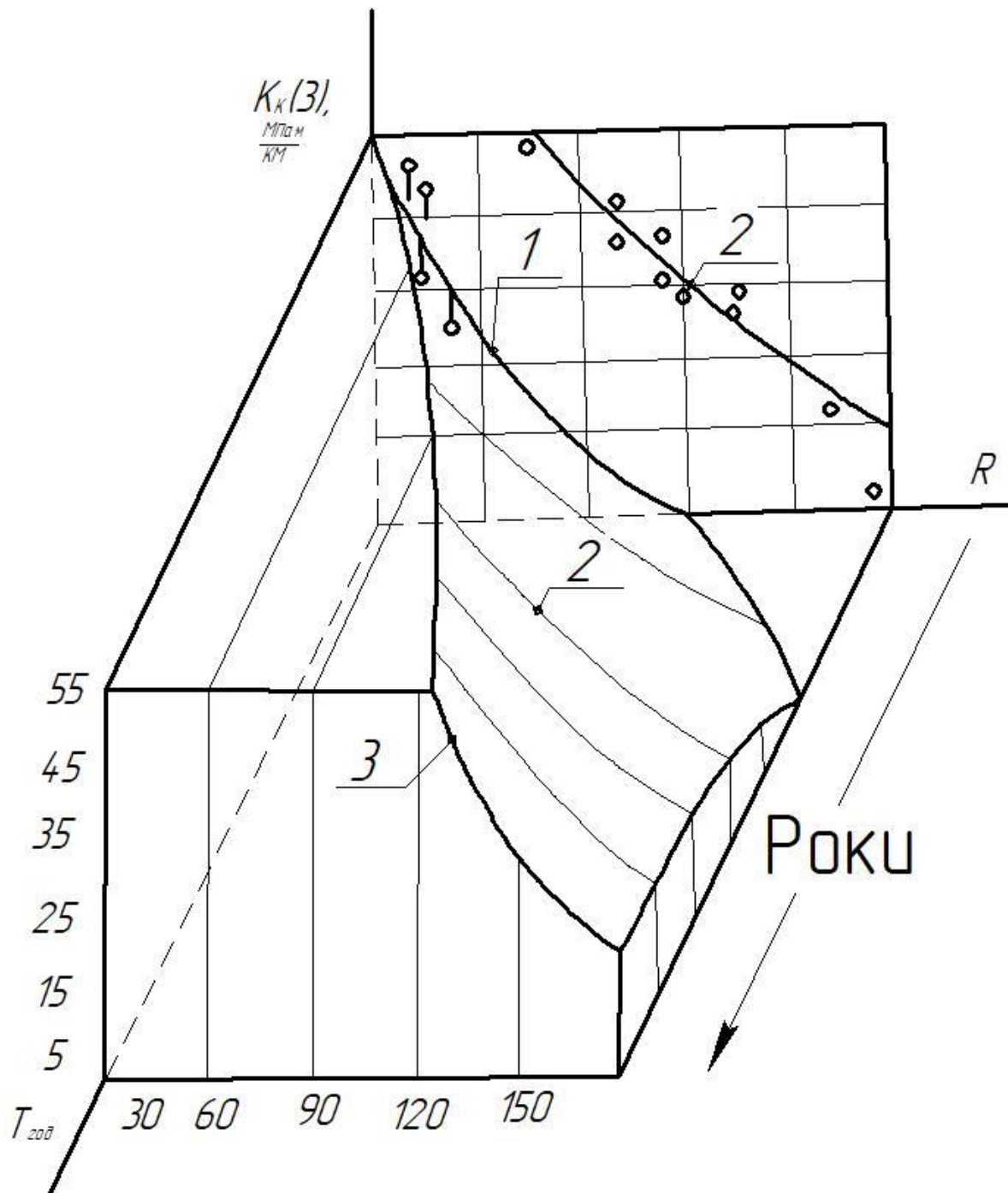


Рисунок 4.9 – Поверхня пошкоджуваності поршневих кілець:

1, 2, 3 – криві довговічності поршневих кілець.

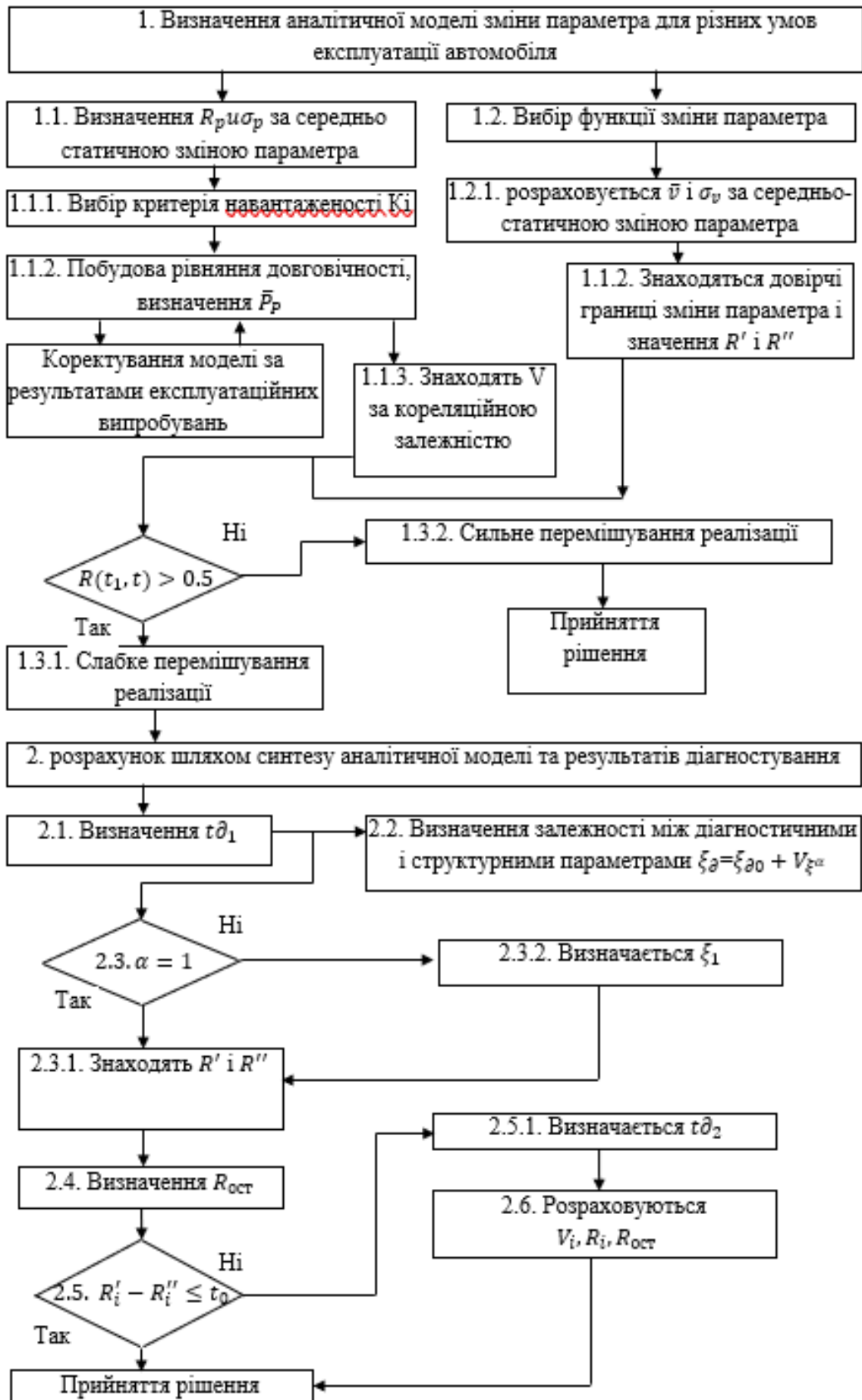


Рисунок 4.10 – Алгоритм прогнозування довговічності деталей двигунів

## **5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **5.1 Основні принципи державної політики в галузі охорони праці**

В Законі України «Про охорону праці» ст.4 задекларовані основні принципи державної політики в галузі охорони праці:

- повна відповідальності власника за створення безпечних і нешкідливих умов праці;
- пріоритет життя і здоров'я працівників відповідно до результатів виробничої діяльності підприємства;
- обов'язковий соціальний захисту працівників, повне відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві і професійних захворювань;
- комплексне розв'язання завдань охорони праці на основі національних програм з цих питань та з урахуванням інших напрямів економічної і соціальної політики, досягнень в галузі науки і техніки та охорони навколишнього середовища;
- встановлення єдиних нормативів з охорони праці для всіх підприємств, незалежно від форм власності і видів їх діяльності;
- здійснення навчання населення, професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;
- міжнародного співробітництва в галузі охорони праці, використання світового досвіду організації роботи щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці;
- забезпечення координації діяльності державних органів, установ, організацій та громадських об'єднань, що вирішують різні проблеми охорони здоров'я, гігієни та безпеки праці, а також співробітництва і проведення консультацій між власниками та працівниками (їх представниками), між усіма



соціальними групами при прийнятті рішень з охорони праці на місцевому та державному рівнях;

- використання економічних методів управління охороною праці, проведення політики пільгового оподаткування, що сприяє створенню безпечних і нешкідливих умов праці, участі держави у фінансуванні заходів щодо охорони праці;
- співробітництво і проведення консультацій між роботодавцями та профспілками (представниками трудових колективів) при прийнятті рішень з охорони праці.

Для реалізації цих принципів було створено Національну раду з питань безпечної життєдіяльності при кабінеті Міністрів України. Розроблені та реалізуються національна, галузеві, регіональні та виробничі програми промащення стану безпеки, гігієни праці виробничого середовища. В обласних, районних, міських органах виконавчої влади функціонують служби охорони праці.

## **5.2 Техніка безпеки при експлуатації автомобіля з ГБО**

Експлуатація комплекту ГБО, що працює під тиском 1,6 МПа (16 кг см<sup>2</sup>), повинна здійснюватися відповідно до вимог. Слід звертати особливу увагу на герметичність з'єднань трубопроводів, газових і бензинових клапанів, редуктора-випарника і надійне кріплення газового балона. Появу витоків при щоденному огляді можна виявити по запаху, створюваному одорантом, що додається в газ. Не допускається експлуатація автомобіля на газовому паливі з вичерпаним терміном випробування газового балона. Балони підлягають періодичному огляду в терміни, встановлені «Правилами будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском» (один раз на два роки). Огляд проводиться на спеціальних випробувальних пунктах, які мають дозвіл місцевих органів технагляду. Дата перевірки і клеймо наносяться на пластині, розташованій на бочині балона. Необхідно періодично очищати фільтруючі елементи, щоб

запобігти пошкодженням клапанних механізмів механічними домішками. Витратний вентиль на мультиклапані необхідно відкривати повністю, щоб уникнути дроселювання газу при проході через нього.

Не рекомендується закривати витратний вентиль без необхідності. Закривати його слід при тривалій стоянці, при в'їзді в закрите приміщення, а також у разі несправності газової системи. Після закриття витратного вентиля необхідно виробити газ із системи, і після зупинки двигуна переключити його живлення на бензин.

Перш ніж приступити до перевірки або ремонту електроустаткування автомобіля, необхідно перевести двигун на живлення бензином і перевірити підкапотний простір на наявність витоку газу.

Зварювальні, фарбувальні роботи (включаючи гарячу сушку), а також роботи з електродрилем, іншими інструментами і абразивними матеріалами, що дають іскріння, виконуються тільки з тими автомобілями, в яких дегазовані балони. У разі виникнення на автомобілі пожежі необхідно негайно вимкнути запалювання, закрити витратний вентиль на мультиклапані і приступити до гасіння пожежі.

Автомобіль повинен бути укомплектований порошковим вогнегасником ємністю не менше 2-х літрів, наприклад ВП-1, ВП-2.

Газ пропан-бутан, виходячи в атмосферу у вигляді рідини, випаровується, інтенсивно відбираючи тепло від навколишнього середовища. Попадання струменя скрапленого газу на тіло людини може викликати обмороження. Уникайте того, щоб бензиновий бак повністю спустошувався.

Як для версії на LPG, так для версії на CNG необхідно завжди підтримувати кількість бензину-1/4 або 1/2 бака і періодично поповнювати його.

Категорично забороняється:

- Робота двигуна на газі при несправному газовому обладнанні;
- Ставити автомобіль з несправним газовим обладнанням в закрите приміщення;

- Виконувати ремонт, підтяжку з'єднань газового тракту, заміну елементів і агрегатів газового обладнання при наявності газу під тиском у системі живлення.
- Виробляти випуск газу з балона і з системи в закритому приміщенні. Використовувати відкрите полум'я для перевірки герметичності з'єднань або прогріву двигуна в холодну пору року.

### **5.3 Експлуатація автомобіля з ГБО**

Для заправки газового балона необхідно зняти кришку виносного заправного пристрою, що охороняє від потрапляння бруду в газову магістраль і приєднати заправний пістолет. Плавню відкриваючи запірний клапан пістолета, перевірити герметичність з'єднання. При наявності витоку газу закрити запірний кран, від'єднати і знову приєднати заправний пістолет. Якщо при цьому не буде забезпечена герметичність з'єднання, необхідно від'єднати заправний пістолет і звернутися за допомогою до оператора газонаповнювальної станції.

При заправці газового балона до максимального рівня відбувається автоматичне припинення подачі газу в результаті спрацьовування відсікаючого клапана.

Після закінчення заправки необхідно закрити запірний кран заправного пістолета і обережно його від'єднати, оскільки в цей момент відбувається викид газу. Заправивши балон, не забудьте завернути пробку, що закриває заправний пристрій. Не рекомендується закривати наповнювальний вентиль без необхідності.

При виявленні несправностей зворотних клапанів виносного заправного пристрою і мультиклапана для їх усунення необхідно звернутися в спеціалізовану майстерню.

При заправці категорично забороняється:

- Палити та користуватися відкритим вогнем;
- Виконувати будь-який ремонт автомобіля або ГБО;

- Стукати металевими предметами по газовому обладнанні;
- Виконувати заправку шляхом переливання або перекачування газу з одного балона в інший.

Кількість газу в балоні контролюється за допомогою показчика рівня його заповнення, який розташований на мультиклапані і має градування. Показчик рівня заповнення балона ДБН виконаний у вигляді стрілки із закріпленим на ній постійним магнітом. Стрілка знаходиться на зовнішній стороні корпусу мультиклапана і закрита прозорою кришкою. Обертання стрілки задається через стінку корпусу мультиклапана іншим магнітом, закріпленим на осі веденої конічної шестірні, привід якої здійснюється повідцем поплавка. Часом, зсув магніту спотворює реальні свідчення кількості газу в балоні, тому неточність показчика стрілки не вважається несправністю і відповідно гарантійного ремонту не підлягає.

Пуск прогрітого двигуна (температура охолоджуючої: рідини дорівнює або більше + 60 град. С). Пуск прогрітого двигуна на газі не відрізняється від пуску двигуна на бензині. Необхідно перевести клавiшу перемикача в положення ГАЗ і, не чіпаючи педаль акселератора, включити стартер на 3 ... 5 сек. Якщо двигун не запустився з першої або другої спроби, витягнути рукоятку управління повітряною заслінкою карбюратора на 1/4 її ходу і знову включити стартер. Як тільки двигун почне працювати, прибрати рукоятку управління повітряною заслінкою до відмови, одночасно натискаючи на педаль акселератора настільки, щоб двигун почав стійко працювати.

Пуск холодного двигуна (температура охолоджуючої рідини нижче + 60 С°. Пуск холодного двигуна і його прогрів до +60 град. С°. виконується на бензині.

При досягненні температури охолоджуючої рідини + 60 С°. робота двигуна перекладається на газ. Зупинка двигуна при короткочасній стоянці автомобіля.

Зупинку двигуна слід проводити виключенням запалення.

Перед тривалою стоянкою (на кілька днів) необхідно виробити рідку фазу з трубопроводу між мультиклапаном і електромагнітним газовим клапаном. Для

цього слід закрити видатковий вентиль на мультиклапані і виробити газ із системи до зупинки двигуна.

Для перекладу живлення: двигуна з бензину на газ необхідно при працюючому двигуні перевести клавішу перемикачів клапанів в нейтральне положення і виробити бензин з поплавкової камери. При перших ознаках перебоїв в роботі двигуна перевести клавішу в положення ГАЗ. Для переходу живлення двигуна з газу на бензин необхідно при працюючому двигуні підвищити частоту обертання колінчастого валу і перевести клавішу з положення ГАЗ в положення БЕНЗИН.

#### **5.4 Зберігання автомобіля з ГБО**

Зберігання автомобіля, обладнаного ГБО, допускається як на відкритих майданчиках, так і в приміщеннях (гаражах). Приміщення з вибухопожежної та пожежної безпеки повинні відповідати категорії «В» вимог Загальносоюзних норм технічного проектування «Визначення категорій приміщень і будинків по вибухопожежної безпеки» ОТП 24-86.

При зберіганні автомобіля на відкритому майданчику зупиняти двигун слід виключенням запалення.

При зберіганні автомобіля в закритому приміщенні необхідно дотримуватися наступний порядок в'їзду і виїзду:

- Перед в'їздом в гараж перекрити заправний і видатковий вентилі на мультиклапані, виробити газ із системи до зупинки двигуна, запустити двигун на бензині і всі переміщення автомобіля всередині гаража здійснювати тільки на бензині:

- При виїзді з гаража запустити двигун на бензині, перевести двигун на газ після виїзду з приміщення:

- Всередині гаража забороняється відкривати вентилі балона і запускати двигун на газі.

## **5.5 Вимоги пожежної безпеки при технічному обслуговуванні і ремонті автомобілів**

### **Загальні вимоги до місць ремонту:**

- Виготовлення і капітальний ремонт автомобілів і техніки мають здійснюватись на спеціалізованих підприємствах.
- Технічне обслуговування (ТО) і ремонт автомобілів повинно проводитися у спеціально пристосованих майстернях або пристосованих для цієї мети приміщеннях з негорючих матеріалів.
- Електрозварювальні та фарбувальні роботи дозволяється проводити тільки у спеціально обладнаних приміщеннях з негорючих матеріалів, забезпечених вогнегасниками і пожежним інвентарем.
- Зварювальні пости слід розташовувати в кабінах з негорючих матеріалів площею щонайменше 3 м x 2 м кожна.
- Цехи або відділення, де проводиться гаряче обкатування двигунів внутрішнього згоряння, слід розміщувати в окремих приміщеннях, збудованих з негорючих матеріалів.
- Опалювання виробничих приміщень заводів, майстерень і гаражів повинно бути пароповітряним або центральним водяним. Застосування пічного опалення не дозволяється.

## **5.6 Основні причини займання автомобілів під час експлуатації та ТО**

– Спалахування пального внаслідок потрапляння іскри від ударів сталевих деталей пошкодженого кузова автомобіля під час ДТП;

– Порушення герметичності комунікацій, несправності паливної системи, займання пального та електропроводки при контакті з поверхнями, які мають високі робочі температури (вихлопним колектором, глушником та опалювальною установкою);

– Спалахування пального від потрапляння іскри розряду статичної електрики;

- Займання конструкційних матеріалів і пального через несправності електрообладнання (короткого замикання, незадовільного стану контактів тощо);
- При проведенні зварювальних робіт, розігріві вузлів автомобіля в зимовий період, перевірці наявності пального в паливних баках за допомогою відкритого вогню, внаслідок куріння тощо.

## **5.7 Підготовка техніки до ремонту**

1. Техніку, яка надходить на ТО та поточний ремонт, слід очистити від бруду і залежно від виду ремонту чи обслуговування вузлів та за потребою зливати паливно-мастильні матеріали, а також знімати газові балони.

2. Для миття та знежирювання деталей і машин потрібно застосовувати негорючі сполуки, пасти, розчинники та емульсії, а також ультразвукові та інші пожежобезпечні установки.

3. В окремих випадках, коли негорючі суміші не забезпечують потрібної за технологією чистоти обробки, допускається застосування відповідних горючих або легкозаймистих рідин.

4. Мити та знежирювати легкозаймистими або горючими рідинами потрібно в окремих приміщеннях або на відокремлених виробничих ділянках і постах, обладнаних ефективними засобами пожежогасіння та шляхами евакуації, за умови суворого додержання потрібних заходів пожежної безпеки.

5. На постах відкритого шлангового (ручного) та закритого (механізованого) миття джерела освітлення, проводки та силові двигуни повинні бути в герметичному виконанні. Електричне управління агрегатами мийної установки має бути низьковольтним (12 В).

6. Пости відкритого шлангового (ручного) миття слід розміщувати в зоні, ізольованій від відкритих ліній електропередач і від обладнання під напругою.

7. Миття та знежирення деталей слід проводити при діючій припливній та витяжній вентиляції за умови систематичного очищення мийних ванн від бруду.

8. Підлога в приміщеннях та на ділянках, де миють і знежирюють деталі із застосуванням легкозаймистих і горючих рідин, має бути виконана з негорючих матеріалів, які не утворюють іскор при ударі, та мати жорстку рифлену поверхню.

9. Мийні ванни з гасом та іншими мийними засобами, передбаченими технологією, після закінчення миття потрібно закрити кришками. Ванни слід обладнати пристроями аварійного зливання до підземних резервуарів, розміщених поза будівлею.

10. Використані горючі та легкозаймисті мийні речовини забороняється зберігати на постах миття, їх слід тримати в спеціально призначених місцях у щільно закритій тарі.

11. Не допускається застосування мийних і знежирювальних рідин невідомого складу.

12. У місцях миття і знежирювання за допомогою легкозаймистих і горючих рідин є неприпустимим проведення робіт із застосуванням відкритого вогню та іскроутворення (електрозварювання, заточування тощо).

13. Забороняється застосовувати бензин для миття деталей, протирання автомобілів та обладнання.

14. Пролиті горючі та легкозаймисті рідини слід негайно видалити.

15. Роботи, пов'язані з миттям і знежирюванням деталей при використанні ЛЗР і ГР, можна виконувати на спеціальних майданчиках на відстані не менше ніж 10 м від виробничих приміщень.

16. Перед ремонтом автомобіля для перевезення легкозаймистих, горючих і вибухонебезпечних вантажів його цистерну слід повністю очистити від залишків вантажів та надійно заземлити.

17. Робітник, який очищує або ремонтує всередині цистерну (резервуар) з-під легкозаймистих або горючих рідин, повинен застосовувати інструмент, що не дає іскор при ударі.

18. Газобалонні автомобілі можуть в'їжджати на пости обслуговування і ремонту тільки після переведення їх на роботу на бензині (дизельному паливі).



19. Переводячи роботу двигуна на бензин, слід перекрити витратні вентиля й повністю відпрацювати газ із системи живлення (до повної зупинки двигуна), після чого перекрити магістральний вентиль і ввімкнути подавання бензину.

20. Перед подаванням газобалонних автомобілів до приміщення для обслуговування та ремонту слід перевірити на спеціальному посту газову систему живлення на герметичність. В'їжджати до приміщення з негерметичною газовою системою живлення забороняється.

## **5.8 Вимоги до ремонту автомобілів**

1. Забороняється проводити ремонт автомобілів з двигуном, який працює. При ремонті карбюраторних двигунів вимикається запалювання, дизельних — паливоподача.

2. При обслуговуванні та ремонті автомобілів, зв'язаних із зняттям паливних баків, а також ремонтом паливопроводів, через які може витікати пальне з баків, баки слід повністю звільнити від пального.

3. Зливати пальне слід у місцях, де неможливо його займання. Зберігати злите пальне на постах обслуговування та ремонту забороняється.

4. Зливати відпрацьовані оливи потрібно до металевих бочок або ємностей на окремих майданчиках.

5. Забороняється виконувати виробничі операції на обладнанні з несправностями, які можуть призвести до пожеж, а також при відключенні контрольно-вимірювальних приладів, за якими визначаються задані режими температур, тиску, концентрації горючих газів, пари та інші технічні параметри.

6. Для зберігання мастильних, лакофарбових, горючих і легкозаймистих матеріалів слід передбачати окремі, спеціально обладнані приміщення.

7. Використані обтиральні матеріали (промаслене клоччя, ганчір'я тощо) слід негайно прибирати до металевих ящиків із щільними кришками, а по закінченню робочого дня виносити з виробничих приміщень у спеціально відведені місця.

8. Регулювати системи живлення, запалювання, прилади газової системи живлення газобалонних автомобілів, а також ремонтувати та перевіряти газову апаратуру на герметичність дозволяється тільки в добре провітрюваному приміщенні при ввімкненій вентиляції або на відкритому майданчику.

9. Перед перевіркою (регулюванням) приладів електрообладнання на газобалонному автомобілі слід щільно закрити всі вентиля, перевірити герметичність газової системи живлення та старанно провітрити підкапотний простір.

10. При проведенні на газобалонному автомобілі ремонту, зв'язаного з виконанням зварювальних або фарбувальних робіт (включаючи штучне сушіння), газ із балонів потрібно випустити або злити на посту зливання газу, а балони слід дегазувати інертним газом.

11. Забороняється підтягувати різьбові з'єднання та знімати з автомобіля деталі газової апаратури та газопроводи під тиском.

12. Перед ремонтом автомобілів потрібно робоче місце для вогневих робіт очистити від горючих матеріалів, а горючі конструкції на відстані менше 5 м надійно захистити металевими екранами від займання.

13. Паяльні лампи слід тримати справними і не рідше одного разу на місяць перевіряти на міцність і герметичність із занесенням результатів і дати перевірки до спеціального журналу. Крім того, не рідше одного разу на рік слід проводити контрольні гідравлічні випробування тиском.

14. Лампи забезпечуються пружинними запобіжними клапанами, відрегульованими на заданий тиск, а лампи місткістю 3 л і більше — манометрами.

15. Заправляти паяльні лампи пальним і розпалювати їх слід у спеціально відведених для цього місцях. При заправці не допускати розливання пального та застосування відкритого вогню.

16. При зварюванні, газовому різанні і паянні забороняється ставати до роботи при несправній апаратурі.

17. Заряджати акумуляторні батареї слід у приміщеннях, ізольованих від інших протипожежними стінками (перешкодами) з входом через тамбур-шлюзи. Виконувати інші роботи в цих приміщеннях забороняється.

18. Зарядні приміщення слід обладнати припливно-витяжною вентиляцією у вибухобезпечному виконанні.

19. Робота акумуляторного цеху при несправній припливно-витяжній вентиляції забороняється. У приміщенні заряджання акумуляторних батарей слід передбачити механізм припинення процесу заряджання при вимкненні вентиляції.

20. Для освітлення приміщення зарядки слід застосовувати лампи розжарювання у вибухозахисному виконанні.

21. Електромережу для освітлення слід виконувати в захисній кислототривкій чи луготривкій оболонці.

22. Електродвигуни, випрямлювачі, запобіжники, вимикачі, розетки слід встановлювати в приміщенні, ізольованому від приміщень зарядки акумуляторних батарей.

23. Акумуляторні батареї, встановлені для зарядки, з'єднують між собою тісно прилеглими пружинами або затискачами для кислотних батарей чи плоскими наконечниками для лужних батарей, які мають надійний електричний контакт для запобігання іскроутворенню.

24. Підключення та відключення акумуляторних батарей на зарядження слід проводити тільки при вимкненому зарядному пристрої.

25. Зарядження акумуляторних батарей слід проводити при відкритих пробках.

26. Для нагляду за акумуляторними батареями використовуються переносні лампи у вибухозахисному виконанні.

27. При ремонті шин роботи з приготування та нанесення гумового клею на склеюванні поверхні слід проводити в ізольованому приміщенні з негорючими огорожувальними конструкціями біля зовнішньої стіни.

28. У приміщенні, де шини промащуються гумовим клеєм, забороняється вести роботи з вогнем або такі, що дають іскри.

29. Робочі столи слід обшити гладкими листами з кольорового металу, заземлити й обладнати місцевою вентиляцією.

30. У виробничих приміщеннях допускається зберігання бензину та клею в кількостях не більше змінної потреби. Тримати їх слід в закритому посуді, відкриваючи його за потребою.

31. Забороняється зберігати бензин, клей та інші легкозаймисті та горючі матеріали поблизу вулканізаційних установок.

32. Електрообладнання установок шиноремонту та арматура електричних світильників повинні бути у вибухозахищеному виконанні та заземлені; приміщення слід обладнати припливно-витяжною вентиляцією.

**У приміщеннях для обслуговування та ремонту автотехніки забороняється:**

– встановлювати автомобілі в кількостях, які перевищують норму, порушувати спосіб розстановки, зменшувати відстань між ними та елементами будівлі;

– встановлювати автомобільну техніку з відкритими горловинами паливних баків, а також при наявності витікання пального з паливної системи;

– зберігати легкозаймисті та горючі рідини, відпрацьоване мастило, кислоти, фарби;

– заправляти автомобілі паливом;

– зберігати тару з-під легкозаймистих і горючих рідин;

– захаращувати проходи між полицями і виходи з приміщень матеріалами, обладнанням, тарою.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

При виконанні дипломного проекту зроблено покращення ТП діагностики газобалонного обладнання автомобілів ЗАЗ Lanos.

В загальному розділі описано характеристику приватного підприємства, характеристику ділянки і характеристику ТП.

В технологічному розділі описано обслуговування та ремонт (відновлення) системи живлення двигунів автомобілів з ГБО. Надані характеристики балонів для зрідженого газу і технологічний процес переобладнання автомобілів. Розраховано технічного обслуговування і ремонту системи живлення автомобілів з ГБО на періодичність.

В конструкторському розділі проведено аналіз пристроїв для проведення перевірки герметичності системи живлення автомобіля з ГБО та здійснено опис установки для проведення перевірки герметичності системи живлення, та пристрої для діагностики та ремонту газових редукторів, форсунок, клапанів.

В економічному розділі розраховано собівартість виконання робіт в відділенні, розрахунок економічних показників, визначення розміру нормативних обігових коштів і розрахунок показників економічної ефективності.

В розділі охорони праці подано характеристику умов охорони праці на ділянці та заходи щодо покращення умов праці. Проведено відповідні розрахунки.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. ГБО автомобилей LANOS / AVEO / SENS / NEXIA. Моноліт, 2010. 74с.
2. В. И. Ерохов. Газобаллонные автомобили. Конструкция, расчет, диагностика ,600 ст;
3. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Сборник ГОСТов.
4. Маслов Н.Н. Качество ремонта автомобилей. М.: Транспорт 1975. 516с.
5. Организация капитальных ремонтов автомобилей / ред. Н.Н. Маслов. Киев: Техника, 1977. 320с.
6. Шардичев В.А. Основы технологии автостроения и ремонта автомобилей. Л.: Машиностроение. 1976. 560с.
7. Верещак Ф.П. Абелевич Л.А. Проектирование авторемонтных предприятий. Справочник инженера механика. М.: Транспорт. 1975. 328с.
8. Колебанов Б.В. Проектирование производственных участков авторемонтного предприятия. М.: Транспорт. 1975. 296с.
9. Технично-экономические показатели авторемонтных заводов. М.: Минавтотранс. 1975.
- 10.Оборудование для ремонта автомобилей. Справочник / ред. М.М. Шахнеса. М.: Транспорт 1978. 341с.
- 11.Справочник технолога авторемонтного производства / ред. Г.А. Малкнива. М.: Транспорт 1977. 407с.
- 12.Проектирование машиностроительных заводов / ред.Е.С. Ямпольского. Т.1. М.: Машиностроение. 1974. 511с.
- 13.Апанасенко В.С. и др. Проектирование авторемонтных предприятий. Минск.: Вышедшая школа. 1978. 238с.
- 14.Ремонт автомобилей / ред. С.Н. Румянцева. М.: Транспорт 1981. 462с.
- 15.СНиП Ш-М. 2-84. Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования. М.: Стройиздат. 1985. 67с.
- 16.Правила устройства электроустановок. М.: Атомиздат. 1978. 96с.

17. Липкинд А.Г. и др. Ремонт автомобилей. М.: Транспорт 1978. 328с.
18. Клебанов Б.В. и др. Ремонт автомобилей. М.: Транспорт 1978. 328с.
19. Ткачук К.Н. и др. Безопасность труда в промышленности. Справочник. Киев: Техника. 1982. 231с.
20. БУДОВА ГБО 4 ПОКОЛІННЯ, [Електронний ресурс]. URL: <http://car2drive.net/articles/Sostav-GBO-43923.html>;
21. Покоління ГБО, [Електронний ресурс]. URL: [http://gbo.com.ua/ukr/pokoleniya\\_gbo.shtml](http://gbo.com.ua/ukr/pokoleniya_gbo.shtml).
22. Встановлюємо ГБО 4 покоління своїми руками, [Електронний ресурс]. URL: <http://www.avto-pulss.ru/sovet/742-ustanovka-gbo-4-pokoleniya.html>.
23. Сертифіковане ГБО, [Електронний ресурс]. URL: [http://www.lanos-ua.com/lanos\\_gbo.html](http://www.lanos-ua.com/lanos_gbo.html).
24. Встановлення гбо на daewoo lanos, [Електронний ресурс]. URL: <http://gbokiev.com.ua/ustanovka-gbo-na-daewoo-lanos/>.
25. ТО та ремонт газобалонного обладнання, [Електронний ресурс]. URL: [http://ua-referat.com/ТО\\_та\\_ремонт\\_газобалонного\\_обладнання](http://ua-referat.com/ТО_та_ремонт_газобалонного_обладнання).
26. ГБО: УСТАНОВКА, ОСОБЛИВОСТІ, НЮАНСИ, плюси і мінуси (ФОТО), [Електронний ресурс]. URL: <http://shini-diski.in.ua/1148-gbo-ustanovka-osobennosti-nyuansy-plyusy-i-minusy-foto.html>.
27. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО АВТОМОБІЛЬ ЗАЗ Lanos, [Електронний ресурс]. URL: [http://lanosclub.te.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=95&Itemid=66](http://lanosclub.te.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=95&Itemid=66).
28. Лукинский В.С., Котиков Ю.Г. , Зайцев Е.И. Долговечность деталей шасси автомобиля. Л. : Машиностроение, 1984,-231 с.
29. Гурвич И .Б., Панов Ю .М , Кузьмин А.А., Егорова А.П. О расчете износостойкости деталей криво шипно-шатунного механизма двигателей.- Автомобильная промышленность, 1972 , - с.9-10.
30. Авдонькин Ф.Н .Зависимость интенсивности изнашивания от давления на поверхность трения.ПИ, вып.56 ,1972, с.18-26.

31. Михлин В.М, Прогнозирование технического состояния машин.-М. : Колос , 1976. - 288 с.
32. Лукинский В.С. Определение надежности автомобильных двигателей. М.:НИИН автопром, 1982.- 44 с.
33. Григорьев М.А., Пономарев Н.И. Износ и долговечность автомобильных двигателей. М,: Машиностроение,1976,- 248 с.
34. Бажинов А.В. Прогнозирование остаточного ресурса автомобильного двигателя (на примере ЗИЛ-130), Канд.дисс,Харьков, ХАДЙ , 1983.- 182 с.
35. Васильев Б.В., Кофман Д.И., Эренбург С.Г. Диагностирование технического состояния судовых дизелей. М.:Транспорт, 1982.-144 с.