



ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА, ТРАНСПОРТУ ТА
ЕНЕРГЕТИКИ



КАФЕДРА «ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ МАШИН»

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

«Удосконалення технології діагностування дизельних
двигунів по параметрам картерних газів в
КАТП «Агробудавтосервіс»»

Виконав:

магістрант групи АТ-23М-1 Олексій ДОЛБЕСЬКИЙ
(шифр групи) (підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник:

канд. техн. наук, доцент Сергій МАРКОВИЧ
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ім'я та прізвище)

«ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри:

канд. техн. наук, доцент Сергій МАГОПЕЦЬ
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 2024 р.

Рецензент:

_____, _____
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 2024 р.

Кропивницький – 2024 р.

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА, ТРАНСПОРТУ ТА ЕНЕРГЕТИКИ
КАФЕДРА «ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ МАШИН»

Рівень вищої освіти: другий (магістерський) рівень вищої освіти

Галузь знань: 27 «Транспорт»

Спеціальність: 274 «Автомобільний транспорт»

Освітньо-професійна програма: «Автомобільний транспорт»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри «Експлуатація та
ремонт машин»

_____ Сергій МАГОПЕЦЬ

«__» _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ**

Долібському Олексію Олексійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи «Удосконалення технології діагностування дизельних двигунів по параметрам картерних газів в КАТП «Агробудавтосервіс»»

керівник роботи: Маркович Сергій Іванович, канд. техн. наук, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові)

(науковий ступінь)

(вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «__» ____ 2024 року

№ _____

2. Строк подання здобувачем роботи «__» _____ 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: дані переддипломної практики; технологічні карти дефектування та ремонту колінчастих валів в КАТП «Агробудавтосервіс»;

Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. – К.: Знання-

Прес, 2003. – 511 с.; Ремонт автомобілів: Навчальний посібник/ Упор. В.Я.

Чабанний. - Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2007. - 348 с.

Експлуатація та ремонт двигунів внутрішнього згорання. Навчальний

посібник для здобувачів вищої освіти вищих навчальних закладів. / Укл.

Маркович С.І., Бевз О.В. - Кропивницький: ЦНТУ, 2022. - 315 с.

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

розробити): Вступ, реферат

- 4.1 Розділ 1. Обґрунтування напрямку наукових досліджень
- 4.2 Розділ 2. Аналіз об'єкта досліджень
- 4.3 Розділ 3. Дослідження впливу зміни параметрів об'єкта
- 4.4 Розділ 4. Обґрунтування ефективності прийняття рішень
5. Перелік ілюстративного матеріалу:
1. Назва роботи, ціль роботи, предмет та об'єкт досліджень, задачі, наукова новизна, практичне значення дослідження та публікації.
2. Ілюстративні матеріали що до обґрунтування напрямку наукових досліджень.
3. Ілюстративні матеріали що до аналізу об'єкта досліджень.
4. Ілюстративні матеріали що до дослідження впливу зміни параметрів об'єкта
5. Ілюстративні матеріали що до обґрунтування ефективності прийняття рішень
6. Висновки

ГРАФІК ВИКОНАННЯ ЕТАПІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<u>Вступ, реферат</u>	30.10.2024 р.	
2	<u>Розділ 1. Обґрунтування напрямку наукових досліджень</u>	02.11.2024 р.	
3	<u>Розділ 2. Аналіз об'єкта досліджень</u>	05.11.2024 р.	
4	<u>Розділ 3. Дослідження впливу зміни параметрів об'єкта</u>	13.11.2024 р.	
5	<u>Розділ 4. Обґрунтування ефективності прийняття рішень</u>	28.11.2024 р.	
6	Формування ілюстративних матеріалів	01.12.2024 р.	

Магістрант _____
(підпис)

ДОЛІБСЬКИЙ О.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Сергій МАРКОВИЧ
(ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Метою даної магістерської роботи є удосконалення технології діагностування циліндропоршневої групи дизелів за параметрами картерних газів, що забезпечує підвищення точності та достовірності діагностування при зниженні витрат та трудомісткості робіт.

Об'єкт дослідження: циліндропоршнева групи дизельних автотракторних двигунів внутрішнього згоряння та витрата картерних газів як діагностичний параметр.

Предмет дослідження: залежності впливу експлуатаційних факторів та режимів роботи ДВЗ на значення параметрів картерних газів, як засобу діагностування.

В першому розділі проведено літературний аналіз та визначено задачі наукових досліджень.

В другому розділі визначена методика оптимальних режимів діагностування, вибрана устаткування для моделювання факторів, що впливають на параметри картерних газів та пристрій для оцінки стану двигуна.

В третьому розділі наведено результати експериментальних досліджень впливу факторів, що впливають на параметри картерних газів: вплив якості моторної оливи на витрату картерних газів, встановлено залежностей витрати картерних газів від прогріву ДВЗ, витрати від навантаження на двигун, витрати на різних швидкісних режимах роботи ДВЗ та зміни параметрів тиску газів у порожнині картера ДВЗ

В четвертому розділі . відображено ефективність проведених досліджень для ухвалення рішень за результатами діагностування по параметрам картерних газів.

Кваліфікаційна магістерська робота складається з вступу, 4 розділів, висновків; містить 69 сторінок тексту, 40 рисунків, 8 таблиць.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	3
ЗМІСТ	4
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1	9
ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	
1.1. Дизельний двигун - як об'єкт діагностування	9
1.2. Аналіз існуючих методів та засобів діагностики ЦПГ	11
1.2.1. Компресія, падіння тиску, розрядження у над поршневому просторі	11
1.2.2. Концентрація продуктів зносу в оливи, що експлуатується	11
1.2.3. Витрата оливи на чад	17
1.2.4. Вібро акустичні параметри	20
1.2.5. Температурні параметри	23
1.2.6. Час пуску та потужність ДВЗ	29
1.2.7. Прорив газів у картер ДВЗ	31
1.2.8. Система вентиляції картера	34
1.2.10. Висновки та задачі дослідження	40
РОЗДІЛ 2	
АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕНЬ	41
2.1. Методика визначення оптимальних режимів діагностування	41
2.2. Експериментальне устаткування та обладнання для моделювання факторів, що впливають на параметри КГ	42
2.3. Пристрій для оцінки технічного стану ЦПГ за параметрами КГ	44
2.4. Методики досліджень факторів, що впливають на параметри КГ	47

2.5. Дослідно-виробнича перевірка результатів дослідження	51
РОЗДІЛ 3	
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТА	53
3.1. Результати експериментальних досліджень впливу факторів, що впливають на параметри КГ	53
3.2. Вплив якості моторної оливи на витрату КГ	54
3.3. Вимірювання залежностей витрати КГ від прогріву ДВЗ	56
3.4. Вимірювання залежності витрат КГ від навантаження на двигун	59
3.5. Вимірювання витрати КГ на різних швидкісних режимах роботи ДВЗ	60
3.6. Зміни параметрів тиску газів у порожнині картера ДВЗ	62
РОЗДІЛ 4	
ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ	64
4.1. Ухвалення рішень за результатами діагностування по параметрам КГ	64
4.2. Оцінка часу, що витрачається на операції діагностування та вимірювання діагностичних параметрів	65
ВИСНОВКИ	67
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	68

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

КГ – картерні гази

КВ – колінчастий вал

КШ – корінні шийки колінчастого вала

ШШ – шатунні шийки колінчастого вала

ХПП – холодна правка пресом

АТЗ - автотранспортні засоби

АТТ - автотракторна техніка

ВМТ - верхня мертва точка

ДВЗ - двигун внутрішнього згоряння

ДП - дизельне паливо

ККД - коефіцієнт корисної дії

ОГ - відпрацьовані гази

ВС - навколишнє середовище

ПА - паливна апаратура

ТО - технічне обслуговування

ТО-2 - технічне обслуговування №2

ПР - поточний ремонт

ЦПГ – циліндро-поршнева група

ВСТУП

Зростання вимог до якості транспортних засобів робить необхідним освоєння прогресивних форм технічного обслуговування, діагностування, ремонту та зберігання автотранспортної техніки; розробку нових технічних вимог та технології ТО та ремонту машин; освоєння стратегії ТО та ремонту за поточним станом з визначенням залишкового ресурсу параметрів машин. Для підтримки техніки у працездатному стані, своєчасного виявлення несправностей та запобігання відмовам проводиться діагностування.

Існуюче нині технічне діагностування дизельних ДВЗ проводиться зазвичай із частковим розбиранням. Такий спосіб дуже трудомісткий, вимагає значних матеріальних витрат і не завжди забезпечує отримання якісних показників, необхідних проведення технічного обслуговування. Також потрібні діагностичні засоби, що дозволяють проводити вимірювання параметрів технічного стану під час роботи в експлуатаційних умовах. Контролюючи діагностичні параметри та оцінюючи характер їхньої зміни, можна відстежувати технічний стан дизеля. Використання сучасних досягнень в інформаційно-вимірювальній, обчислювальній та радіоелектронній техніці дозволяє створити пристрої, що володіють високою точністю та універсальністю. Вибравши діагностичний параметр, що відповідає умовам безрозбірного діагностування, можна створити пристрої для цих цілей. Широке впровадження таких пристроїв дозволяє підвищити якість, швидкість та об'єктивність контролю, одночасно досягаючи високого рівня автоматизації та умов праці під час виконання діагностичних робіт.

Виходячи з того, що ЦПГ є найбільш важливим вузлом, що надає істотний вплив на міжремонтне напрацювання ДВЗ [14], на даний час розроблено цілий комплекс діагностичних параметрів та засобів перевірки цього вузла. Більшість розроблених методів діагностування технічного стану,

що безпосередньо характеризують герметичність кільцевого ущільнення, засновані на визначенні наступних параметрів: витрата оливи на чад; прорив відпрацьованих газів у картер ДВЗ; витік стисненого повітря з камери згоряння при ДВЗ, що не працює; тиск у кінці такту стиснення; потужність, час запуску холодного ДВЗ і т.д.

Проведено аналіз існуючих методів та засобів діагностики ЦПГ зокрема: діагностування по компресії, падінню тиску, розрядженню у над поршневою просторі; по концентрації продуктів зносу в оливі, що експлуатується; по витраті оливи на чад, по віброакустичних та температурних параметрах роботи, за часом пуску та потужністю ДВЗ і як основний параметр прийнятий для проведення досліджень - прорив газів у картер ДВЗ

При спрацюванні ДВЗ прорив газів в картер збільшується, так як відбувається процес зношування циліндрів, поршневих канавок і компресійних кілець, зміна геометричної форми цих деталей і порушення правильного їх контакту в результаті нерівномірного зносу, зниження пружності кілець, збільшення їх рухливості через підвищені зазори з сполучними деталями призводять до порушення герметичності камери згоряння. Як наслідок при досягненні граничного зносу ЦПГ витрата газів, що прориваються в картер зростає в 3 - 5 разів в порівнянні з новим ДВЗ.

На підставі проведених досліджень запропоновано вдосконалену технологію діагностування ЦПГ ДВЗ за параметрами КГ, що дозволяє скоротити час діагностування до 2-х разів та підвищити точність вимірювань на 10...20%; розроблено пристрій, що дозволяє вимірювати витрату та тиск газів у порожнині картера. Відмінною особливістю технології є можливість проведення вимірювань за температури 40...60°C, що скорочує загальний час проведення діагностування на 30...50%. Як діагностичний параметр використовується не тільки витрата, а й тиск КГ. Розроблено рекомендації щодо обліку впливу на величину КГ турбокомпресора та системи вентиляції картера, що підвищує достовірність оцінки технічного стану на 10...20%.

РОЗДІЛ 1

ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Дизельний двигун - як об'єкт діагностування

Ефективна робота тракторів, автомобілів, комбайнів та складних сільськогосподарських машин значною мірою визначається технічним станом ДВЗ. Перед ДВЗ доводиться за окремими типами машин до 50% основних несправностей і відмов, а трудомісткість усунення може досягати 40% загального часу усунення відмов і несправностей машин [2,3,5,6]. Після ремонту, за даними авторів, кількість відмов збільшується на 20...30%. У самому ДВЗ найменш надійними є: системи запалювання та впорскування палива – до 45% відмов; ЦПГ – до 20%; охолодження та змащування - до 10%; газорозподільний механізм – до 15% [3,4]. Згідно з численними дослідженнями [1, 2, 12, 15], довговічність як нового, так і капітально відремонтованого ДВЗ залежить в основному від технічного стану двох сполучень - "шийка колінчастого валу - вкладиш" і "поршневе кільце - гільза циліндра". Відмови, пов'язані зі зносом цих сполучень, є найчастішими причинами капітального ремонту автотракторних дизелів.

ЦПГ (ЦПГ) на 80% визначає ресурс до першого ремонту ДВЗ внутрішнього згоряння [61]. Для підтримки його високому рівні необхідно вдосконалення методів і засобів технічного діагностування. Потреба у технічному діагностуванні ЦПГ підвищилася також у зв'язку з розширенням застосування «безрозбірного відновлення» пар тертя ДВС [5].

Робочий ресурс автотракторного ДВС залежить, насамперед, стану деталей ЦПГ.

Необхідно визначити настання моменту граничного стану деталей ЦПГ ДВЗ, починаючи з якого його експлуатація економічно не виправдана, і тому

має бути припинена. Для діагностування дизелів відповідно до ГОСТ 23435-79 [142] існує номенклатура діагностичних параметрів, за якими можна судити про роботу дизеля в цілому або роботу окремих його агрегатів та вузлів. При діагностуванні ДВЗ необхідно перевіряти прямі (структурні) або непрямі (функціонально залежні від структурних) параметри.

За планово-попереджувальною системою обслуговування двигуни підлягають ремонту після виконання ними певного обсягу робіт, виміряного в умовних гектарах оранки, мото-годинах або кілограмах витраченого палива, причому цей обсяг робіт встановлено однаковим для однотипних марок ДВЗ [8]. При встановленні зазначеного обсягу виходили з припущення, що є досить тісний зв'язок між зношуванням деталі та їх напрацюванням. Однак численні дослідження та спостереження за роботою ДВЗ у різних умовах рядової експлуатації свідчать про наявність великого розкиду вимірних значень зношування деталей, віднесених до однієї і тієї ж напрацювання [13]. Термін служби деяких деталей, наприклад, поршнів, гільз циліндрів і поршневих кілець можуть змінюватися в вельми широких межах залежно від багатьох факторів: вихідної мікрогеометрії; запиленості повітря та стану очищувача повітря; теплового, навантажувального та швидкісного режимів роботи ДВЗ; фізико-хімічних властивостей палива та оливи; стану інших систем ДВЗ (газорозподілу, паливоподачі, мастила) та ін. [2, 3, 12].

За даними дослідження [2] швидкості зношування гільз циліндрів ДВЗ у ряді випадків різняться між собою кратно. Зношування верхніх компресійних кілець, віднесені до однієї і тієї ж напрацювання, відрізняються один від одного в 15 разів. За даними інших дослідників [5] швидкості зношування гільз циліндрів різняться між собою в 12 разів, а швидкості зношування верхніх компресійних кілець - у 17 разів.

З цього випливає, що використання напрацювання з метою оцінки технічного стану ЦПГ призводить до невиправданого збільшення експлуатаційних витрат. Ці витрати пов'язані як із передчасними ремонтами

ДВЗ, що мають значний недовикористаний ресурс, так і з аварійними поломками під час експлуатації надмірно зношених ДВЗ. Значного скорочення зазначених витрат можна досягти лише в результаті розробки та впровадження точних методів діагностування технічного стану ЦПГ.

Визначення стану ЦПГ за структурними параметрами - вельми трудомістка операція, яка пов'язана з необґрунтованими витратами часу на розбирання та складання ДВЗ, а також з порушенням приробленості деталей сполучення та збільшенням інтенсивності їх зношування [6]. Вказану перевірку краще проводити за діагностичними параметрами, які дозволяють з необхідною достовірністю побічно визначати стан даного вузла без розбирання ДВЗ.

Виходячи з того, що ЦПГ є найбільш важливим вузлом, що надає істотний вплив на міжремонтне напрацювання ДВЗ [14], на даний час розроблено цілий комплекс діагностичних параметрів та засобів перевірки цього вузла. Більшість розроблених методів діагностування технічного стану, що безпосередньо характеризують герметичність кільцевого ущільнення, засновані на визначенні наступних параметрів: витрата оливи на чад; прорив відпрацьованих газів у картер ДВЗ; витік стисненого повітря з камери згоряння при ДВЗ, що не працює; тиск у кінці такту стиснення; потужність, час запуску холодного ДВЗ і т.д. [3].

Погіршення технічного стану деталей ЦПГ призводить до зменшення індикаторної потужності, зростання механічних втрат, зниження коефіцієнта надлишку повітря, зростання витоків газу в картер, прискорення насичення оливи продуктами розкладання та неповного згоряння палива [4]. При цьому зростає питома витрата оливи на чад, різко збільшується концентрація таких компонентів випускних газів, як окис вуглецю та водню, що характеризують неповноту згоряння палива. Варто зазначити, що за даними [7] КГ мають канцерогенність, у 20 разів більшу, ніж гази, що відпрацьовали.

Підвищена витрата КГ робить сам по собі шкідливий вплив як на двигун (прискорено розкладає, «старить» моторне масло, призводить до погіршення

процесу мащення ЦПГ так і на навколишнє середовище (викиди в атмосферу). Тому параметр витрати КГ може бути не лише оцінним показником технічного стану ЦПГ, а й екологічним та економічним критеріями експлуатації техніки. У зв'язку з цим варто контролювати витрати КГ, вживаючи заходів, спрямованих на попередження можливих відмов та підвищення надійності та безпеки експлуатації машини.

1.2. Аналіз існуючих методів та засобів діагностики ЦПГ

1.2.1. Компресія, падіння тиску, розрядження в над поршневому просторі

Технічний стан ЦПГ можна оцінити по компресії (тиску в кінці ходу стиснення), розрядження та тесту падіння тиску [7, 10].

Метод визначення компресії заснований на явищі зниження тиску в кінці такту стиснення зі збільшенням зношеності деталей кільцевого ущільнення через прорив частини газів з камери згоряння в картер ДВЗ. Метод особливо чутливий на пускових оборотах ДВЗ, тому вимірювання компресії проводять на пускових оборотах при прокручуванні колінчастого валу за допомогою пускового пристрою або під час роботи ДВЗ на мінімально-стійких оборотах холостого ходу. Значення компресії за цих оборотів у гранично зношеного ДВЗ зменшується проти новим двигуном на 25 - 35%.

Слід зазначити, що компресія є показником загальної нещільності робочої порожнини циліндра, яка залежить не тільки від зносу деталей ЦПГ, але також від наявності нещільностей в прокладці головки циліндрів і клапанах механізму газорозподілу (рисунок 1.1).

Крім цього компресія залежить від засміченості очищувача повітря і зміни фаз газорозподілу. Зміна компресії з цих причин може бути більшою, ніж викликане зносом деталей ЦПГ.

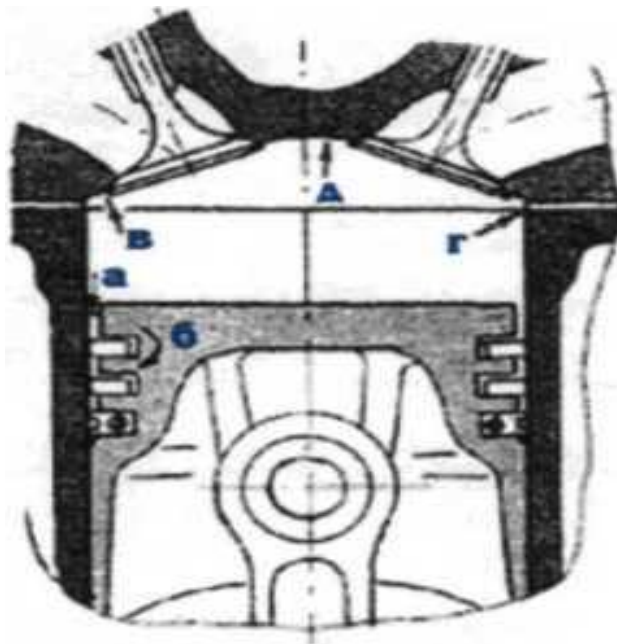


Рисунок 1.1 – Основні місця витоків повітря з камери згоряння: а - у зазор між кільцями та поверхнею циліндра або у зазор у замку кілець; б - у зазор по торцевих поверхнях кілець та канавок поршнів; в - у зазор між сідлом та клапаном; г - у зазор між пошкодженою прокладкою та площиною головки або блоку; д - у тріщину в стінці камери згоряння

Основні причини, що призводять до зміни компресії: неправильне регулювання клапанів; пошкодження гідрокомпенсаторів теплових зазорів; знос напрямних втулок, деформація стрижня клапана; прогорання клапана; наскрізна тріщина в головці блоку циліндрів; жолоблення посадкової поверхні головки блоку; прогорання прокладки головки блоку; знос стін циліндра та компресійних кілець; закоксовування або руйнування поршневих кілець; наскрізне прогорання або часткове руйнування поршня; нагар на стінках камери згоряння та днище поршня.

Виділення тієї частини компресії, яка характеризує зносний стан ЦПГ, досягається перевіркою компресії з вливанням в циліндри 20...30 грам оливи, тим самим, герметизуючи з'єднання поршень - циліндр. За різницею її значень до та після вливання оливи оцінюють технічний стан ЦПГ та ГРМ [13]. Цим методом достовірно можна виявляти лише наявність аварійних зносів в окремих циліндрах та нерівномірність компресії по циліндрах. Але оскільки

компресія залежить від багатьох параметрів: температура, обороти обертання колінчастого валу, наявність оливи на стінках циліндрів – оцінити стан ЦПГ можна лише приблизно.

Таблиця 1.1 - Несправності ДВЗ, когрі визначаються шляхом виміру компресії

Несправність	Ознаки несправності	Компресії, МПа	
		відкрита	закрита
Справний двигун	відсутні	1,0-1,2	0,6-0,8
Наявність тріщина в перемичці поршня	Синій дим вихлопу, підвищення тиску КГ	0,6-0,8	0,3-0,4
Прогар поршня	Те ж саме, циліндр не працює на малих оборотах	0,5-0,5	0-0,1
Залягання кілець у канавках	Те саме	0,2-0,4	0-0,2
Задири поршня і циліндра	Те саме, можлива нестійка робота на холостому ході	0,2-0,8	0,1-0,5
Деформація клапана	Циліндр не працює на малих обертах	0,3-0,7	0-0,2
Прогар клапана	Те саме	0,1-0,4	0
Зависання клапана	Те саме	0,4-0,8	0,2-0,4
Дефект профілю кулачка	Те саме	0,7-0,8	0,1-0,3
Підвищення кількості нагару в камері згоряння	Підвищена витрата оливи з синім димом вихлопу	1,2-1,5	0,9-1,2
Природне зношування деталей поршневої групи	Те саме	0,6-0,9	0,4-0,6

Метод визначення технічного стану ЦПГ щодо відносної нещільності, тобто по витoku стисненого повітря [9], що вводиться під певним тиском в циліндр, що перевіряється непрацюючого ДВЗ при закритих клапанах, відноситься до статичного вимірювання, звідси велика ймовірність неточності оцінки. Відносну нещільність циліндрів вимірюють за часом падіння тиску

повітря, що закачується в циліндри. Для справного ДВЗ різниця падінь тиску в циліндрах зазвичай становить менше 20%.

Визначення герметичності над поршневого простору вакуумним методом засноване на вимірі розрядження в момент коли поршень проходить від ВМТ до НМТ [4]. У момент руху поршня вниз на такті розширення над поршневому просторі створюється вакуумметричний тиск. Величина вакуумметричного тиску, зафіксована при стабільному положенні стрілки вакуумметра, характеризуватиме стан ущільнень у циліндрі, що перевіряється.

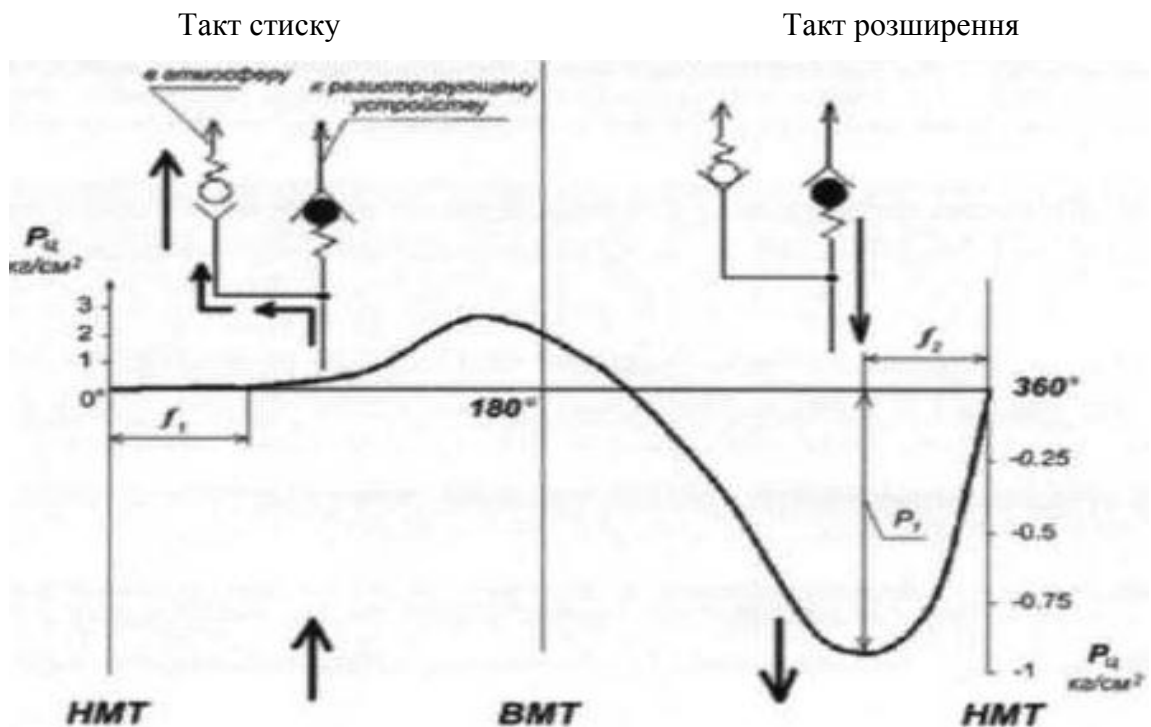


Рисунок 1.2 - Методика вимірювання повного вакууму

Діагностування цими методами здійснюється приладами КІ-28169-ГОСНИТИ, КІ-28165, АГЦ (рисунок 1.3, 1.4, 1.5).

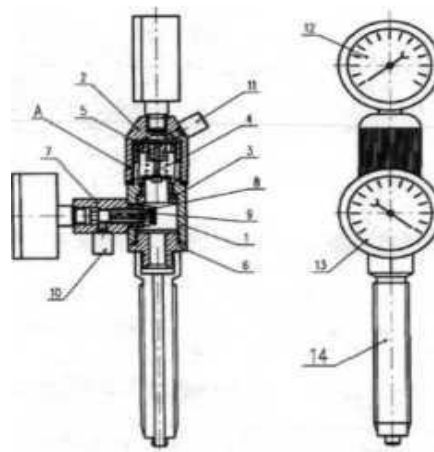


Рисунок 1.3 - Універсальний компресорно-вакуумний прилад КІ-28169-ГОСНИТИ: 1 – корпус клапанів; 2 – кришка-заглушка; 3 – сідло клапана тиску; 4 – клапан випускний; 5 - гвинт клапана регулювальний; 6 – фланець; 8 - корпус вакуумметра; 9 – сідло вакуумного клапана; 10 - вакуумний клапан; 11 - гвинт клапана вирівнювання тиску вакуумметра; 12 - гвинт клапана вирівнювання тиску манометра; 13 - манометр; 14 - вакуумметр; 15 - дистанційна трубка (перехідник)

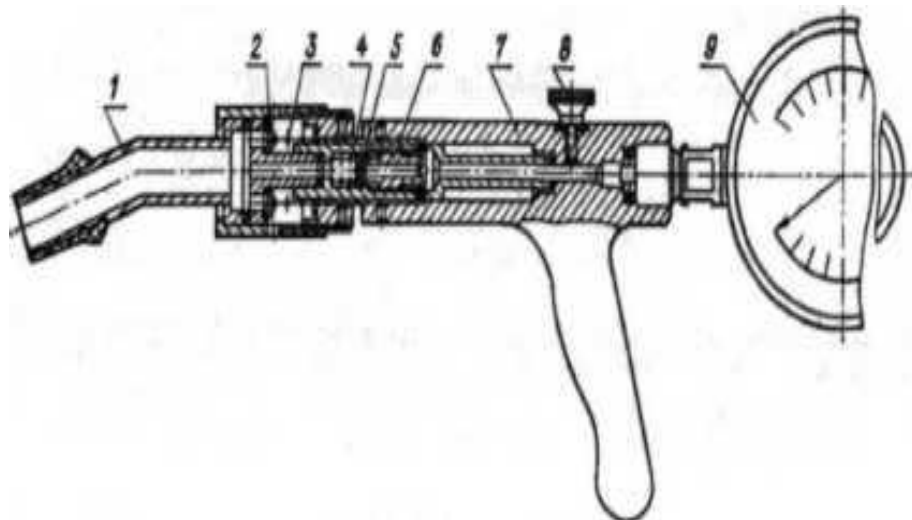


Рисунок 1.4 – Вакуумний аналізатор КІ-5315 ГОСНИТИ: 1 – вимірний штуцер; 2, 5 – клапани; 3,4 - пружини; 6 - гвинт для регулювання; 7 – корпус; 8 – вентиль; 9 – вакуумметр



Рисунок 1.5 - АГЦ (аналізатора герметичності циліндрів).

Тиск стиснення можна визначити опосередковано по струму, що споживається стартером, або падіння напруги на затискачах акумуляторної батареї при прокручуванні ДВЗ [1, 2, 4]. Цей метод заснований на залежності моменту, що крутить, створюваного стартером, від тиску стиснення в циліндрах ДВЗ. Для реєстрації кривих струму і напруги використовують прилади - самописці, наприклад, мотор-тестери і скануючі пристрої. За допомогою цих пристроїв визначають відносну нерівномірність стиснення. Найменший струм або падіння напруги відповідають зношеним циліндрам. Для співвідношення сигналів з циліндрами використовують датчик Холла, який визначає поворот колінчастого валу, або п'єзоелектричний датчик, який встановлюється на паливопровід високого тиску, і співвідносить такт стиснення циліндра з упорскуванням палива в нього.

За даними методами фактично вимірюють загальну нещільність над поршневого простору, що складається з нещільності прокладки головки циліндрів і клапанів газорозподілу, а також нещільності, обумовленої зносом деталей ЦПГ.

За опитуваннями великих підприємств, які обслуговують і ремонтують великий парк машин, щодо технічного стану ДВЗ фахівці вкрай рідко використовують методи визначення герметичності камери згоряння, у зв'язку з великою кількістю робіт при діагностуванні. У процесі визначення залишкового ресурсу ДВЗ, що експлуатується при оцінці необхідності проведення капітального ремонту та припрацювання відремонтованого ДВЗ,

враховується технічний стан ЦПГ в цілому, а не окремих його циліндрів.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що способи визначення технічного стану ЦПГ з компресії, падіння тиску, розрядження в над поршневого просторі широко поширені в рядовій експлуатації, проте безліч недоліків цих способів (див. вище) не дають достатньо точної оцінки стану ЦПГ, а висока трудомісткість діагностування цими методами не робить їх перспективними для розвитку під час експрес-діагностування.

1.2.2. Концентрація продуктів зносу в оливі, що експлуатується.

Технічний стан деталей ДВЗ можна оцінювати з аналізу продуктів зносу в оливі [1, 3, 5, 8]. Дослідженнями [8] встановлено, що при тривалій роботі оливи у ДВЗ, постійної інтенсивності очищення та постійному витраті концентрація продуктів зносу в оливі стабілізується та встановлюється на певному рівні, характерному для даних умов експлуатації та конструктивних особливостей ДВЗ. Значне підвищення концентрації того чи іншого елемента в оливі свідчить про інтенсивне зношування деталей, котрим цей елемент є характерним. Наприклад, по концентрації алюмінію можна судити про зношування поршнів, за наявності хрому - про зношування хромованих поршневих кілець і т.д. На малюнку 1.6 представлений спектрометр МФС-7, що дозволяє проводити аналіз оливи у лабораторних умовах.

Автоматизований спектрометр МФС-7 призначений для емісійного спектрального аналізу мастил на продукти зношування деталей ДВЗ у процесі їх експлуатації. Спектрометр застосовується для діагностування стану ДВЗ, тепловозів, екскаваторів, тракторів, автомобілів, верстатів. Процес аналізу автоматизований - з моменту встановлення проби до штатива до отримання результатів аналізу в одиницях концентрації на екрані дисплея. Для спостереження за процесом зношування ДВЗ раніше широко застосовували так званий спосіб заліза в оливі [8]. За цим способом концентрацію заліза в оливі визначають калориметричними або полярографічними методами з попереднім озоленням проб. Однак за вмістом заліза в оливі можна оцінити лише сумарне

зношування всіх сталевих і чавунних деталей і дуже важко простежити за процесом зношування окремих деталей, наприклад, ЦПГ.

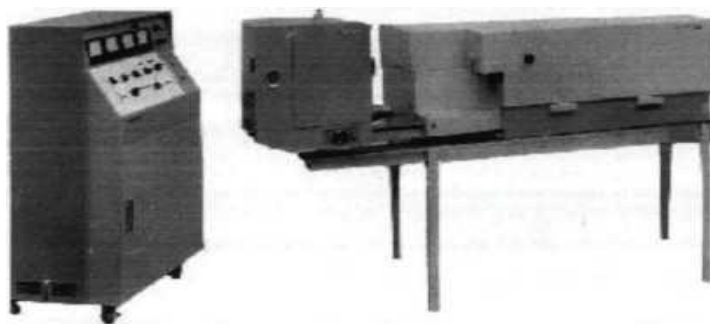


Рисунок 1.6 – Емісійний багатоканальний спектрометр МФС-7 для аналізу моторних олів ДВЗ

Для цілей діагностування може бути придатний спектральний аналіз оливи, за допомогою якого можна визначити вміст багатьох металевих та неметалічних елементів, що надходять у олію при зношуванні ЦПГ ДВЗ. Спектральний аналіз заснований на визначенні хімічного складу речовини за спектром, що випромінюється його атомами. Основними перевагами методу є висока чутливість, швидкість аналізу, можливість обмежуватися надзвичайно малими кількостями речовини щодо аналізу [9]. Однак методи оцінки технічного стану, засновані на вимірюванні вмісту продуктів зносу у оливі, досить ефективні лише при виявленні аварійних зносів, а також при визначенні технічного стану тієї групи деталей, для яких характерний різкий вигин кривої зносу при настанні граничних станів зношеності і які містять характерні елементи. До визначення технічного стану ЦПГ цими методами треба підходити з відомою обережністю, оскільки граничне зниження здатності ущільнювати з'єднання гільза - кільця - поршень може настати до появи різних змін інтенсивності зношування окремих деталей.

Дослідження [13] щодо накопичення окисислот в оливі, показують, що старіння оливи перебуває в такій же залежності від зношеності ДВЗ, як і витрата оливи.

Таблиця 1.2 - Залежність витрати оливи від рівня спрацювання ДВЗ та залежність вміст в оливі окискислот від зношеності ДВЗ

№ випробувань	Стан ДВЗ	Витрата оливи		Зміст окискислот в оливі, %
		г/год	% до витрати пального	
1	Мало зношений	45	0,6	0,22
2	Сильно зношений	330	4,0	1,46

Аналіз проб оливи, що відбиралися під час випробувань, показали, що органічна частина домішок в оливі становить при роботі мало зношеного ДВЗ 97...98% від їх кількості. При випробуваннях зношеного ДВЗ вміст домішок, що згоряли, становило 80...90%, а негорючих 10...20%. А збільшення неорганічних домішок у оливі, за тими ж дослідженнями [13], призводить до підвищеного зносу як деталей ЦПГ, а й ДВЗ загалом.

Методи, засновані на спектральному аналізі продуктів зносу в оливи, визначення технічного стану вітчизняної техніки не отримали широкого застосування, оскільки дуже дорогі і вимагають досвідчених фахівців цієї галузі.

1.2.3. Витрата оливи на чад

Практично всі автори, що описують способи діагностування автотракторних ДВЗ, приділяють увагу витраті оливи на чад [4, 7, 15].

Зношування деталей ЦПГ призводить, перш за все, до зниження ущільнюючої здатності кільцевого ущільнення, яке поступово перестає виконувати свою функцію щодо забезпечення герметичності над поршневого простору. При цьому граничний стан зношеності ЦПГ не обмежується можливістю аварій, він також призводить до погіршення техніко-економічних показників всього ДВЗ [8].

Основні причини підвищеної витрати оливи [4]:

1. Зовнішня підтікання оливи через сальники, прокладки, ущільнювачі.
2. Неякісне приєднання фланця патрубку відсмоктування КГ до корпусу повітряного фільтра (попадання оливи у повітряний фільтр) у ДВЗ з

рециркуляцією КГ.

3. Абразивний знос циліндрів, поршневих кілець, поршнів, направляючих втулок.

4. Зношування поршневих кілець (без зносу циліндрів), завищений тепловий зазор кілець, збіг замків кілець в лінію, неприлягання кілець до "дзеркала" циліндрів, великий зазор по висоті кілець в канавках поршнів.

5. Задири, риски, натири та інші дефекти на "дзеркалі" циліндрів.

Витрата оливи є одним з основних параметрів технічного стану ЦПГ. Цей параметр значно впливає на економічні показники роботи ДВЗ і, крім того, має досить тісний зв'язок зі зносом деталей ЦПГ. Однак чад оливи протягом тривалого часу роботи ДВЗ змінюється незначно і лише при досягненні граничних станів зношеності ЦПГ починає різко зростати. Такий характер протікання кривої витрати оливи на чад залежно від напрацювання ускладнює прогнозування щодо нього залишкового ресурсу (рис. 1.7 [7]). Слід також відзначити, що вимірювання витрати оливи, що проникає через кільцеве ущільнення в камеру згоряння, є дуже складним технічним завданням, по суті ще далеко не вирішене, особливо що до працюючого ДВЗ.

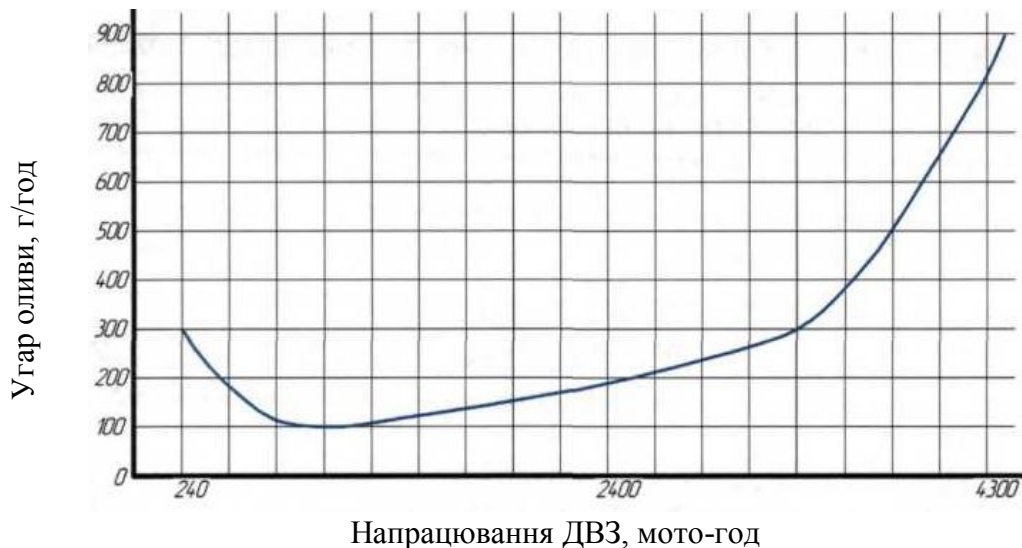


Рисунок 1.7 – Витрата дизельного оливи на чад

В умовах рядової експлуатації про чад мастила судять за загальною витратою його, взятою у відсотках до витрати пального за певний час роботи ДВЗ. У сучасних ДВЗ вважається нормальним витрата оливи близько 0,1-0,3%

від витрат палива. Для великих дизелів цей параметр значно більший - від 0,8 до 3,0%. Найчастіше для одного і того ж типу мотора, але має різне призначення, паспортна витрата оливи на чад може істотно відрізнитися. Так, для дизеля звичайного транспортного використання він може становити 1,8%, тоді як для використання під постійними навантаженнями - 2,5% [133].

Для визначення чаду ведуть облік оливи, що доливається в картер, і палива, що витрачається двигуном, за кілька змін. Однак таке визначення чаду оливи все ж таки є орієнтовним, так як при цьому не враховуються можливі витікання через нещільності, а також коливання витрати оливи, пов'язані зі змінами швидкісного, навантажувального та теплового режимів роботи ДВЗ під час контрольних змін. Чад оливи дає лише загальне уявлення про зношеність всієї ЦПГ ДВЗ. Розроблено методи вимірювання миттєвого значення витрати оливи на чад за допомогою ртутних та натрієвих індикаторів (спектральний аналіз) [5]. Ці методи засновані на використанні здатності пар металів, що знаходяться в атмосферному стані, поглинати світлове випромінювання певної для даної речовини довжини хвилі. Чад оливи при цьому визначають за інтенсивністю поглинання відповідного випромінювання парами препарату - індикатора, попередньо внесеного в мастило. Як такі препарати - індикатори використовують дифеніл ртуть або натрій, які мають хорошу розчинність в оливі і здатність миттєво і повністю випаровуватися при високих температурах в камері згоряння.

Для вимірювання миттєвого значення чаду оливи в дослідженнях застосовують також радіоактивні ізотопи [6], які вводять в картерне оливу і потім реєструють їх вміст у пробах вихлопних газів за інтенсивністю випромінювання.

Розроблено метод [3] прискореної витрати оливи шляхом обробки проб повітря, що відбираються з циліндра при вимкненій подачі палива. Проби повітря, що містять продукти часткового розкладання та випаровування оливи, обробляють водою, в результаті чого отримують стійкі водомасляні емульсії.

Витрата оливи визначають за оптичною щільністю емульсії за допомогою фотоелектричного калориметра.

Описані методи вимірювання миттєвої витрати оливи на чад хоч і відображають технічний стан ЦПГ, відрізняються великою трудомісткістю, невисокою точністю, або вимагають складної та дорогої апаратури і застосовні тільки при експериментальних дослідженнях.

1.2.4. Діагностування по віброакустичним параметрам

Вважається, що досвідчені механіки вміють виявляти несправності багатьох вузлів на слух за тоном і силою стукотів і шумів ДВЗ, що працює. При діагностуванні слід дотримуватись певної послідовності дій по прослуховування, застосовуючи механічні та електронні стетоскопи (рис. 1.8). Однак вислуховування є дуже суб'єктивним методом, що багато в чому залежить від досвіду та кваліфікації оператора. Більш менш достовірно цим методом можна виявити лише наявність аварійних зносів, наприклад, поломок поршневих кілець.



Рисунок 1.8 - Електронний автостетоскоп KI-28154.

Разом з тим застосування електронних приладів більш глибокого і повного аналізу віброакустичних сигналів дозволяє отримати цілком достовірні відомості про технічний стан окремих вузлів ДВЗ і, зокрема, ЦПГ. Для цілей віброакустичної діагностики можуть бути використані пружні коливання від ударів сполучених деталей, що виникають під дією змінних навантажень за наявності зазорів у з'єднаннях (рисунок 1.9).

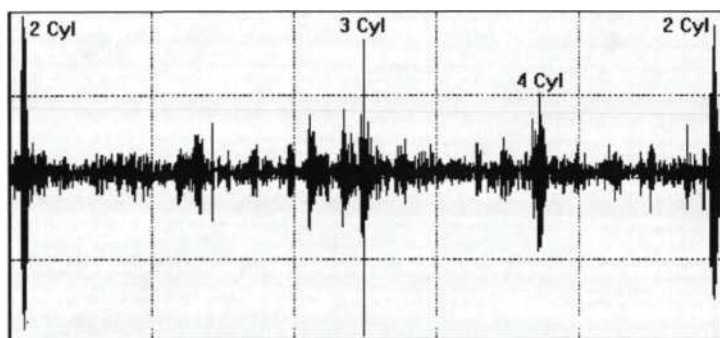


Рисунок 1.9 - Сигнал вібрації ДВЗ на осцилографі, виміряний у точці між 2 та 3 циліндрами.

Основна труднощі полягає у виділенні корисного сигналу, що характеризує технічний стан вузла, що цікавить нас, зі складного сигналу, що виходить в результаті накладання один на одного багатьох сигналів від різних вузлів систем працюючого ДВЗ [5]. Однак таке виділення можливе, оскільки сигнали, що йдуть від окремих вузлів, мають певні частотні, амплітудні та часові характеристики, властиві тільки даному вузлу та його вібропровідному каналу. При діагностуванні ЦПГ з віброакустичних параметрів велике значення має правильне встановлення датчика. Датчик необхідно встановлювати в такі зони блоку, які забезпечували б отримання максимальної інформації від вузла, що перевіряється при мінімальному впливі перешкод від інших з'єднань і механізмів ДВЗ [11].

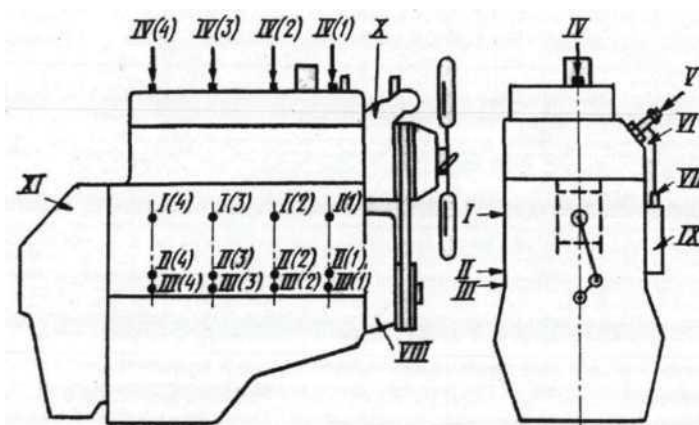
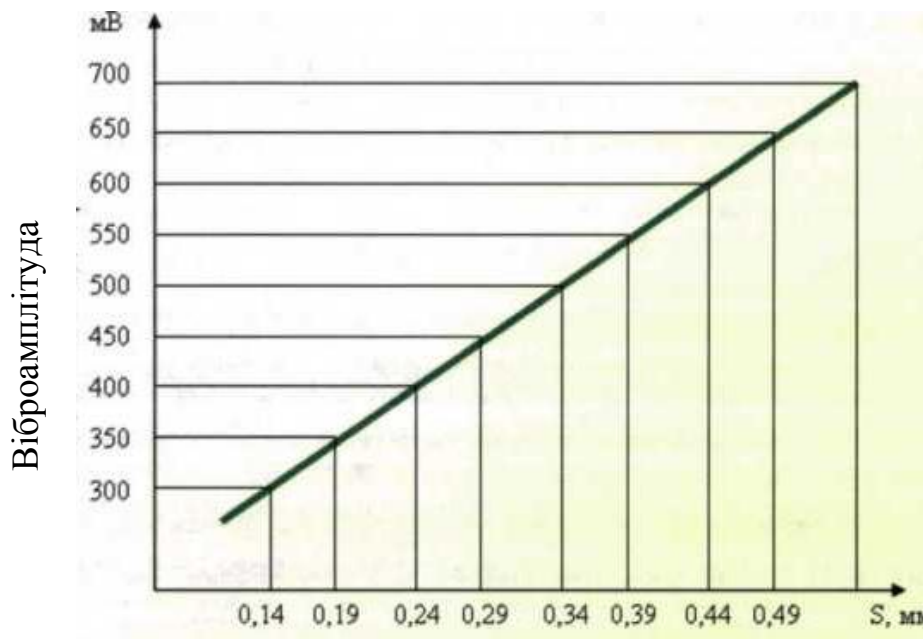


Рисунок 1.10 – Місця встановлення датчиків при віброакустичному діагностуванні ДВЗ: I - ЦПГ; I (1) – першого циліндра; I (2) – другого і т.д.; II – шатунних підшипників; III – корінних підшипників; IV – газорозподільного механізму; V, VI, VII, IX – паливної апаратури; VIII – розподільних шестерень;

Х – насоса системи охолодження; ХІ - муфти зчеплення [14]

Для виділення корисної складової складного сигналу, що сприймається датчиком, застосовують частотну фільтрацію (спектральний аналіз), тимчасову селекцію шляхом стробування, а також використовують статичні характеристики сигналу: функцію кореляційної, енергетичний спектр і закон розподілу амплітудних значень. Експериментально було визначено найбільш характерні для діагностування ЦПГ спектри вібрацій [10]. Так, у поєднанні гільза - поршень найбільш характерний спектр вібрацій, що генеруються зазорами в з'єднанні, виявляється в діапазоні частот 2...4 кГц, поршневих кілець - 10...16кГц.

Можливість визначення стану ЦПГ за віброакустичною параметрами впливає з аналізу роботи цього вузла. Насправді, на поршень в осьовому напрямку діє сумарна сила, що складається з сил тиску газів, інерції та тертя поршня про гільзу.



Зазор між поршнем і циліндром

Рисунок 1.11 - Залежність віброамплітуди ЦПГ від величини зазору поршня в циліндрі.

Під дією нормальної складової сили поршень переміщається від однієї стінки гільзи до іншої. На початку ходу розширення переміщення поршня

супроводжується ударом його об гільзу, у результаті виникає ударний імпульс, який може бути зареєстрований за допомогою датчиків зовні на стінці блоку. Основними параметрами, що несуть інформацію про зазор між поршнем і гільзою, є кут повороту колінчастого валу від ВМТ до моменту удару поршня про гільзу або час, що відповідає цьому куту повороту, амплітуда ударного імпульсу (рисунок 1.11), а також інтенсивність та енергія вібрації смузі частот [116].

Однак про технічний стан всієї ЦПГ не завжди можна судити за значенням одного зазору між поршнем і гільзою. Такі часто зустрічаються при експлуатації ДВЗ несправності, як закоксування, залягання і знос поршневих кілець не можна визначити за віброакустичними сигналами з достовірною для практичних цілей точністю [4]. Віброакустичні методи, очевидно, досить ефективні лише за використання їх у комплексі коїться з іншими методами діагностики стану ЦПГ. Тому складні прилади вібродіагностики найчастіше застосовуються для досліджень при розробці та проектуванні ДВЗ.

1.2.5. Діагностування по температурним параметрам

Найбільш комплексними для діагностики ЦПГ служать температурні параметри [5,9]: температура відпрацьованих газів $T_{вих}$, що вимірюється у вихлопній трубі, і температура газів за циліндрами T , що вимірюється в патрубках випускного колектора ДВЗ. Перший параметр є інтегруючим у всьому ДВЗ, а другий - диференційованим по окремих циліндрах. Неприпустимі значення T (можуть бути пов'язані зі збільшенням витоку свіжого заряду в картер через ЦПГ). При працездатній паливній системі вихід параметра за межі, що допускаються, свідчить про несправність або відмову або ЦПГ, або клапанного механізму конкретного циліндра.

Іншим температурним параметром є температура гільзи циліндра T_g , яка характеризує технічний стан з'єднання «поршень – кільце – гільза» [7, 9, 12].

Причинами підвищення температури гільзи циліндра T_g можуть бути прорив гарячих газів через поршневі кільця та гільзу внаслідок зношування,

зависання та поломки кілець. Внаслідок високих температур, наприклад, у верхній частині гільзи, відбувається вигоряння масляної плівки, що веде, у свою чергу, до задирки та прискореного зношування гільзи та кілець.

Для підвищення інформативності параметра T_g , на думку дослідників [7], переважними є вимірювання у верхній частині гільзи між першим і другим поршневими кільцями при проходженні поршня в ВМТ. Крім того, щоб отримати достовірні дані щодо стану ЦПГ, необхідно виключити або врахувати вплив навантаження, зовнішніх умов. [9] розглянуто метод оцінки стану деталей ЦПГ з відхилення температури T_g вище деякого заданого значення. Як діагностичний параметр використовується відношення - де r_s - загальна тривалість всіх перевищень температури над обраним дослідним шляхом допустимим рівнем за весь час спостереження - t_n . Граничне значення цього відношення, як і граничну температуру, прийняту за рівень порівняння, слід вибирати кожного ДВЗ окремо з урахуванням досвіду. У разі, коли контроль температури стінки гільз T_g скрутний через складність установки датчиків у верхній частині циліндра або неприпустимість свердління гільзи, за допомогою малоінерційних термопар здійснюють контроль температури оливи, що стікає по стінках гільз циліндрів.

Миттєва температура поршневих кілець. Одним із способів контролю поршневих кілець та гільз циліндрів є також вимірювання миттєвої температури поршневих кілець. Цей спосіб дозволяє виявляти лише один вид несправності - задирання гільзи [6, 9]. Вже на ранній стадії поява ділянок із сухим тертям супроводжується локальним збільшенням температури. Для виявлення таких ділянок розроблено поверхневу термопару [6]. Внаслідок дуже нетривалого контакту кільця з гарячим шаром термопари отримати справжнє значення температури кільця неможливо, але піковий сигнал, що виробляється термопарою, відображає основний стан кільця. Термопару встановлюють у наскрізний отвір гільзи врівень з її поверхнею (по 2...4 штуки на кожному циліндрі). Гарячий спай термопари утворюється в результаті наволювання

поршневыми кільцями одного металу на інший, завдяки чому в міру зношування гільзи відбувається поступове відновлення гарячого спаю.

Стан ЦД І оцінюють і за температурою поршня, особливо часто за температурою його днища [5]. згоряння.

Є велика кількість робіт з дослідження теплонапруженості поршнів, проте способи вимірювання температури в них не задовольняють вимоги діагностування ДВЗ в експлуатаційних умовах.

У роботі [3] дано короткий опис інфрачервоного пристрою для дослідження теплонадійності поршнів ДВЗ КамАЗ.

Описані методи вимірювання температури стінки гільз, миттєвої температури поршневих кілець та температури поверхні поршня в практиці діагностування автотракторних дизелів вкрай нетехнологічні, чому й не отримали широкого застосування поява широкого спектра новітніх тепловізорів, у зв'язку з їхньою дорожнечою, а також особливостями конструктивних виконань ДВЗ дає можливість їх застосування для діагностування ЦПГ ДВЗ.

1.2.6. Діагностування по часу пуску та потужності ДВЗ

Ряд авторів вказує, що оцінювати стан ЦПГ можливо за виміром номінальної потужності ДВЗ [9, 11, 13]. Однак, якщо за даними одних авторів, невелике зниження потужності у зношених дизельних ДВЗ (близько 4-7%) на номінальних швидкісних режимах обумовлено падінням тиску в кінці стиснення [11], то інші автори [13] експериментально доводять, що зі зносом ЦПГ до ремонтного значення номінальна потужність ДВЗ зростає на 1...3%, але значно (15...30%) падає ККД ДВЗ, через зростаючу кількість питомої витрати палива. Також зазначається, що за значенням потужності можна судити головним чином про наявність несправностей у системі паливоподачі та розрегульованості газорозподільного механізму. Зміна потужності, зумовлена витоком газів з робочої порожнини циліндра в картер, несуттєво порівняно з її зміною, пов'язаною з порушенням регулювань паливної апаратури, тому

використання цього показника для перевірки зношеності ЦПГ не може бути рекомендовано.

Приладом для вимірювання потужності ДВЗ є ІМД – ЦМ (вимірювач потужності ДВЗ цифровий, модернізований) (рисунок 1.12). На тому ж принципі засновані й численні мотор-тестери, що набули найширшого поширення в діагностиці. Найпоширенішим мотор-тестером вітчизняного виробництва М 3-2.



Рисунок 1.12 - ІМД-ЦМ.

З допомогою ІМД-ЦМ вимірюють ефективну потужність, та був додатковими методами визначають вплив кожного з чинників, які впливають потужність. Відношення виміряної потужності при послідовному відключенні одного циліндра до загальної потужності ДВЗ визначає знос відключеної ЦПГ. Даний метод визначення технічного стану ДВЗ отримав широке практичне застосування у зв'язку з простотою, хоча йому притаманна велика похибка та мала інформативність [2, 4, 9].

Одним з параметрів, що характеризують технічний стан ЦПГ, є тривалість пуску холодного ДВЗ, тобто час, що відрховується від початку прокручування до початку розгону ДВЗ (припинення пропуску спалахів по циліндрах). Причиною цього є збільшення витоків повітря з камери. згоряння, що призводить до зниження тиску та температури заряду повітря в кінці ходу стиснення, а, отже, до погіршення умов, необхідних для займання паливоповітряної суміші.

Однак використання тривалості пуску холодного ДВЗ в діагностичних

цілях утруднено, так як на зазначений параметр істотно впливають також стан пускового пристрою (наприклад, ступінь розрядки акумуляторів), температура і в'язкість оливи в момент пуску, які можуть змінювати потужність, необхідну для прокручування ДВЗ в дуже широких межах та ін.

1.2.7. Діагностування по прориву газів у картер ДВЗ

До основних параметрів технічного стану ЦПГ більшість дослідників [7, 8, 13, 114] відносять поряд з чадом оливи також прорив газів через кільцеве ущільнення в картер ДВЗ. У міру зношування ДВЗ прорив газів в картер збільшується, так як зношування циліндрів, поршневих канавок і компресійних кілець, зміна геометричної форми цих деталей і порушення правильного їх контакту в результаті нерівномірного зносу, зниження пружності кілець, збільшення їх рухливості через підвищені зазори з сполучними деталями призводять до порушення герметичності камери згоряння. При досягненні граничного зносу ЦПГ витрата газів, що прориваються в картер зростає в 3 - 5 разів в порівнянні з новим ДВЗ. Зміна прориву газів у картер залежно від часу експлуатації тракторних ДВЗ представлена малюнку 1.13 [2].

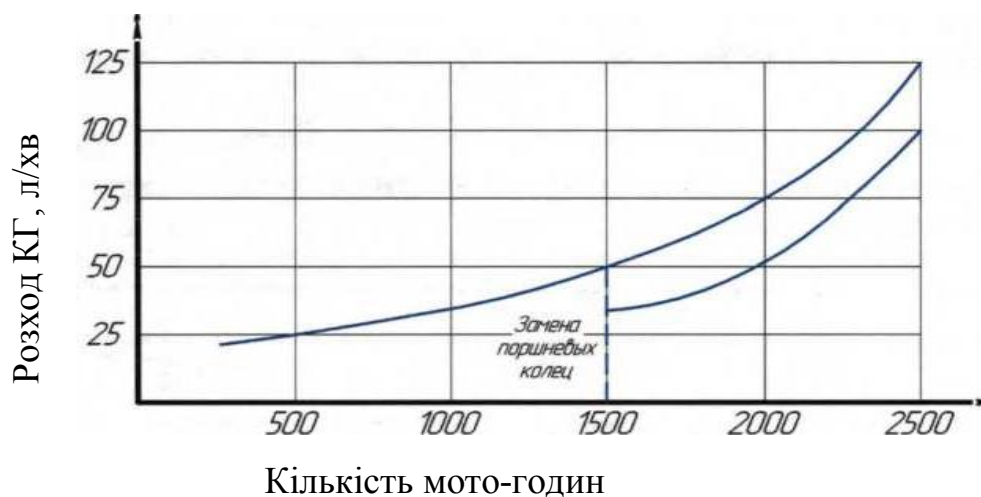


Рисунок 1.13 - Збільшення прориву КГ дизельних ДВЗ залежно від напрацювання.

В умовах експлуатації збільшення прориву КГ може бути викликане не тільки зношуванням деталей ЦПГ. Закоксованість деталей відкладеннями і особливо залягання кілець призводять до різкого погіршення їх ущільнюючого

впливу і збільшення витрати КГ. Тому по картерних газах правильно оцінювати не знос ЦПГ, а її загальний технічний стан.

Підвищений прорив КГ небезпечний не сам по собі, а внаслідок зміни непрямих показників, зміна яких призводить до погіршення роботи ДВЗ та прискорення процесу зношування пару деталей. Разом про те незрозумілий характер зміни непрямих показників для дизельних ДВЗ, оскільки у літературі містяться дані досліджень, отримані на карбюраторних ДВЗ.

Раніше було розроблено ряд непрямих методів визначення кількості газів, що прориваються через кільцеве ущільнення в картер, без безпосереднього вимірювання витрати [3]. Наприклад, за кордоном запропоновано метод визначення несправностей ЦПГ з ультразвукової енергії газів, що прориваються через кільцеве ущільнення в картер. Для цієї мети застосовують спеціальні аналізатори, в яких ультразвукові коливання, створювані газами, що прориваються в картер, сприймаються мікрофоном, потім перетворюються в електричний сигнал, посилюються і відображаються на екрані осцилографа. Однак описаний метод застосовується лише для виявлення порівняно грубих дефектів, таких як залягання і поломки поршневих кілець, задири циліндрів і т.п. Прорив газу в картер, зумовлений природними зношуваннями деталей ЦПГ, на зазначених осцилограмах не виявляється.

Безпосередній і найпоширеніший принцип визначення технічного стану ЦПГ по прориву газів у картер ДВС, полягає в сумарному вимірі сигналізатором прориваються в картер ОГ через щілину пристрою при фіксованому тиску ОГ в картері [11]. ГОСНИТИ були розроблені та поставлені на виробництво індикатори витрати КГ: КІ-4887, КІ-13671, КІ-17999 ГОСНИТИ. Зазначені пристрої (КІ-13671 та КІ-17999) для вимірювання прориву газів у картер ДВС за своїм принципом роботи однакові. Вимірювання прориву газів у картер ДВС відбувається за зміни площі перерізу заслінки. Зміну площі щілини роблять, спостерігаючи за положенням сигналізатора тиску. При цьому поршень-поплавець сигналізатора при вимірюванні прориву

ОГ в картер ДВЗ повинен зайняти зазначене положення, за яким судять про величину тиску газів у картері ДВЗ (рисунок 1.14).

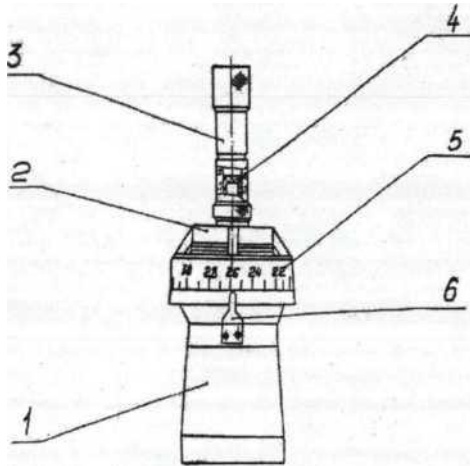
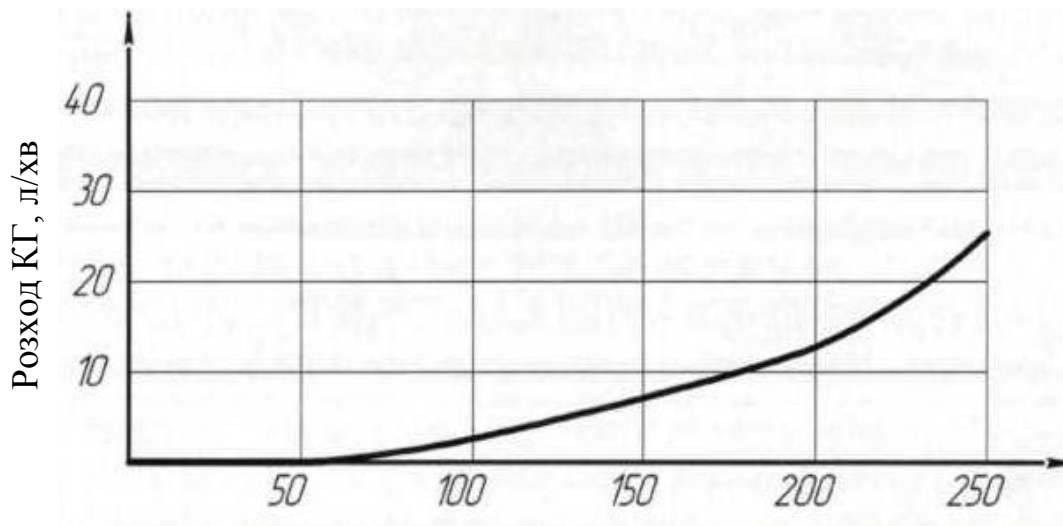


Рисунок 1.14 – Індикатор витрати КГ КІ-17999М: 1 – корпус; 2 – кришка; 3 – сигналізатор; 4 - поплавець; 5 – шкала; 6-показчик.

У момент прориву ОГ в картер ДВС доводиться змінювати перетин і встановлювати сигналізатор в задане положення по мітці. чого похибка виміру зростає.

На думку деяких авторів [3, 6, 12], ступінь зносу ЦПГ ДВЗ можна контролювати по тиску газів у картері. зростанням прориву газів опір їх виходу зростає, і тиск у своїй, природно, збільшується. Зміна тиску газів у картері є непрямым показником технічної справності ЦПГ, і може бути безпосередньою причиною необхідності ремонту ДВЗ — збільшення тиску призведе до видавлювання оливи з картера через прокладки та сальники. оборотів, ніж у дизельних ДВЗ.

На малюнку 1.15 представлений графік залежності тиску газів у картері дизельного ДВЗ від витрати, з якого випливає, що зміна тиску зростає зі збільшенням витрат КГ [6].



Тиск картерний газів, мм. вод. ст.

Рисунок 1.15 - Залежність тиску та витрати КГ.

Контролювання технічного стану ЦПГ щодо зміни тиску газів у порожнині картера становить інтерес з погляду простоти вимірювань. Тиск газів можна вимірювати безперервно за умов рядової експлуатації.

До недоліків способу оцінки тиску КГ можна віднести те, що часто причиною різкого підвищення тиску в картері є забруднення масляними відкладеннями набивання сапуна, через який здійснюється природна вентиляція картера, а не збільшений прорив газів в картер. Як показали досліди, абсолютні значення вимірюваних тисків у картері ДВЗ невеликі, тому похибки вимірів можуть виявитися значними.

Для діагностування ЦПГ за параметром тиску газів в маслозаливній горловині встановлюється датчик пульсації тиску, сигнал якого виведений на осцилограф (рисунок 1.16 [7]). Характер пульсації тиску газів у картері має синусоїдальну форму. Амплітуда тиску зі збільшенням нещільності у циліндрі зростає. Таким чином, оцінку технічного стану ЦПГ можна здійснювати за значенням амплітуди або площі імпульсу, що виробляється відповідним циліндром [12].

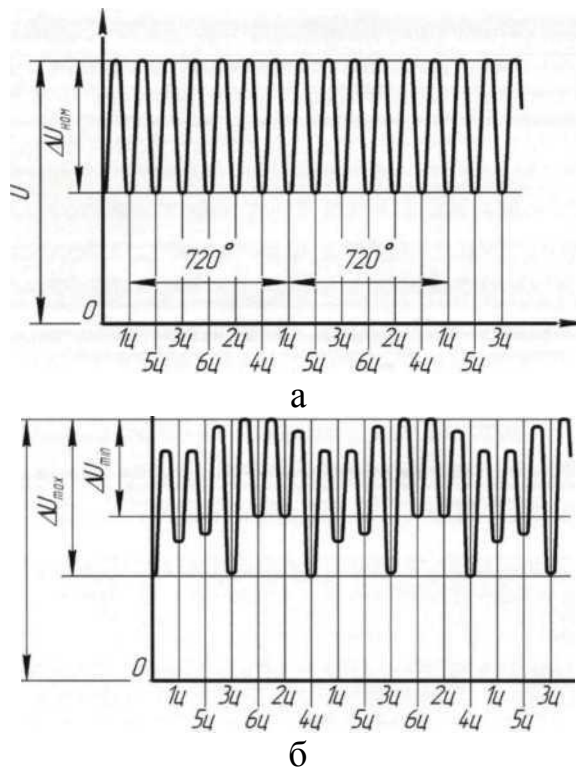


Рисунок 1.16 - Осцилограми пульсацій тиску газів у картері ДВЗ: а - осцилограма пульсацій тиску КГ справного ДВЗ на холостому ході; б - імпульси тиску циліндрів на осцилограмі тиску КГ різні, що свідчить про несправність

Діагностування ЦПГ з витрат КГ має ряд недоліків, основним з яких є висока похибка вимірювань, зумовлена своєю чергою рядом факторів: не враховується підпірний тиск, що створюється засобами виміру, температура прориваються газів, які змінюють об'єм в залежності від її зміни; передбачає високу похибку вимірів.

При вивченні літератури виявлено, що не досліджено закономірності зміни параметрів КГ від робочих параметрів дизельного ДВЗ (температура, рівномірність обертання колінчастого валу, навантаження).

Наявний у літературі матеріал не дає чіткого уявлення про допустимі та граничні величини витрати КГ як діагностичного показника, не вказується, за якими критеріями була проведена оцінка даного параметра. Однак, робота з визначення нормативних значень параметрів складне завдання, що вимагає спеціального дослідження, і тому в цій роботі неможливо її виконання.

З усіх розглянутих способів оцінки ЦПГ найбільш простим та зручним з точки зору застосування залишається витрата КГ. Даний спосіб не вимагає розбирання елементів ДВЗ, не трудомісткий - час, що витрачається на проведення діагностування, не перевищує 20 хвилин, досить технологічний - не вимагає спеціальних умов проведення діагностування. Одним із суттєвих недоліків даного способу є його похибка. У цій роботі ми досліджуємо чинники, що впливають високу похибку методу, і опишемо шляхи її зниження.

1.2.8. Система вентиляції картера

При діагностуванні дизельного ДВЗ з витрат або тиску КГ необхідно приділяти увагу системі вентиляції картера, так як несправності цієї системи також позначаються на параметрах газів. Тип системи впливає на методологію проведення діагностування, тому розібратися з типами систем вентиляції картера при діагностуванні параметрів КГ необхідно.

Вентиляція картерного простору ДВЗ внутрішнього згоряння - це процес видалення газів, що прориваються в картер над поршневого простору через кільцеве ущільнення.

Система вентиляції картера служить видалення з картера ДВЗ газів, які у нього під час роботи ДВЗ через зазори в сполученнях. Видалення КГ необхідне забезпечення нормального тиску в картері ДВЗ і зниження шкідливого впливу цих газів на властивості моторного оливи. В основному КГ є сумішшю продуктів згоряння палива, парів палива і парів води, що виходять в результаті згоряння палива. Водяні пари призводять до утворення емульсії і піни в оливі, що ускладнює доступ оливи до поверхонь, що труться, і таким чином знижує мастильні властивості оливи. Пари палива розріджують масло, що також погіршує його мастильні властивості. Внаслідок впливу інших компонентів КГ у оливі утворюються також кислоти, опади та інші домішки, що знижують стійкість конструктивних елементів ДВЗ до старіння [17].

Існує кваліфікація систем вентиляції картера: відкрита та закрита, природна та примусова [13].

Природна вентиляція картерного простору або аерація відбувається за рахунок деякого надлишкового тиску газів у картері, що виникає внаслідок постійного надходження газів з над поршневого простору. Примусова вентиляція здійснюється за рахунок створення тим чи іншим способом розряджання на виході газів з картерного простору.

Відкрита система вентиляції передбачає вільний вихід або примусове видалення газів в атмосферу.

Закрита система вентиляції запобігає попаданню КГ в атмосферу та забезпечує, як правило, їх видалення у впускний тракт з подальшим допалюванням у циліндрах ДВЗ.

Основні вимоги до систем вентиляції картера:

- забезпечення повного видалення КГ;
- підтримка незначного підвищеного тиску в картерному просторі, близького до атмосферного, оскільки великий тиск призводить до видавлювання оливи, а низький - до потрапляння (всмоктування) зовнішнього повітря, забрудненого пилом;
- підтримувати фізико-хімічні властивості картерної оливи.

Система закритої вентиляції картера ДВЗ

Оскільки при використанні відкритої системи відбувається забруднення навколишнього середовища шкідливими домішками, двигуни все частіше використовують закриту систему вентиляції картера. Система закритої вентиляції картера ДВЗ встановлюється на всіх моделях ДВЗ, які відповідають екологічному стандарту Євро-3. Система призначена для повернення паливоповітряної суміші, що пройшла в картер ДВЗ через зазори ЦПГ, у впускний колектор, звідки вони разом з повітрям, що надходить, проходять в камеру згоряння [19]. Таким чином система сприяє зниженню концентрації шкідливих домішок, що потрапляють в атмосферу.

Система повністю замкнута, КГ проходять у впускний колектор через клапан примусової вентиляції зі змінним прохідним перетином. Розмір потоку

КГ регулюється клапаном залежно від рівня вакууму у впускному колекторі. При достатньому ступені відкривання дросельної заслінки клапан примусової вентиляції відкривається настільки, що пропускає максимальний потік газів. При роботі ДВЗ в режимі холостого ходу клапан прикривається, обмежуючи потік КГ, що надходять у впускний колектор [14].

Система працює нормально за повної герметичності ДВЗ. Будь-який витік по кришці клапанного механізму, прокладання головки блоку циліндрів, пробці заливного отвору оливи картера ДВЗ, впускного повітряного каналу або шлангів системи призводить до збою в роботі системи.

Функціонування системи вентиляції картера забезпечується розрядженням у впускному колекторі. Через розрядження газу виводяться з картера. У масло відділювачі КГ очищаються від оливи, після чого патрубками направляються у впускний колектор, де змішуються з повітрям і спалюються в камерах згоряння [13]. У ДВЗ із турбонаддувом здійснюється дросельне регулювання вентиляції картера.

На різних режимах роботи ДВЗ співвідношення ступеня проникнення робочих газів в картер і здатності впускного тракту, що відводить, змінюється. Щоб зробити відсмоктування газів більш-менш відповідним їх реальній кількості, роблять деякі конструктивні хитрощі і різні канали для відсмоктування на малих і великих оборотах, регулювання ступеня відсмоктування та ін. що викликає розрядження в картері на підвищених оборотах). У міру зношування поршневої групи тиск поступово збільшується. Також впливає на це і забруднення масловідділювача.

Під час експлуатації ДВЗ відбувається падіння продуктивності системи вентиляції через закоксування та забруднення пакетів сіток масловідділювачів, тому при кожному ремонті рекомендується розібрати масловідділювачі для промивання сіток [13].

Система вентиляції КГ може не справлятися зі своїм завданням у трьох (як мінімум) випадках:

- масловідділювач та патрубки забиті відкладеннями;
- несправний перепускний клапан;
- кількість КГ дуже велика через зношеність деталей ДВЗ (ЦПГ).

У всіх випадках тією чи іншою мірою відбувається підвищення тиску в порожнині ДВЗ і збільшується винесення оливи з картера. Істотне підвищення тиску призводить, як зазначалося, до видавлювання оливи через ущільнення (сальники, прокладки).

Закупорка каналів або шлангів системи призводить до підвищення тиску КГ, що збільшує ступінь відкладення оливи на елементах газорозподільного механізму, витік оливи і навіть повну відмову в роботі ДВЗ.

Якщо є винос оливи у впускний тракт (підвищений), то неминуче має бути сизий дим з вихлопної труби. Інше питання – у яких кількостях і на яких режимах ДВЗ це відбувається. Щоб це побачити, потрібно спостерігати за вихлопними газами при різних режимах роботи ДВЗ - при слабкому натисканні на газ, при натисканні, примусовому холостому ході. А ще, якщо є винос (підвищений) оливи, присутність цієї оливи зазвичай помітна у впускному тракті. Щоб побачити це масло, достатньо відкрити кришку повітряного фільтра, і оглянути впускний колектор [14].

Робота ДВЗ з несправним клапаном (залипим) або із забитими шлангами неприпустима, оскільки призводить до підвищення тиску КГ у картері, витіку оливи та посилення відкладення оливи на елементах ДВЗ, можлива навіть зупинка ДВЗ.

Відкрита система вентиляції КГ

При відкритій системі вентиляції на двигун встановлюється ежекційна трубка, поєднана з порожниною картера. Працюючи ДВЗ гази, проходячи масловідділювач, під надлишковим підпором витікають з картера в атмосферу. Внаслідок різниці тисків в картер через маслозаливну горловину, забезпечену фільтром, надходить свіже повітря. Потрапляючи в атмосферу, КГ отруюють її, оскільки містять значну кількість токсичних речовин. Тому видалення КГ в

атмосферу небажане. Основна несправність системи відкритої вентиляції є закоксування масловідділювач, тому під час проведення ТО-3 бажана його прочистка.

При проведенні діагностування за параметрами КГ необхідно знати тип системи вентиляції картера, оскільки в залежності від неї вибираються місця та способи вимірювання, а також параметр - витрата або тиск газів. Необхідно пам'ятати, що при несправності системи вентиляції картера можна неправильно оцінити технічний стан ЦПГ.

1.9. Висновки з літературного огляду та задачі дослідження.

З проведеного аналізу сформульовані такі завдання дослідження:

1. Уточнити експлуатаційні фактори, що впливають на зміни показань параметрів КГ, з метою їхнього обліку при діагностуванні, що підвищить точність та достовірність оцінки технічного стану.

2. На підставі врахованих експлуатаційних факторів удосконалити технологію діагностування.

4. Провести дослідно-виробничу перевірку, дати техніко економічну оцінку вдосконалення технології та пристроїв для діагностування ЦПГ.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Методика визначення оптимальних режимів діагностування

Вибір оптимальних режимів діагностування аргументували отриманням необхідної відповідної інформації, що враховує певний метод обслуговування, закономірності зміни технологічного стану системи та витрати на виконання діагностичних робіт, профілактичне обслуговування та ремонт машини. Інформацію про зміну технічного стану можна оцінювати двома способами. У першому випадку вимірюються лише статичні значення параметра, які характеризують переважно стан вузла чи агрегату загалом, не конкретизуючи причину і область несправності. До другого типу належать динамічні виміри параметрів, які дозволяють виявити нерівномірності, області та причини несправностей. Другий спосіб все ж таки є доповненням до першого методу, і окремо застосовується рідко. У своїй роботі використовувались обидва методи діагностування.

2.2. Експериментальне устаткування та обладнання для моделювання факторів, що впливають на параметри КГ.

Для досліджень впливу параметрів роботи ДВЗ на діагностичні показники КГ застосовувався обкаточно-гальмівний стенд КІ-2118А із встановленим на нього двигуном Д-240 кафедра ЕРМ ЦНТУ (рис. 2.2). Стенд дозволяє встановлювати будь-який швидкісний режим у межах 700...2300 хв при роботі ДВЗ. Управління швидкісним режимом здійснюється механізмом зміни положення рейки паливного насоса.

Засоби контролю можна поділити на 3 частини. Перші - це вимірювальні пристрої, вбудовані в двигун заводом-виробником: датчики температури та тиску. До других відносяться вбудовані та накладні датчики: тахометр, датчики тиску та витрати КГ, ваговий термінал. До третіх - загальне

обладнання вимірювання параметрів довкілля: термометр, барометр, психрометр. Частина вимірювальних пристроїв винесена на пост керування (рисунок 2.3).

Таблиця 2.1 - Устаткування, що застосовується у дослідженнях

Вимірюваний параметр	Засіб вимірювання	Клас точності	Од. вимірювання	Діапазон вимірів
1. Крутний момент	ваговий	2,5	Нм	0...100
2. Частота обертання колінчастого валу	електричний тахометр	-	хв. ⁻¹	0...3500
3. Тиск оливи в головній оливній магістралі	манометр МСШ-100	2,5	МПа	0...10
4. Температура	термометр	2	°С	-40...+50
5. Відносна вологість	гігрометр	1	%	20...90
6. Температура охолоджуючої рідини на виході з дизеля	термометр ТМ	2	°С	0...120
7. Кількість газів, що прориваються в картер	KI-28292, KI-17999	-	л/хв	0...280
8 Тиск КГ	KI -28292	-	кПа	0...100



а



б

Рисунок 2.2 - Обкаточно-гальмівний стенд із двигуном Д-240 а) та пультом управління б)

Швидкість обертання колінчастого валу, температуру рідини, що охолоджує, і тиск оливи в магістралі ДВЗ вимірювали приладами обкаточно тормозного стенду: електричним тахометром ЦАТ-3М (межі вимірювання $0...3500 \text{ хв}^{-1}$); термометром ТМ (межі вимірювання $0...120^{\circ}\text{C}$) та манометром МСШ -100 (межі вимірювання $0...10 \text{ кг/см}^2$), рисунок 2.4.

Контроль теплового стану ДВЗ здійснювався встановленою термопарою у верхньому патрубку, що відводить, сорочки охолодження. Для охолодження ДВЗ використовувалася вода водопровідної мережі. З цією метою система охолодження ДВЗ була з'єднана зі спеціальним змішувачем (Рисунок 2.5). Температуру води у системі охолодження регулювали шляхом дроселювання потоку холодної води.

Під час випробувань температура довкілля перебувала у діапазоні $22...25^{\circ}\text{C}$, вологість повітря 85%, атмосферний тиск - 101,3 кПа. На ДВЗ Д-240 було проведено капітальний ремонт із заміною ЦПГ, проведено процес обкатки.



Рисунок 2.5 – Охолодження ДВЗ. 1- змішувач водоподачі; 2 - шланг підведення холодної води; 3 - датчик температури (термопара)

Перед проведенням досліджень впливу різних чинників параметри КГ проводилися підготовчі роботи. Двигун прогрівався до температури $75...85^{\circ}\text{C}$.

Герметизувалися масломірна та маслозаливна горловини гумовими конічними пробками. На сапун встановлювали датчик витрати для вимірювання кількості газу, що проривається з порожнини картера (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 - Встановлення датчика витрати на сапун ДВЗ.

2.3. Пристрій для оцінки технічного стану ЦПГ за параметрами КГ

Для контролю технологію контролю технічного стану ЦПГ за параметром КГ застосовувався аналізатор КГ КІ-28292 ГОСНИТИ. Даний пристрій (рис. 2.7) дозволяє вимірювати три параметри діагностування газових потоків: об'ємну витрату, тиск, температуру. Прилад має вбудовану акумуляторну батарею, що заряджається від міні-USB, 4 виходи на датчики, гніздо для картки пам'яті міні-CD. Для зміни параметрів, що переглядаються, використовується джойстик. Вимірювання значень параметрів може проводитись у різних точках, пов'язаних із порожниною картера ДВЗ. Для цього в набір входять перехідні пристрої.



Рисунок 2.7- Пристрій KI-28292-ГОСНИТИ.

Прилад забезпечує проведення діагностування систем ДВЗ, де є рухи газових потоків (система впуску та очищення повітря, система відведення відпрацьованих газів, система відведення КГ). Прилад призначений для діагностування автотракторних ДВЗ потужністю 450 кВт. Основні параметри, які вимірює та відображає прилад, представлені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Параметри вимірювання приладу

Найменування параметра	Діапазон виміру
Температура поверхні та середовища (газу)	-20...+150 °С
Надлишковий тиск газу	0...500 кПа
Абсолютний тиск газу	-100...+100 кПа
Об'ємна витрата газу	0...200 л/хв
Пульсація тиску газу	-
Пульсація зміни витрати газу	-

Вимірювання значень параметрів здійснюється на працюючому ДВЗ, вбудувавши накладні датчики у можливі та найбільш зручні місця приєднання. Так при діагностуванні ЦПГ датчики встановлюються або на маслозаливну горловину або на вивідний шланг системи рециркуляції КГ; при діагностуванні турбонаддува ДВЗ датчики встановлюються в порожнину нагнітання компресором повітря. Варто звернути увагу, що залежно від конструкції об'єкта контролю, основні діагностичні параметри різні. Так у ДВЗ із вільною системою відведення КГ діагностичним параметром при визначенні технічного стану ІДІ служить об'ємна витрата, а у ДВЗ із системою рециркуляції КГ - надлишковий тиск у порожнині картера.

Функціональною перевагою приладу є можливість перегляду інформації, що отримується з датчиків одночасно в різних режимах - цифровому і графічному.

Цифрове відображення інформації - показує поточне значення параметра, що діагностується, і порівнює його з номінальним значенням для цього параметра.

Графічне відображення інформації – показує динаміку зміни параметрів за часом у графічній формі (осцилограма).

Технічна характеристика приладу

Таблиця 2.3 - Основні технічні характеристики КІ-28292-ГОСНИТИ

№	Найменування параметра	Значення
	Тип	переносний
1	Число вимірюваних (контрольованих) параметрів	6
2	Кількість датчиків у комплекті, шт.	3
3	Кількість виходів під датчики, прим.	4
4	Час безперервної роботи від акумуляторів, год.	2-3
5	Напруга живлення приладу, В	3
6	Споживаний струм, мА, не більше - при напрузі,	250 3 ±0,25 В
7	Внутрішнє підсвічування дисплея	в наявності
8	Відображення інформації	цифрове, графічне
9	Вбудована пам'ять	в наявності
10	Межа допустимої основної похибки вимірювання	±1,5
11	Габаритні розміри, мм	150x70x25
12	Маса, кг, не більше	0,650

Діагностичний пристрій є електронно програмований блок з екраном відображення числових та графічних значень параметрів з підключеними датчиками з уніфікованим вихідним сигналом напруги. Має вбудовану акумуляторну батарею з тривалістю роботи не менше 2 годин. З можливістю збереження отриманих даних у пам'яті приладу та подальшого їх перегляду та

виведення даних на комп'ютер. Прилад легко утримується в руках (малі габарити та маса). Прилад має накладні датчики вимірювання контрольованих параметрів. Датчики роз'ємні. Також в комплект входять знімні перехідники для встановлення датчиків у різних точках та можливості під'єднання до кількох марок ДВЗ.

Частота дискретизації - параметр, що характеризує, скільки разів за одиницю часу прилад проводить вибірку (вимірювання та аналого-цифрове перетворення) сигналу, що дорівнює 10 в секунду.

Роздільна здатність та розмір екрану. Цей параметр прямо впливає на зручність сприйняття інформації при роботі з приладами не на базі ПК - діагональ екрану - не менше 8-12 см. (4-6") та роздільна здатність - не менше 250 на 320 пікселів.

Програмне забезпечення приладу дозволяє:

при знятті осцилограм є можливість запам'ятати проглядається осцилограму (послідовність кадрів, що відображаються) для подальшого аналізу, коли цікаве діагноста можливе зміна осцилограми носить або занадто короткостроковий, або неперіодичний (непередбачуваний характер), а також, коли потрібно глибоко проаналізувати;

- прилад має хорошу продуктивність при зніманні та обробці інформації, а також швидкість виведення інформації на екран;

- у приладі є функція використання вимірювальних міток (маркерів)
- діагност вибирає певну точку або точки осцилограми та отримує інформацію про значення амплітуди сигналу у вибраній точці. Маркери можна переміщати за графічним відображенням сигналу та оцінювати інформацію не тільки про амплітуди сигналу, а й про тривалість часового проміжку між ними.

Вимоги до метрології

Типи та характеристики вимірювальних параметрів зрозумілі користувачеві.

Основна похибка засобів вимірювання параметрів об'ємної витрати газу,

повітря та газових потоків (температури, тиску та ін.) не перевищує 5%.

Похибка вимірювання параметрів об'ємної витрати газового потоку розраховується відповідно до ГОСТ 17.2.4.06-90 Норма точності. засоби вимірювання об'ємної витрати вбирається у $\pm 2,5$ %.

Калібрування приладу з вимірювання характеристик об'ємної витрати газу та повітря здійснювалося засобами вимірювання, що пройшли державну метрологічну атестацію або державні випробування та внесені до Державного реєстру засобів вимірювань.

Увімкнення приладу здійснюється за допомогою джойстика (утримуванням його в положенні 2...3 с). Все керування роботою приладу здійснюється за допомогою кнопки-джойстика, розташованого на лицьовій панелі праворуч від екрану.

Після включення протягом кількох секунд проводиться самодіагностика - контроль справності основних вузлів, після чого прилад переходить у режим ручного вибору датчиків, приєднаних до відповідних роз'ємів (Тест 1, Тест 2). Кожен датчик приєднується до свого роз'єму, включення датчиків до іншого роз'єму не допускається. У разі неправильного вибору типу датчика можливі збої у показаннях приладу.

Використовуючи джойстик переміщення, вибирається перегляд параметра від відповідного типу датчиків, запропонованого зі списку (до списку включені комплектуючі датчики). Після узгодження типів датчиків на екрані відобразяться поточні параметри.

На екрані відображається графічна зміна параметрів у часі з цифровими значеннями максимальних, мінімальних та середніх значень. Джойстиком, переміщуючи маркерну мітку, можна вибрати відображення значення цікавої для нас точки графіка.

Таймер, що працює, показує час вимірювання від початку вимірювань, керуючи джойстиком, можна обнулювати значення таймера, що знімаються параметрів, а також включати режим запису параметрів в пам'ять приладу.

Для увімкнення та вимкнення функції запису джойстик переміщується праворуч. Під час записування на екрані вмикається таймер, який показує час запису. Дані зберігаються на знімну пам'ять CD - 1Гб. Для перегляду на комп'ютері записаних даних необхідне спеціальне програмне забезпечення, що підтримує формат файлу. Вимкнення приладу здійснюється за допомогою джойстика (утримуванням його в положенні 2-3 с).

2.4. Методики досліджень факторів, що впливають на параметри КГ

Лабораторні дослідження проводилися кілька етапів. На кожному етапі вимірювалася витрата КГ при зміні значень одного з факторів роботи ДВЗ з допущенням рівних інших умов. Отримані значення зносилися до таблиць.

Вплив якості оливи на витрату КГ. Для підтвердження теоретичних передумов впливу якості оливи на витрату КГ було поставлено досвід зміни моторного оливи. Спочатку проводилося вимірювання витрати КГ на старій оливи, що вимагає заміни, яка була залита для обкатки ДВЗ після ремонту. Потім старе масло зливалось і заливалося нове, М8Г, і вимір витрат КГ повторювалося. Для моделювання проміжного стану оливи проводили змішування олій. Олія зливалася з ДВЗ, у свіжу олію додавалася частина зістареного (за обсягом), змішувалася і заливалося назад у двигун до необхідного рівня. Приймаючи за припущення, що за 500 мото-годин моторне масло повністю старіє, при змішуванні олій у пропорції 1:5 (1 частина старого з 5 частинами нового) отримуємо 100 мото-годин напрацювання оливи. При змішуванні за аналогією в інших пропорціях отримували відповідно різні мото-години напрацювання. Хоча в такий спосіб оцінити точні зміни витрати КГ від якості оливи неможливо, проте можна визначити характер цієї зміни.

Вимірювання КГ у процесі прогріву ДВЗ Для встановлення залежності витрати КГ від температури проводилися його вимірювання у міру поступового прогріву ДВЗ. Частоту обертання ДВЗ встановили рівною – 2200 хв^{-1} . Зовнішнього навантаження на двигун не було. Прогрів ДВЗ оцінювався за температурою рідини, що охолоджує, температура і витрата КГ вимірювалися

на виході з сапуна. Вимірювання витрати та температури КГ проводили зі збільшенням температури охолоджуючої рідини на кожні 10 градусів Цельсія.

Вимірювання КГ у процесі навантаження ДВЗ Дослідження залежності витрати КГ від навантаження проводилося на прогрітому до 75°C ДВЗ. Витрата КГ вимірювалася в процесі навантаження ДВЗ за допомогою вагового терміналу. Дискретність навантаження, за якої знімалися показання витрати КГ, дорівнює 5 Н·м. Максимальний крутний момент, що навантажується на двигун, – 40 Н·м.

Вимірювання КГ від оборотів ДВЗ Витрата КГ вимірювали при поступовому збільшенні частоти обертання колінчастого валу від мінімально стійких до номінальних оборотів (800...2300⁻¹) з інтервалом 200⁻¹. Вимірювання проводилися без навантаження ДВЗ, показання знімалися на оборотах, що встановилися.

Вимірювання КГ від нерівномірної роботи ДВЗ Для визначення впливу нерівномірності роботи ДВЗ параметри витрати КГ провели вимірювання витрати КГ при розгоні ДВЗ. Розгін ДВЗ здійснювали плавним переміщенням паливної рейки, але різної інтенсивності, з виміром часу її переміщення при допомогі секундоміру. За формулою 2.1 розраховували кутове прискорення колінчастого валу:

$$\varepsilon = \frac{w_2 - w_1}{60 \cdot t}$$

де ε - кутове прискорення, рад/с²;

w_1 і w_2 - частоти обертання ДВЗ на початку та в кінці виміру, хв⁻¹;

t - час зміни частоти обертання ДВЗ, с.

Відразу обмовимося, що похибка даної методології значна, проте, для відображення характеру впливу нерівномірності частоти обертання колінчастого валу витрата КГ цілком прийнятна.

2.5. Дослідно-виробнича перевірка результатів дослідження

Дослідно-виробнича перевірка здійснювалася з метою перевірки істинності лабораторних досліджень стосовно різних марок дизельних ДВЗ

(Д-240, Д-21, ЯМЗ-238) та відпрацювання технології діагностування за параметрами КГ. Вимірювання параметрів КГ здійснювалося приладами КІ-17999М, КІ-28285, КІ-28292. Перевірка проводилася техніці в експлуатаційних умовах КАТП «Агробудавтосервіс» Вимірювання проводилися на техніці, що має різний доробок і знаходиться в різних технічних станах. Вимірювалися та перевірялися закономірності, виявлені при лабораторних дослідженнях, на різних марках ДВЗ та за різних умов навколишнього середовища. В результаті експериментальних досліджень було підтверджено дані, отримані на обкаточно-гальмівному стенді.

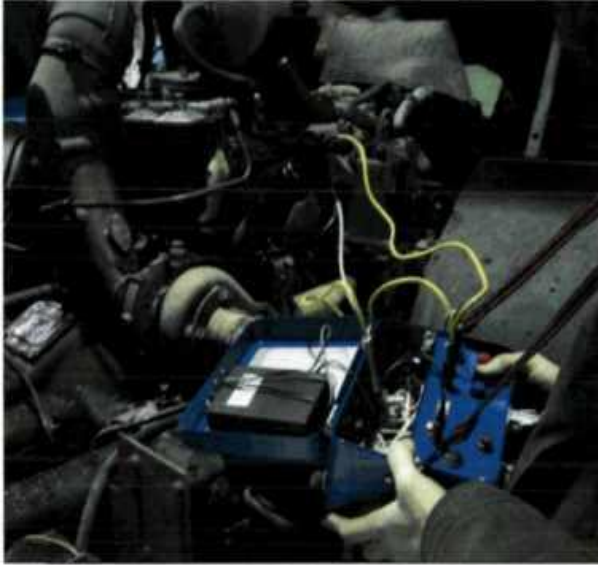
Об'єктами дослідження стали вантажні автомобілі, які були надані для досліджень. Дослідження проводились на вантажних автомобілях марок КАМАЗ та МАЗ, оснащених ДВЗ ЯМЗ. Загальна кількість техніки, що бере участь у дослідженнях, - 43 одиниці, з якої 12 одиниць були поставлені на капітальний ремонт і 31 одиниця експлуатувалася з різним напрацюванням, частини з яких було проведено КР (рисунок 2.13).

Для підвищення інформативності та достовірності способу та прискорення процесу діагностування параметрів технічного стану ЦПГ, які пов'язані з витратою та тиском КГ, були проведені вимірювання тиску в картері ДВЗ на різних швидкісних режимах роботи ДВЗ. Спосіб реалізований на вимірі витрати та тиску КГ на різних швидкісних режимах ДВЗ при незмінному навантаженні.

Попередньо прогрівається двигун до робочої температури. Для вимірювання тиску газів у картері Рзм використовують манометр з відповідною точністю вимірювань. Манометр через гнучкий гумовий шланг довжиною 1...1,5 м і внутрішнім діаметром 6...8 мм, який виконує роль демпфуючого пристрою, щільно встановлюється на маслозаливну горловину (рисунки 2.14, 2.15).

Для зручності з'єднання були використані перехідні пристрої з комплекту індикатора КГ КІ-17999М. За допомогою штатного тахометра або

стробоскопа контролювалася частота обертання колінчастого валу ДВЗ. Проводилися вимірювання тиску в картері на номінальних та максимальних оборотах ДВЗ. Порівнюючи отримані дані між собою та з нормативними значеннями, оцінювали технічний стан вузлів ДВЗ.



а



б

Рисунок 2.14 - Вимірювання тиску в порожнині картера ДВЗ з відкритою а) та закритою б) системою вентиляції картера.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТА

3.1. Експериментальних дослідження факторів впливу на параметри КГ

Дослідження проводилися згідно з методичними вказівками, наведеними в розділі 2. Експериментальні дослідження факторів, що впливають на параметри КГ, показали наступне:

На рисунках 3.1 та 3.2 представлені залежності витрати кратерних газів від напрацювання ДВЗ та мікрометражу зношування гільз циліндрів. З малюнків видно, що зі зростанням напрацювання та збільшенням зносу деталей ЦПГ за лінійною залежністю зростає витрата КГ. Це дозволяє визначати витрату КГ як діагностичний параметр, що безпосередньо характеризує технічний стан деталей ЦПГ, що відповідають за здатність ущільнювати.

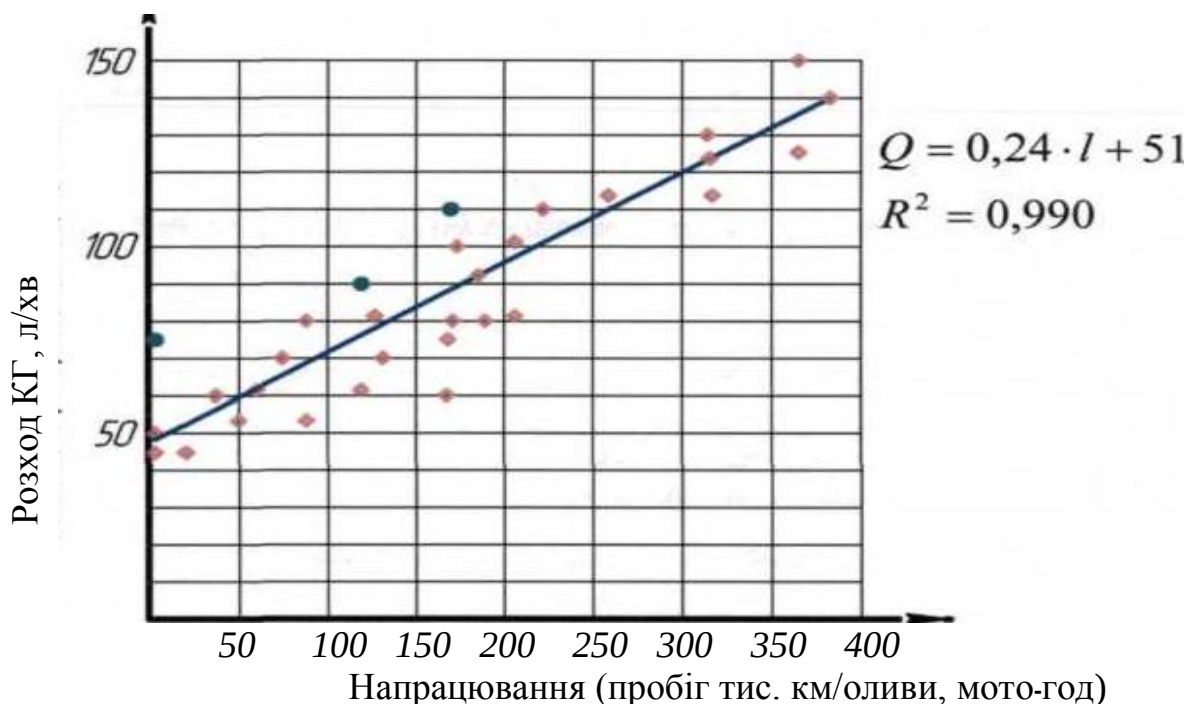


Рисунок 3.1 - Залежність витрати КГ від напрацювання (пробігу) ДВЗ ЯМЗ-238.

Залежність має постійний зростаючий характер, що дозволяє прогнозувати за цим параметром залишковий ресурс ДВЗ з застереженням обліку чинників умов і режимів роботи ДВЗ, які впливають даний параметр. Показник ступеня функції вимірювання параметра дорівнює 1,3, що відповідає характеру кривих зміни параметра.

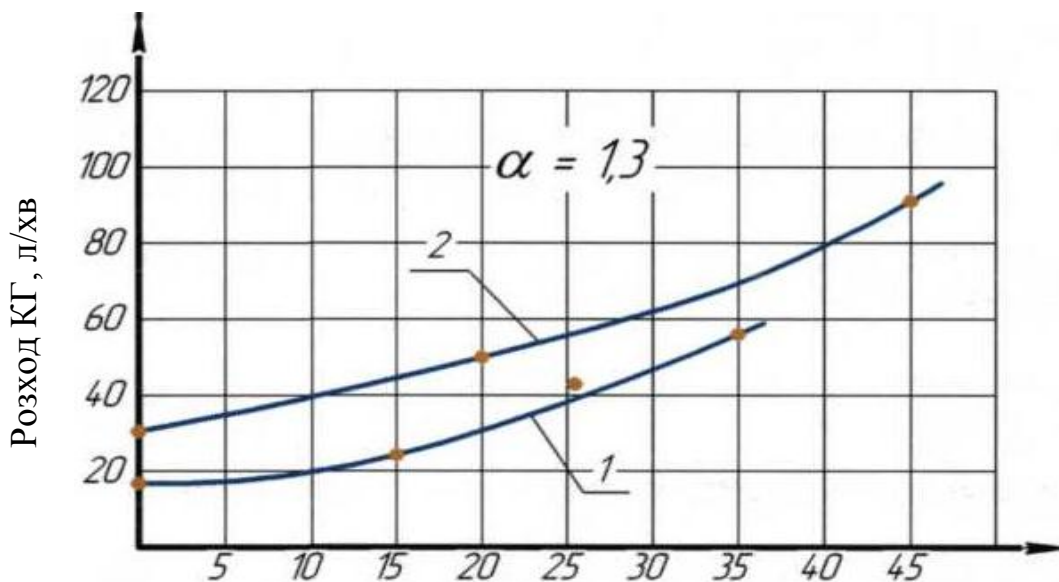


Рисунок 3.2 – Залежність витрати КГ від збільшення зносів верхньої частини гільз циліндрів ДВЗ: 1 - зміна витрати КГ ДВЗ Д-21; 2 – зміна витрати КГ ДВЗ Д-240

3.2. Вплив якості моторної оливи на витрату КГ

Витрата КГ зростає при "старінні оливи" в картері ДВЗ Д-240 (рисунок 3.3). У початковий період роботи оливи витрата КГ не зростає, але з середини терміну служби починає експоненційно зростати, і від початкових 40 л/хв зростає до 60 л/хв. збільшується на 50%, що є дуже значною зміною. Характер зміни витрати КГ від якості (в'язкості, маслянистості та ін.) Дещо відрізняється від даних, отриманих іншими дослідниками [99, 135]. Відмінності пояснюються тим, що моделювання процесу старіння в нашому випадку не зовсім відповідає нормальному процесу. З іншого боку, отримані значення свідчать, що долив свіжої оливи в картер при чаді не впливає

скільки-небудь істотно на якість оливи, т.к. його частка у загальному обсязі незначна.

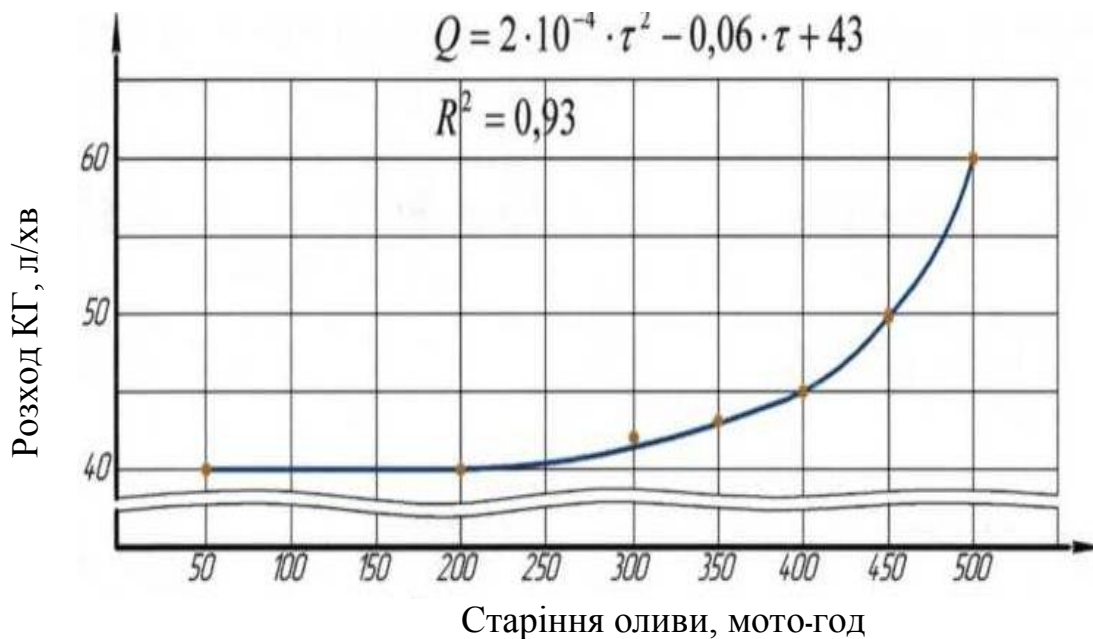


Рисунок 3.3 - Залежність впливу якості оливи на витрату КГ.

Дослідження впливу розкладання (старіння) оливи на ДВЗ ЯМЗ-238 підприємства показало значне зниження витрати КГ при зміні оливи (рисунок 3.4). Для цього під час проведення чергового ТО проводилися вимірювання КГ до та після заміни моторного оливи.

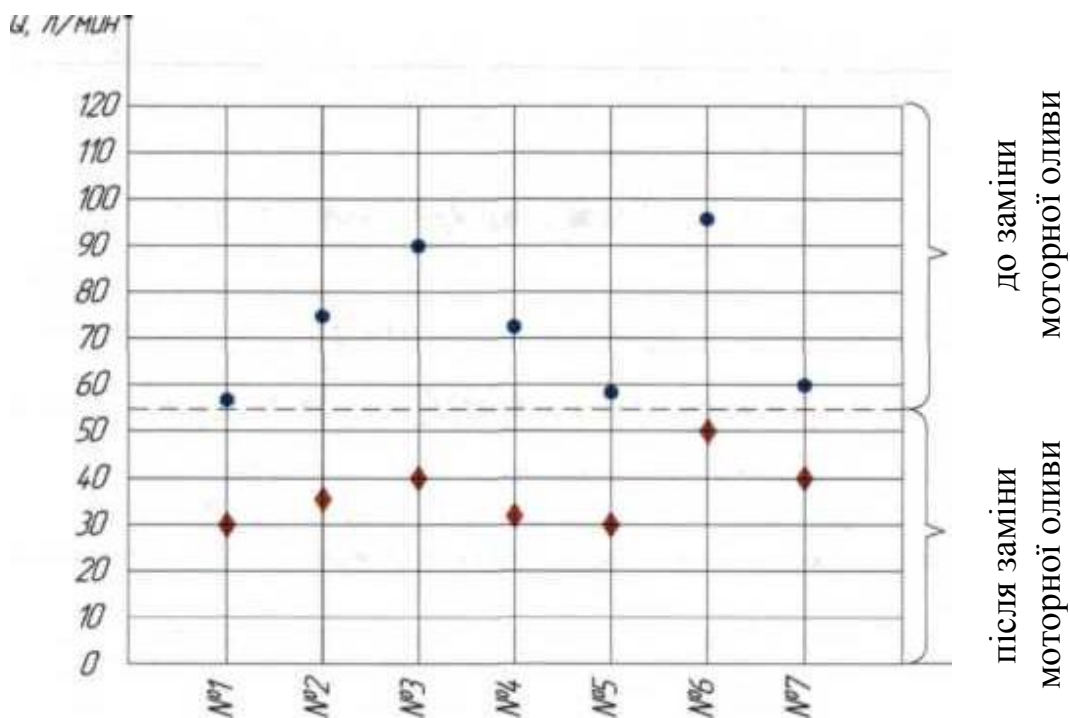


Рисунок 3.4 – Характер зміни витрати КГ при заміні моторної

оливи ДВЗ.

Достовірно встановлено, що у ряді випадків при зміні моторної оливи витрата КГ змінюється більш ніж у 2 рази, що свідчить про істотний вплив якості оливи на витрату КГ. Виходить, що свіже моторне масло, краще утримуючись на стінках гільз циліндра, ніж відпрацювало, ущільнює пару поршень - кільце - циліндр і перешкоджає прориву відпрацьованих газів в порожнину картера ДВЗ. Тому надостовірніші відомості про технічний стан ЦПГ за параметрами КГ можна отримати після проведення ТО-2.

Можна дійти невтішного висновку, що з діагностуванні ЦПГ групи ДВЗ за параметром об'ємного витрати КГ необхідно враховувати якість моторного оливи.

3.3. Вимірювання залежностей витрати КГ від прогріву ДВЗ

Встановлено, що при прогріванні ДВЗ збільшується об'ємна витрата КГ. На малюнку 3.5 відображені результати експериментів вимірювань витрати КГ в залежності від прогріву рідини, що охолоджує, проведених за інших рівних умов (постійні обороти ДВЗ, відсутність навантаження) на обкаточно-гальмівному стенді з двигуном Д-240. За ступенем прогріву рівномірно зростає витрата КГ.

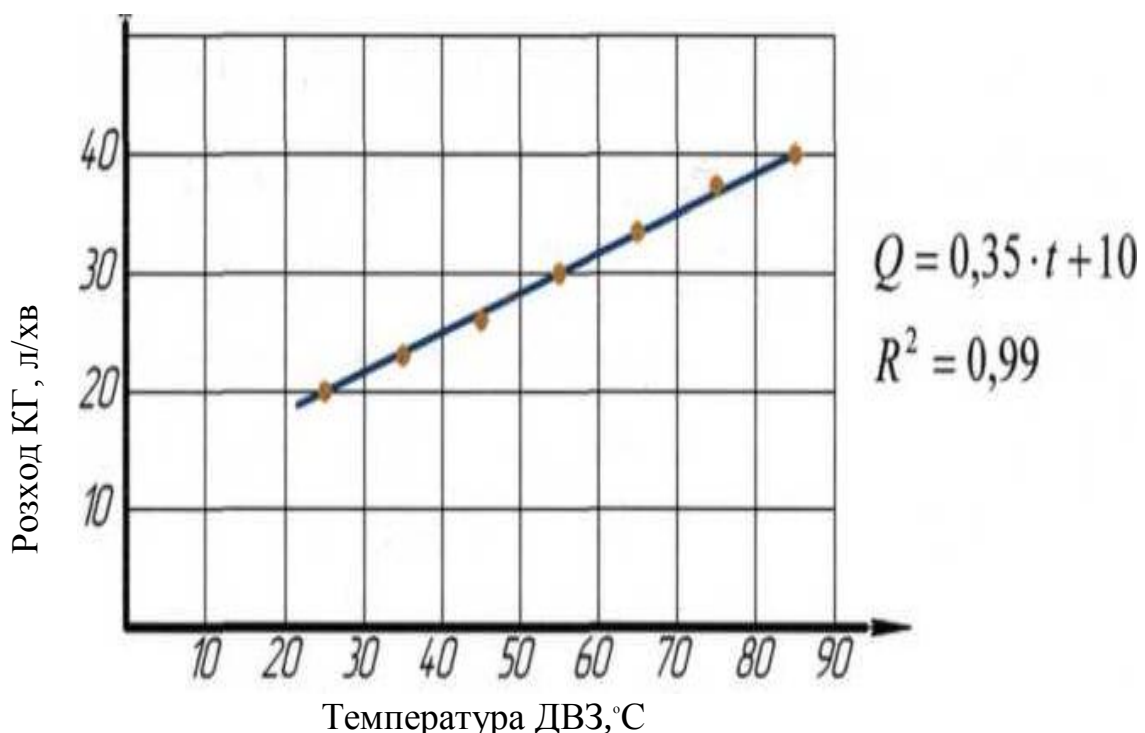


Рисунок 3.5 - Залежність витрати КГ від температури ДВЗ Д-240.

Відповідно до рисунку 3.5 зі збільшенням температури зростає і витрата КГ за збереження постійними інших властивостей.

Аналогічні досліди було поставлено і інших ДВЗ в експлуатаційних умовах (ЯМЗ-236, ЯМЗ-238), результати виявилися схожими (рисунки 3.6, 3.7).

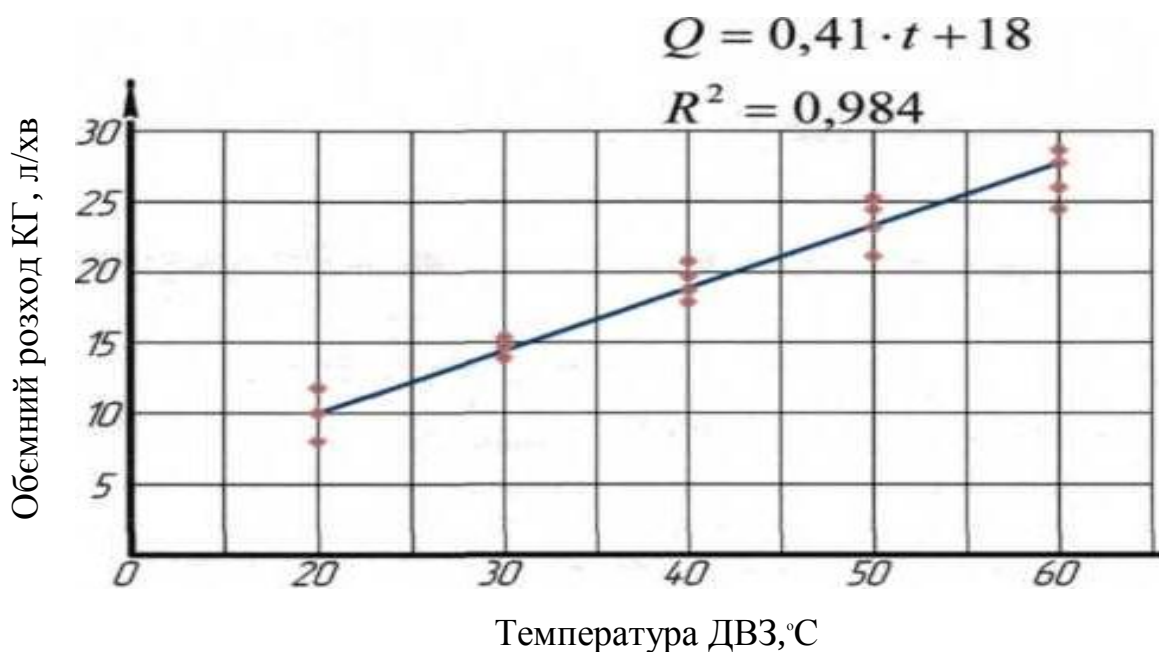


Рисунок 4.6 - Зміна витрати КГ від температури ДВЗ Д-21.

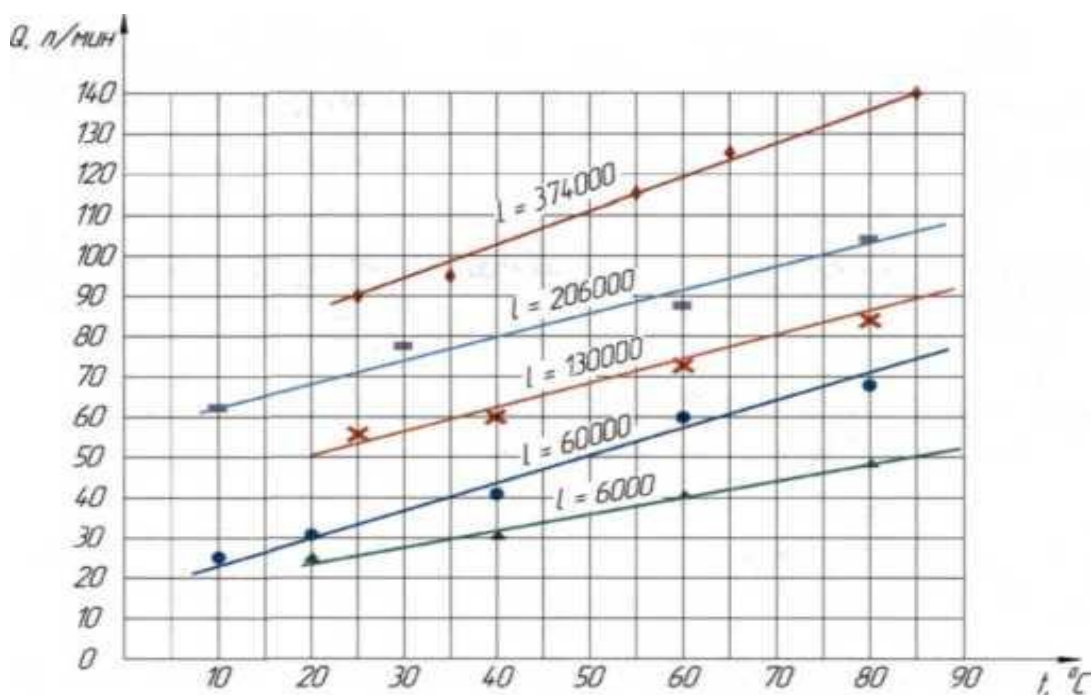


Рисунок 3.7 - Зміна об'ємної витрати КГ з поступового прогріву ДВЗ

ЯМЗ-238 різного напрацювання (пробіг I, км).

Залежність витрати КГ від температури завжди зростає лінійно. Відношення збільшення витрати газу до збільшення температури для кожної конкретної машини залишається постійним, з чого можна зробити висновок, що при діагностуванні при необхідному температурному режимі значення витрати КГ, за інших рівних умов, характеризуватиме технічний стан ЦПГ.

Для перерахунку витрати за необхідної температури можна скористатися формулою:

$$Q_{\text{ном}} = Q_{\text{зм}} \frac{T_{\text{ном}}}{T_{\text{зм}}} = 90 \frac{Q_{\text{зм}}}{T_{\text{зм}}} \quad (3.1)$$

Отримане за допомогою даної формули значення КГ можна порівнювати з допустимо граничним і оцінювати технічний стан ЦПГ.

Також встановлено, що залежність витрати КГ тим сильніша від температури, чим більше напрацювання ДВЗ. Так при пробігу машини 6000 км зі зміною температури ДВЗ від 30 до 85°C витрата КГ збільшується на 22 л/хв, а при пробігу 374000 км при тій же зміні температури витрата збільшується на 43л/хв.

У загальному вигляді залежність витрати КГ від температури та напрацювання (пробігу) ДВЗ одного типорозміру, отримана з обробки експериментальних даних, представляється такою формулою:

$$Q = Q_0 + 10^{-6} L \cdot t + 0,38t, \quad (3.2)$$

де Q_0 - витрата КГ нового ДВЗ, л / хв;

L - пробіг, км.;

t - температура ДВЗ (охолоджуючої рідини).

Температуру необхідно враховувати при діагностуванні ЦПГ у зв'язку з тим, що нормативні значення за даним параметром приведені до прогрітої до 85,..95°C рідини в системі охолодження ДВЗ, а в реальних експлуатаційних умовах не завжди вдається досягти необхідного температурного режиму. Якщо проведення вимірювань проводиться на непрогрітому ДВЗ, необхідно вносити відповідні поправки для приведення їх з нормативними значеннями за

даним параметром.

Використовуючи отриману залежність зміни витрати від температури КГ, можна проводити експрес-діагностування без виведення дизеля на номінальні теплові режими (85...95°C), оскільки на практиці при проведенні процесу діагностування ЦПГ існують значні складності виведення в номінальний тепловий режим дизеля без навантаження, особливо в холодну пору року.

3.4. Вимірювання залежності витрат КГ від навантаження на двигун

Проведені вимірювання витрати КГ від різних значень моменту, що крутить, ДВЗ показали, що при збільшенні навантаження на двигун зростає і витрата КГ (рисунок 33.8). Проте збільшення менш велике (у разі 50%) проти описом у літературі [11, 12]. Так у роботах [12, 13] збільшення витрати при номінальному навантаженні на двигун зростає в 2 рази в порівнянні зі значеннями, отриманими без навантаження ДВЗ. Однак варто відзначити, що в цих роботах досліди ставилися на карбюраторних ДВЗ, і тому різні значення підвищення витрати газів для дизельних і карбюраторних ДВЗ цілком нормальні. Але характер зміни витрати КГ від навантаження скрізь однаковий.

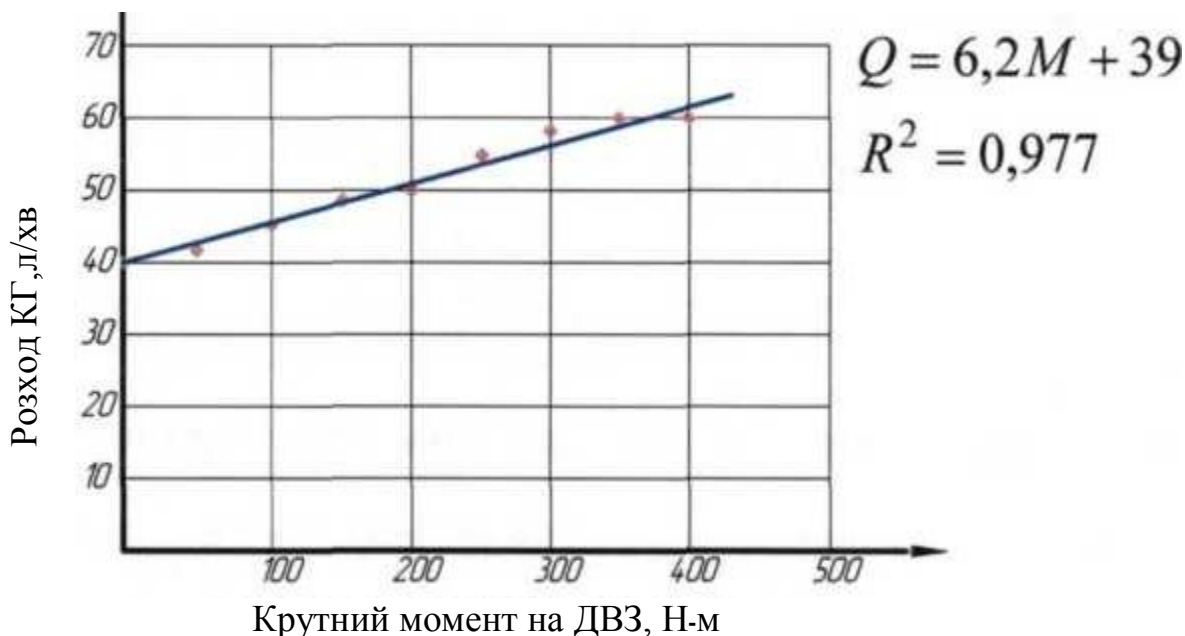


Рисунок 3.8 Залежність витрати КГ від навантаження на двигун.

З графіка видно, що характер зміни витрати КГ, що вимірюються від

збільшення крутного моменту на валу ДВЗ прямолінійний - зі збільшенням навантаження зростає витрата КГ. Однак під час проведення діагностування вкрай проблематично проводити навантаження ДВЗ, тому виміри проводяться без навантаження.

3.5. Вимірювання витрати КГ на різних швидкісних режимах роботи ДВЗ

Вимірювання витрати КГ на різних частотах обертання показали, що він не залежить від частоти обертання ДВЗ (рисунок 33.9). При зміні частоти обертання ДВЗ витрата КГ залишалася постійною. Даний досвід ставився на ДВЗх Д-240, ЯМЗ-238, і скрізь результати були однакові, у зв'язку з чим можна зробити висновки, що для більшості дизельних ДВЗ (виключення ми розглянемо пізніше) витрата КГ не залежить від оборотів ДВЗ.

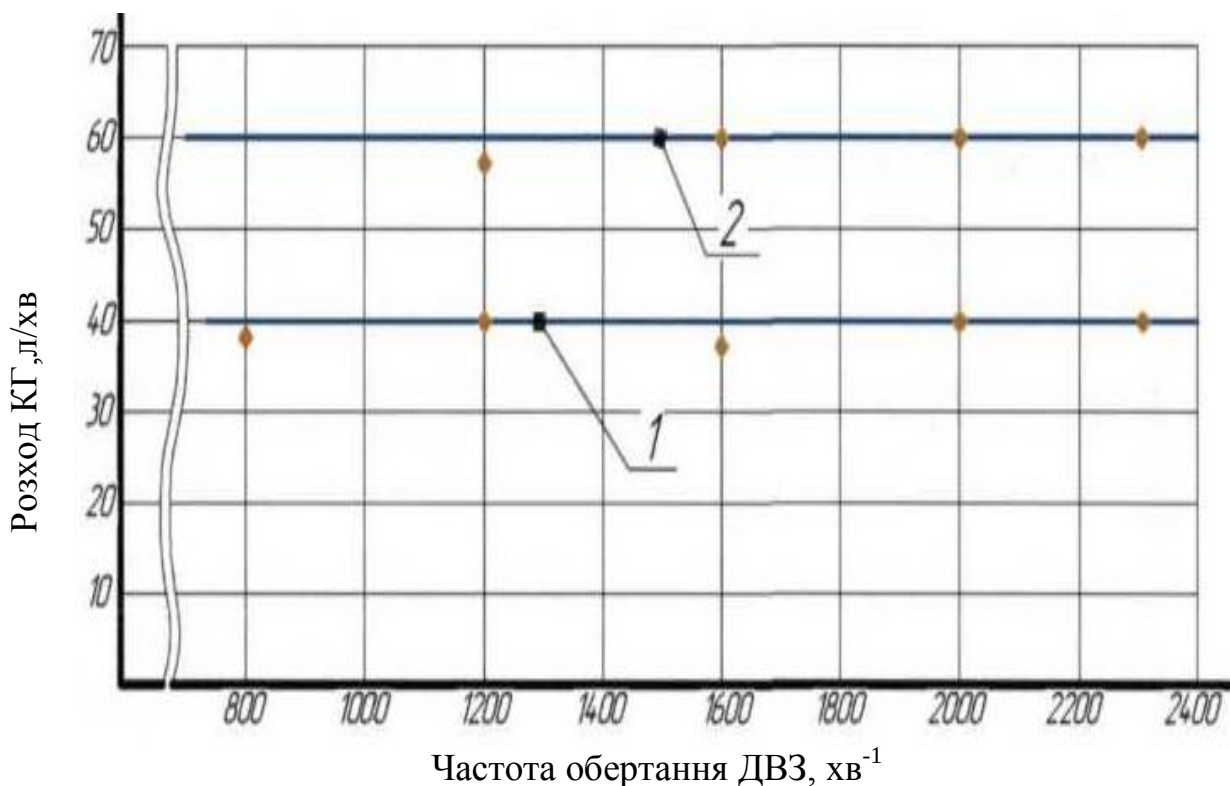


Рисунок 3.9 - Витрата КГ на різних частотах обертання ДВЗ: 1 – витрата КГ без навантаження на двигун; 2 - витрата КГ з навантаженням в 400 Н-м

Вимірювалися на нестационарних режимах роботи ДВЗ. У режимі розгону відбувалося значне збільшення миттєвої вимірюваної витрати КГ (у 2.3 рази) порівняно зі значеннями, виміряними на постійних частотах

обертання (таблиця 4.1).

Таблиця 3.1 – Витрата КГ на режимах розгону ДВЗ

№ п/п	Початкова частота обертання,	Кінцева частота обертання,	Час зміни, с	Кутове прискорення, рад/с ²	Значення максимальної миттєвої витрати
1	1000	2300	3	7,2	103
2	800	2200	5	4,6	82
3	1000	2200	7	2,8	65
4	1000	2100	7	2,6	60
5	900	2300	10	2,3	55

На малюнку 3.10 графічно подано залежність миттєвого максимального значення витрати КГ від кутового прискорення ДВЗ.

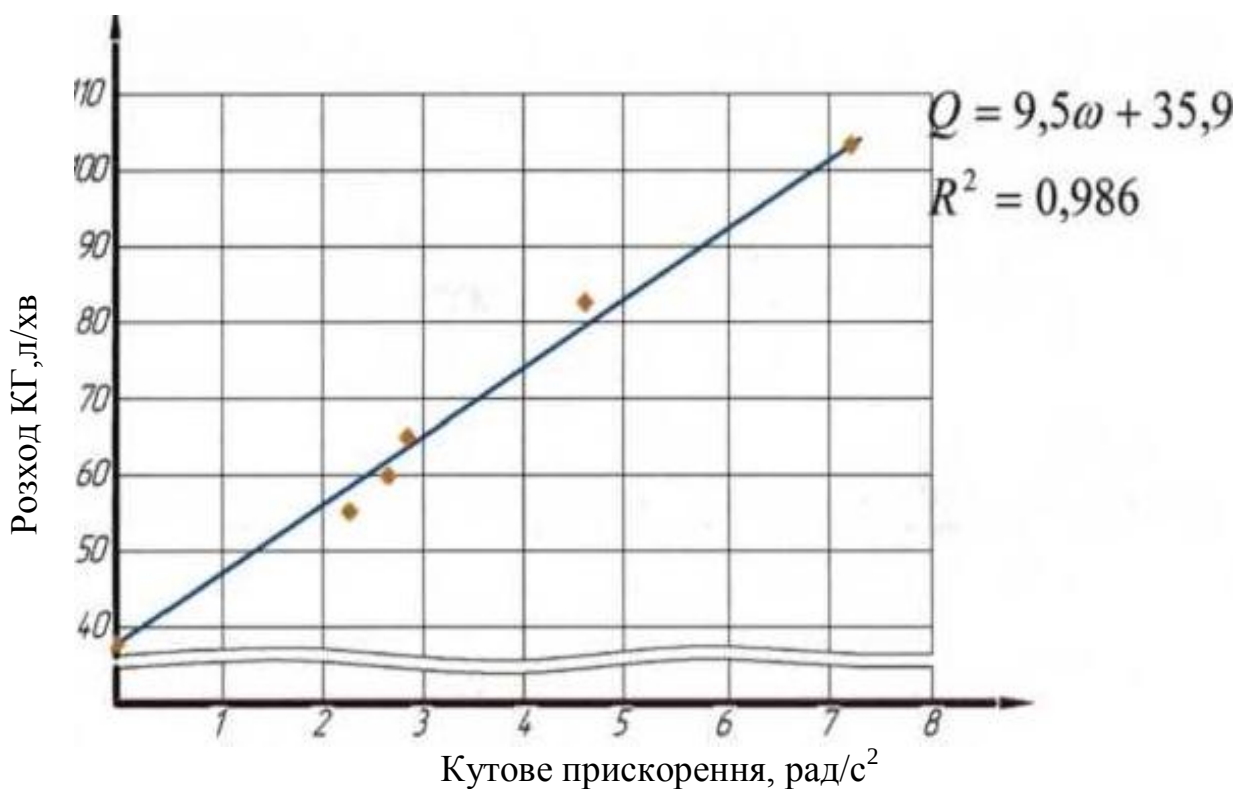


Рисунок 3.10 – Залежність миттєвого максимального значення витрати КГ від кутового прискорення ДВЗ.

Пояснити це тим, що на режимі розгону двигун створює навантаження інерцією мас деталей ДВЗ не коректно, оскільки при навантаженні ДВЗ крутним моментом, що перевищує навантаження інерційних мас, миттєва витрата КГ так значно не зростала (рисунок 4.8). Тому ймовірною причиною цього можна вважати різке збільшення палива, що подається в циліндри, що збільшує робочий тиск в циліндрах і відповідно прорив газів в порожнину картера ДВЗ. Виходить, що при швидкісних режимах роботи ДВЗ витрата КГ може коливатися у великих межах, і дані показання не можна приймати за діагностичні. Діагностування можливе тільки на швидкісних режимах, причому сама частота обертання ДВЗ істотної ролі не відіграє.

3.6. Зміни параметрів тиску газів у порожнині картера ДВЗ

Досліджено процес зміни параметрів тиску газів у дизельному ДВЗ. Цей параметр суттєво впливає на експлуатаційні характеристики дизеля і не завжди є наслідком зношеності ЦПГ. Надлишковий тиск у картері дизеля може зумовлюватися засміченістю системи вентиляції картера (сапуна), несправністю редукційного клапана системи рециркуляції КГ (ДВЗ з екологічним стандартом Євро 3 та вище), що веде до виникнення несправностей (продавлювання сальників та витоків моторного оливи).

Так моторобудівним заводом (Тутаєвський моторний завод) як діагностичний параметр визначено тиск у картері ДВЗ. За їх даними, номінальний тиск для дизелів у картері ДВЗ потужністю до 450 кВт (ДВЗ марок ЯМЗ) повинен відповідати діапазону 80...150 Па. Тиск 500 Па та вище для більшості дизелів свідчить про необхідність проведення ремонту.

У ході експериментальних досліджень було виявлено, що несправності турбокомпресорів також впливають на витрату та тиск КГ. Підвищений тиск у картері ДВЗ – важливий показник несправностей ЦПГ та турбокомпресора.

Якщо тиск підвищений і при збільшенні частоти обертання ДВЗ коливається незначно ($\pm 5\%$), причина у підвищеному зносі ЦПГ, зрідка несправна система вентиляції картера. Якщо зі збільшенням частоти тиск

змінюється на 25 і більше відсотків, причина у значному зносі підшипників ТКР.

Таблиця 3.2 – Діагностика дизеля з ТКР за параметром тиску КГ

Обороти	$P_{\text{вим}}$	$P_{\text{вим}}, \text{ Па}$	Технічний стан
$P_{\text{ном}}$ (1000...1500)	$P_{\text{вим1}} \sim P_{\text{ном1}}$	80...150	Вузли справні
	$P_{\text{вим1}} > P_{\text{ном1}}$	500 і більше	Граничне знос ЦПГ
$P_{\text{мах}}$ (2200... 3000)	$P_{\text{вим2}} = P_{\text{вим1}}$	Не більше $\pm 10\%$	ТКР справний
	$P_{\text{вим2}} > P_{\text{вим1}}$	На 25% і більше	Несправності з боку турбінного колеса, зношування підшипника ТКР
	$P_{\text{вим2}} < P_{\text{вим1}}$		Несправності з боку компресорного колеса

Крім того, виробнича перевірка ДВЗ, оснащених ТКР показала, що підвищена витрата КГ (тиску) також може бути викликана несправностями газорозподільного механізму. Впускні клапани, що закоксувалися або мають тріщини, навіть у закритому стані пропускають повітря, що нагнітається турбокомпресором у над поршневий простір, звідки він через з'єднання поршень-кільце-циліндр надходить у картер ДВЗ. Збільшення витрати КГ при таких випадках було настільки високо, що видавлювало кришку маслозаливної горловини, і масло виривалося з маслозаливної горловини. Витрата КГ у таких випадках був настільки високий, і перевищував допустиме значення, що його не вдавалося виміряти наявними засобами виміру. Варто відзначити, що зривалася кришка маслозаливної горловини, а не видавлювалися сальники, що суперечить ідеї автора [6] про якість герметичності ущільнювачів сальнику.

В результаті порівняння тиску КГ на різних швидкісних режимах роботи ДВЗ роблять висновок про технічний стан кутів ДВЗ, що діагностується.

Допустимі межі зміни витрати та тиску в картері, що відповідають справному та несправному стану ДВЗ, необхідно встановлювати для кожного типу ДВЗ за результатами випробувань.

РОЗДІЛ 4

ОБґРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

4.1. Ухвалення рішень за результатами діагностування по параметрам КГ

Прийняття рішень за результатами діагностування виходить із двох критеріїв: 1) ідентифікації впливу несправних вузлів (ЦПГ, ТКР, система вентиляції картера) на діагностичний параметр; 2) співвідношення отриманих значень діагностичного параметра з номінальними, допустимими та граничними значеннями. На основі приймається рішення подальших дій.

Варіанти винесення рішень на основі отриманих результатів виміру на прикладі ДВЗ ЯМЗ-238Б представлені в таблиці 4.1.

У разі отримання значень, що знаходяться за межами (між) зазначених нормованих значень, рішення приймається відповідно до загального технічного стану ДВЗ. елементів.

Для більш точної та достовірної діагностики варто використовувати комплекс методів діагностування та на основі загальних отриманих результатів робити висновок про технічний стан ЦПГ та ДВЗ в цілому.

Таблиця 4.1 - Діагностика ДВЗ за параметрами витрати та тиску КГ

Обороти ДВЗ	Співвідношення параметрів	Виміряне значення	Технічний стан
$n_{\text{ном}}$	$P_{\text{вим1}} = P_{\text{ном}}$	80...350	Вузли справні
	$Q_{\text{вим1}} = Q_{\text{ном}}$	60...130	

(1000... 1500)	$P_{\text{вим1}} > P_{\text{ном}}$ $Q_{\text{вим1}} > Q_{\text{ном}}$	500 і більше 180 і більше	Граничне знос ЦПГ, несправний турбокомпресор, система вентиляції.
При $P_{\text{вим1}} = P_{\text{ном}}$ ($Q_{\text{вим1}} = Q_{\text{ном}}$)			
n_{max} (2200- 3000)	$P_{\text{вим2}} = P_{\text{вим1}}$ $Q_{\text{вим2}} = Q_{\text{вим1}}$	Не більше $\pm 10\%$	ТКР справний
	$P_{\text{вим2}} > P_{\text{вим1}}$ $Q_{\text{вим2}} > Q_{\text{вим1}}$	На 25% і більше	Несправності турбінного колеса, зношування підшипника ТКР
	$P_{\text{вим2}} < P_{\text{вим1}}$ $Q_{\text{вим2}} < Q_{\text{вим1}}$		Несправності компресорного колеса
При $P_{\text{вим1}} > P_{\text{гран}}$ ($Q_{\text{вим1}} > Q_{\text{гран}}$)			
n_{max} (2200... 3000)	$P_{\text{вим2}} - P_{\text{вим1}}$ $Q_{\text{вим2}} < Q_{\text{вим1}}$	Не більше $\pm 10\%$	Граничне знос ЦПГ, ТКР справний
	$P_{\text{вим2}} > P_{\text{вим1}}$ $Q_{\text{вим2}} > Q_{\text{вим1}}$	На 25% і більше	Граничне знос ЦПГ. несправності з боку турбінного колеса.
	$P_{\text{вим2}} < P_{\text{вим1}}$ $Q_{\text{вим2}} < Q_{\text{вим1}}$		Граничне знос ЦПГ. Несправності з боку компресорного колеса
Визначення справності системи вентиляції картера			
n_{max} = Const	$P_{\text{вим}}$ «Const»	Тиск не зростає з часом	Система вентиляції картера справна
	$P_{\text{вим}} \uparrow$	Тиск зростає з часом	Несправна система вентиляції картера, впускні клапани ГРМ

4.2. Оцінка часу, що витрачається на операції діагностування та вимірювання діагностичних параметрів

Попередня оцінка часу діагностування ЦПГ ДВС приладом KI-28292 розподіляється наступним чином:

- пуск та встановлення стабільної роботи ДВЗ - 1.. .3 хв;
- відгвинчування кришки маслозаливної горловини та герметизація сапуна, отвора масломірного щупа - 3...5 хв;
- підготовка приладу (під'єднання живлення датчиків, перехідників) – 3...5 хв;
- вимірювання параметрів діагностування – 1.. .2 хв;

- оцінка одержаних результатів - 1.. 2 хв;
- від'єднання датчиків, розгерметизація сапуна та отвори маслomorphicного щупа, встановлення кришки маслозаливної горловини на місце - 3...5 хв.

Загальний час проведення діагностування – 11...23 хв (час розрахований з умов проведення діагностування однією людиною).

ВИСНОВКИ

1 Проведені дослідження підтвердили, що ЦПГ є основним елементом, що визначає ресурс та міжремонтне напрацювання ДВЗ, на яку припадає до 20% усіх відмов. Порівняння різних методів діагностування ЦПГ дизеля, проведених за загальноприйнятою методикою, показує техніко-економічні переваги оцінки технічного стану параметрів КГ. Підтверджено, що оціночними параметрами КГ є витрата та тиск газів, що прориваються в порожнину картера.

2 Встановлено, що експлуатаційні чинники роботи дизеля впливають величину витрати КГ. Дослідженнями підтверджено, що при прогріванні дизеля від температури навколишнього середовища до номінальної витрати КГ зростає в 1,5...2,5 рази. При доведенні навантаження до номінальної витрати збільшується на 40...45% проти холостим ходом. У той же час заміна картерної оливи, яка відпрацювала свій ресурс, на нове знижує витрати газів у 1,8...2,2 рази. Ці параметри не враховувалися існуючою технологією, що часто призводило до помилок оцінки технічного стану ЦПГ. Ці ознаки дозволили підвищити точність діагностичного параметра розробки електронного приладу для вимірювання КГ.

3 Виявлено, що частота обертання колінчастого валу дизеля не впливає на зміну витрати та тиску КГ. На режимі розгону витрата КГ зростає залежно від кутового прискорення валу ДВЗ 1,5...3,5 разу. Як показав аналіз, використання динамічного режиму при моделюванні навантажувального

вимірювання параметрів КГ неприйнятним, оскільки величини витрати КГ при них різні.

4 Встановлено, що на зміну параметрів КГ впливає як ЦПГ, так і системи вентиляції картера, турбокомпресора, клапанів газорозподільного механізму. Це не враховувалося в застосовуваний на практиці технології діагностування. На підставі проведених досліджень розроблено методику ідентифікації несправного вузла, що відрізняється від раніше застосовуваної можливістю обліку додаткових факторів, що впливають на підвищення точності вимірювання КГ.

5 В результаті проведених досліджень удосконалено технологію діагностування ЦПГ дизельного ДВЗ за параметрами КГ. Відмінною особливістю технології є можливість проведення вимірювань за температури 40...60°C, що скорочує загальний час проведення діагностування на 30...50%. Як діагностичний параметр використовується не тільки витрата, а й тиск КГ. Розроблено рекомендації щодо обліку впливу на величину КГ турбокомпресора та системи вентиляції картера, що підвищує достовірність оцінки технічного стану на 10...20%.

6 Економічний ефект від запровадження розробленої технології оцінки технічного стану ЦПГ досягається з допомогою скорочення трудомісткості процесу, коли він підвищується достовірність діагностування. Розрахунковий річний економічний ефект від використання технології діагностування .

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Форнальчик Є.Ю., Оліскевич М.С., Мاستикаш ОЛ., Пельо Р.А. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: Навчальний посібник. – Львів: Афіша, 2004.-492 с.
2. Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Чигиринець А.Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів: Підручник. – К.: Вища шк., 1994. – (У 3-х кн.): Кн. 1: Теоретичні основи: Технологія. – 342 с; Кн. 2: Організація, планування і управління. – 383 с; Кн. 3: Ремонт автотранспортних засобів. – 599 с.
3. Rahnejat H. Tribology and Dynamics of Engine and Powertrain: Fundamentals, Applications and Future Trends. Woodhead Publishing, 2010. XXX, 1018 p.
4. Сандомирський М.Г. Трактори та автомобілі. Ч.1. Автотракторні двигуни // Навчальний посібник / М.Г. Сандомирський, М.Ф. Бойко, А.Т. Лебедев– К.: Вища школа, 2000. – 357с.
5. Маркович С. І. Експлуатація та ремонт двигунів внутрішнього згоряння : навч. посіб. / С. І. Маркович, О. В. Бевз ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2022. - 334 с.
6. Ionsson R. Richten warmebehandelter Werkstiicke. II HTM: Harter. - techn. Mitt.- 1998.-53, №1.-5-8.
7. Verbesserung der Tecmlologie der Werkstückverfestigung durch plastische Oberflächenverformung I Belkin L. M. etc. II Maschinenbautechnik. - 1989. -38, №12.
8. Сандомирський М.Г. Трактори та автомобілі. Ч.1. Автотракторні двигуни // Навчальний посібник / М.Г. Сандомирський, М.Ф. Бойко, А.Т. Лебедев– К.: Вища школа, 2000. – 357с.
9. Сахно В. П. Експлуатаційні властивості автомобілів / В. П. Сахно. – К.: Видавництво “КВІЦ”, 2006. – 174 с.
10. Клімов С.В. Організація технічного сервісу машин: Навчальний посібник, – Рівне: НУВГП, 2011 – 120 с.

11. Технічний сервіс в АПК : навчально-методичний комплекс / С.М. Грушецький, І.М. Бендера, О.В. Козаченко та ін. За ред. С.М. Грушецького, І.М. Бендери. – Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я.І., 2014. – 680 с.
12. Варнаков В.В. и др. Технический сервис машин сельскохозяйственного назначения / В.В. Варнаков, В.В. Стрельцов, В.Н. Попов, В.Ф. Карпенков. – М.: КолосС, 2004. – 253 с.
13. Вознюк Л.Ф. та ін. Технічне обслуговування і діагностування с.-г. машин. К.: Урожай, 1994.
14. Вознюк Л.Ф. Іщенко В.В., Михайлович Я.М. та ін. Технічне обслуговування і діагностування сільськогосподарських машин. - К.: Урожай, 1994. -216 с.
15. Лауш П.В., Василенко І.Ф., Лесюк Т.П., Дьомін О.А., Чабанний В.Я., Лауш Н.П., Орищенко С.Б., Кухаренко В.С., Лауш С.Г. Технічне обслуговування та ремонт сільськогосподарської техніки: Підручник. В 2-х ч. /За ред. П.В.Лауша та І.Ф.Василенка. - Кіровоград: ПОЛІМЕД-Сервіс, 2007. - Ч.І, 461 с.; Ч.ІІ, 444 с.
16. І.І. Агулов, Л.Ф. Вознюк, О.В. Левчій. Довідник по технічному обслуговуванню сільськогосподарських машин - К. : Урожай, 1989. - 256с.
17. Довідник сільського інженера. В.Д.Гречкосій, О.М.Погорілець, І.І.Ревенко, В.С.Колісник та ін.- К.: Урожай, 1988. - 360 с