

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра машиновикористання та сервісу технологічних систем

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

Клімук Іван Іванович

УДК 631.372+629.141

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми
діагностування технічного стану газорозподільного
механізму тракторних двигунів**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ І.І. Клімук

Керівник роботи

Савченко В.М.

к.т.н., доцент

Житомир – 2020

АНОТАЦІЯ

Клімук Іван Іванович. Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми діагностування технічного стану газорозподільного механізму тракторних двигунів. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2020.

Розроблені методики визначення діагностичних ознак на ділянках локальних діагнозів тимчасових характеристик розрідження повітря ГРМ і їх функціональних зв'язків з параметрами технічного стану, спільно з алгоритмами, що їх реалізують, дозволяють скористатися наявними можливостями сучасних ПК.

Розроблений комп'ютерний діагностичний комплекс і алгоритм дозволяють реалізувати метод диференціального діагностування ГРМ двигунів внутрішнього згоряння тракторів в автоматичному режимі. Алгоритм діагностування дозволяє визначати технічний стан ГРМ за принципом «придатний-непридатний», а також виявляти несправність елемента, що входить до складу механізму. Вимірювальне обладнання комплексу дозволяє безперервно вимірювати, зберігати та обробляти тимчасові характеристики розрідження повітря у впускному трубопроводі ГРМ.

Виробничої перевіркою встановлено, що розроблений метод диференціального діагностування ГРМ двигунів внутрішнього згоряння тракторів забезпечує підвищення ефективності та зниження трудомісткості при підтримці і відновленні працездатності ГРМ. Володіє більш високою вірогідністю постановки діагнозу в порівнянні з існуючим методом, помилки першого роду знижені до 24%, а помилки другого роду від 7% до 9%.

Ключові слова: діагностування, технічний стан, газорозподільний механізм, метод.

ANNOTATION

Klimuk Ivan Ivanovich. Substantiation of the constructive-technological scheme of diagnosing the technical condition of the gas-distributing mechanism of tractor engines. – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2020.

Developed methods for determining diagnostic features in areas of local diagnoses of temporary characteristics of air rarefaction of timing and their functional relationships with the parameters of the technical condition, together with the algorithms that implement them, allow to use the available capabilities of modern PCs.

The developed computer diagnostic complex and algorithm allow to implement the method of differential diagnosis of timing of internal combustion engines of tractors in automatic mode. The diagnostic algorithm allows to determine the technical condition of the timing belt on the principle of "suitable-unsuitable", as well as to detect a malfunction of the element that is part of the mechanism. The measuring equipment of the complex allows to continuously measure, store and process the temporary characteristics of the air vacuum in the timing inlet pipe.

The production inspection established that the developed method of differential diagnosis of the timing of internal combustion engines of tractors provides increased efficiency and reduced complexity while maintaining and restoring the timing. Has a higher probability of diagnosis compared to the existing method, errors of the first kind are reduced to 24%, and errors of the second kind from 7% to 9%.

Key words: diagnostics, technical condition, gas distribution mechanism, method.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СТАН ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ ДВИГУНА.....	9
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГРМ.....	17
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВ'ЯЗКІВ ДІАГНОСТИЧНИХ ОЗНАК З ПАРАМЕТРАМИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ ДВЗ.....	25
ВИСНОВКИ.....	36
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	38

ВСТУП

Ефективне використання автотракторної техніки в агропромисловому комплексі залежить від його працездатного стану. На сьогоднішній день основний відсоток обсягу перевезень в сільському господарстві припадає на вантажні та легкові автомобілі, як у великих, так і у дрібних господарств. Погіршення виробничо-технологічної бази (ПТБ) більшості господарств і автотранспортних підприємств, зменшення числа великих підприємств, неможливість постійного оновлення автомобільного парку призвело до зниження коефіцієнта технічної готовності автотранспортних засобів. Що в свою чергу призводить до порушень процесів збирання врожаю, перебоїв при перевезенні сільгосппродукції до сховищ, переробним комбінатам і до кінцевих споживачів. У період посівних і збиральних робіт простоюють через непрацездатності до 15% техніки [2]. Крім того, працездатність автомобілів має істотне значення і в екологічному аспекті. Частка автомобільного транспорту в питаннях забруднення навколишнього середовища становить 40-50% [2], з них 10-15% [3] доводиться на автотранспортні засоби з різними несправностями. Причому більшу шкоду природі завдають автотранспортні засоби з бензиновими двигунами, які часто експлуатуються з порушеннями параметрів технічного стану в багатьох системах. Однією з таких систем, чиї несправності викликають суттєві зміни багатьох конструкційних параметрів автотракторної техніки і при цьому досить складно визначаються, є газорозподільний механізм [4].

Таким чином, більшої актуальності мають питання забезпечення працездатності та контролю автотранспортних засобів, у зв'язку з чим розвиток технічної діагностики автотранспортних засобів в сільському господарстві є важливим напрямком галузі.

За даними Держкомстату на частку сільського господарства Житомирської області доводиться 71,5% від загального числа тракторів, що експлуатуються в усіх галузях.

Несправності газорозподільного механізму становить 37%, що призводить до зміни концентрації відпрацьованих газів в широких межах, зниження потужності двигуна, підвищення витрати палива (до 8...10%) [1].

На сьогоднішній день існують різноманітні діагностичні засоби, які дозволяють проводити роботи з пошуку порушень регулювань і несправностей в різних системах, вузлах двигуна внутрішнього згорання, і в тому числі в газорозподільному механізмі. Але практично всі дані стенди реалізують в основному два способи діагностування газорозподільного механізму. Діагностування щодо шумів і вібрацій, тобто по коливальним процесам пружного середовища, що виникають при роботі механізмів, використовують при віброакустичному методі діагностування двигуна. Незважаючи на перспективність цього методу, він не знайшов широкого практичного застосування через відсутність спеціальної контрольної-вимірної і реєструючої апаратури, що дозволяє швидко, а головне, точно визначати технічний стан окремих деталей двигуна. Існує метод на основі аналізу рівномірності пульсацій тиску відпрацьованих газів на зрізі вихлопної труби, розроблений фахівцями американської компанії SeX Technology. За допомогою аналізу осцилограм, що характеризують ефективність роботи циліндрів двигуна, можна з достатнім ступенем точності, визначити який циліндр працює з перебоями. Однак даний метод не позбавлений таких недоліків, як кваліфікація і досвід діагноста-оператора, не дозволяє визначити локальну причину, через що саме не допрацьовує той чи інший циліндр двигуна

Імовірність постановки невірної діагнозу в цьому випадку дуже велика. Даний спосіб діагностування може бути позбавлений таких недоліків у випадку розробки алгоритмів і технологій на базі сучасних ЕОМ.

Таким чином, розробка достовірного і оперативного динамічного методу диференціального діагностування газорозподільного механізму бензинових двигунів з використанням сучасних комп'ютерних технологій має актуальність і економічну доцільність.

Мета і задачі дослідження. метою цієї роботи є розробка методу диференціального діагностування газорозподільного механізму двигунів внутрішнього згоряння, що дозволяє значно підвищити ефективність їх використання.

Відповідно до сформульованої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- Дослідити стан технічної діагностики газорозподільного механізму двигуна;
- Методика визначення параметрів технічного стану ГРМ;
- Дослідити зв'язки діагностичних ознак з параметрами технічного стану елементів газорозподільного механізму ДВЗ

Об'єкт дослідження: процес функціонування газорозподільного механізму двигунів внутрішнього згоряння в умовах їх експлуатації.

Предмет дослідження: тимчасові характеристики розрідження у впускному трубопроводі газорозподільного механізму.

Методи дослідження. Дослідження проведені з використанням загальнонаукових методів пізнання, основних положень теорії діагностування станів технічних об'єктів, прикладної фізики та механіки. Обробку експериментальних даних виконували за допомогою методів математичної статистики.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Клімук І.І. Background to condition monitoring and fault diagnosis diesel Engine. Збірник матеріалів і Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції «Теорія і практика сучасної науки очима молоді» 26 березня 2020 року (проведено он-лайн 30 квітня 2020 року) м. Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка. С. 56.

2. **Клімук І.І.** Стан технічної діагностики газорозподільного механізму двигуна. Збірник тез *VI-ї* всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 9-10 квітня 2020 року. Житомир : ЖАТК. С. 187-188.

3. Savchenko V. M., Klimyk I.I., Diesel engine modeling. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability", 15-17 квітня 2020 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2020. С. 154-155.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблений метод диференціального діагностування газорозподільного механізму двигунів і обладнання, що дозволяють знизити ймовірність постановки невірної діагнозу (в порівнянні з існуючим віброакустичним методом), помилок першого роду (пропуск відмови) на 24%, а помилок другого роду від 7% до 9%, і можуть бути впроваджені в технологічний процес великих сільськогосподарських автотранспортних і ремонтно-технічних підприємств, мобільних станцій діагностики, а так же станцій технічного обслуговування.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 27 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 39 сторінок комп'ютерного тексту, містить 4 таблиці і 17 рисунків.

РОЗДІЛ 1

СТАН ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ ДВИГУНА

В процесі експлуатації автомобіля його деталі, системи піддаються природному зносу, виникають підвищені люфти в спряжених деталях, порушуються регулювання агрегатів і систем, виникають вібрація, дисбаланс і інші явища. Основна умова надійної і довговічної роботи автомобіля в цілому і окремих його агрегатів – грамотна експлуатація автомобіля, своєчасне виявлення і усунення експлуатаційних несправностей [1-6].

Двигун автомобіля діагностують для виявлення потреби в регулюванні або ремонті після встановленої напрацювання, у випадках відчутного зниження потужності і збільшення витрати палива, при підвищеній витраті палива, при підвищеній витраті масла, падіння тиску масла, стуку, димності, нерівномірної роботі. Для підвищення ефективності технічного обслуговування і ремонту автомобіля потрібна індивідуальна інформація про їх технічний стан до, і після обслуговування [6].

Діагностика ГРМ здійснюється багатьма способами [2-9]:

- по шумам і стукам за допомогою механічних та електронних стетоскопів;
- по акустичним сигналам із застосуванням віброакустичних пристроїв і приладів;
- за відносним виміром витоку стисненого повітря, що подається в надпоршневий простір циліндрів (для оцінки стану клапанів);

Останнім часом все більше випускається діагностичних приладів, які використовують інформацію від вібродатчиків, так звані віброметри, які встановлюють в певних місцях агрегату. Аналіз шуму і вібрацій, що виникають при роботі механізмів, дає можливість контролювати всі рухомі сполучення, в

яких виникають ударні навантаження. Цим методом можна перевіряти стан кривошипно-шатунного і газорозподільного механізмів [2].

Діагностування по шумах і вібраціях, тобто по коливальним процесам пружного середовища, що виникають при роботі механізмів, використовують при віброакустичному методі діагностування двигуна. Джерелом цих коливань є газодинамічні процеси (згорання, випуск, впуск), регулярні механічні зіткнення в спряженнях за рахунок зазорів і нерівноваженості мас, а також хаотичні коливання, обумовлені процесами тертя. При роботі двигуна всі ці коливання накладаються один на одного і, взаємодіючи, утворюють випадкову сукупність коливальних процесів, що називається спектром. Завданням віброакустичного методу діагностування є усунення перешкод, виділення корисних сигналів і розшифровка параметрів коливального спектра [8].

Шуми схильні до значних спотворень під впливом навколишнього середовища, що ускладнює їх використання для поелементного діагностування двигуна. Вібрації ж сприймаються безпосередньо на поверхні механізму, завдяки чому вони дають більш достовірну інформацію про його технічний стан [10].

Віброакустичним способом можна визначити величину зазорів між торцем клапана і коромислом, а також оцінити технічний стан ряду інших спряжень двигуна. Незважаючи на перспективність цього методу, він не знайшов широкого практичного застосування через відсутність спеціальної контрольної-вимірної і реєструючої апаратури, що дозволяє швидко, а головне, точно визначити технічний стан окремих деталей двигуна.

Діагностування автотракторної техніки на основі кількісного і якісного складу відпрацьованих газів двигуна дозволяє дати оцінку технічного стану тільки двигуна і системи живлення. Наприклад, використовується такий параметр, як тиск газів в картері двигуна, який вимірюється п'єзографом. Цей спосіб визначення технічного стану циліндро-поршневої групи двигуна ґрунтується на вимірі витоку газів з надпоршневого простору. Чим більше газів

в одиницю часу проривається в картер двигуна, тим вище в ньому тиск, так як їх виходу в навколишнє середовище перешкоджає ущільнювач і система, що з'єднує його з навколишнім середовищем через фільтр вентиляції, який може засмолятися і засмічуватися [2].

Поки не вдалося виявити кількісну залежність тиску газів в картері від технічного стану двигуна, але для орієнтовної оцінки технічного стану циліндро-поршневої групи цей метод цілком придатний. Стосовно до газорозподільного механізму цей метод діагностування мало придатний, так як він не дозволяє з достатнім ступенем точності визначити технічний стан і відповісти на питання: у чому конкретна причина несправності?

Крім перерахованих методів діагностування газорозподільного механізму, існує метод на основі аналізу рівномірності пульсацій тиску відпрацьованих газів на зрізі вихлопної труби, розроблений фахівцями американської компанії SenX Technology. Даний прилад називається FirstLook Sensor, в перекладі з англійської first look означає "перший погляд". За допомогою аналізу осцилограм, що характеризують ефективність роботи циліндрів двигуна, можна з достатнім ступенем точності, визначити який циліндр працює з перебоями. Однак даний метод не позбавлений таких недоліків, як кваліфікація і досвід діагноста-оператора, не дозволяє визначити локальну причину, через що саме не допрацьовує той чи інший циліндр двигуна [7].

Існуючі методи та засоби діагностування газорозподільного механізму не завжди ефективні при діагностуванні певних несправностей і порушень регулювань. Це пов'язано, перш за все, з рядом людських чинників: кваліфікація оператора; досвід оператора; психічний стан оператора; фізичний стан оператора [12-17].

А також недоліки методу діагностування, які полягають в наступному: невисока оперативність діагностування; дозволяють виконувати тільки загальну діагностику; висока трудомісткість діагностування/

Крім перерахованих недоліків існуючих методів діагностування, зіставляючи з можливістю галузі сільського господарства до їх застосування та впровадження можна відзначити високу вартість засобів діагностування.

Пошук методів контролю параметрів ДВЗ без його розбирання – одна з найбільш помітних тенденцій останнього часу. Про це говорить зокрема, такий факт, що все більше число сучасних тракторів та автомобілів оснащуються або вбудованими системами контролю, або системою датчиків, до яких підключається стаціонарні контрольні пристрої. Розроблюваний нами метод діагностування газорозподільного механізму дозволить без розбірних операцій зробити діагностику об'єкта, виключаючи перераховані недоліки. Крім того, даний метод діагностування дозволить визначати функціональні зв'язки між параметрами технічного стану та діагностичними параметрами.

Сутність запропонованого нами методу діагностування газорозподільного механізму полягає в вимірі широко інформативного сигналу пульсації газів у впускному і випускному трубопроводах в режимі примусового прокручування колінчастого вала двигуна. Для виявлення діагностичного параметра необхідно, математично описати процеси, що відбуваються в газорозподільному механізмі в залежності від параметрів технічного стану в режимі тестового впливу.

Таким чином, проведений аналіз методів і засобів діагностування газорозподільного механізму показує, що необхідний новий метод діагностування, що дозволить знизити вплив людського фактора на точність постановки діагнозу, також повинен володіти високою оперативністю і достовірністю, що власне можливо реалізувати на базі сучасних комп'ютерних технологій. Для розробки методу диференціального діагностування ГРМ необхідно мати інформацію про динаміку зміни параметрів технічного стану його елементів в процесі експлуатації, а також виявити ті з них, які найбільш схильні до таких змін. На підставі викладеного, було проведено пошуковий експеримент, спрямований на вимірювання і аналіз параметрів технічного стану ГРМ вантажних автомобілів та тракторів, в процесі їх експлуатації.

Було проведено пошуковий експеримент метою, якого було виявлення і аналіз параметрів технічного стану газорозподільного механізму, що найбільш часто виходять за рамки значень встановлених заводом виробником.

Обсяг вибірки, необхідний для проведення експерименту, визначався за стандартною методикою методом послідовних наближень [6]. Допустима сумарна похибка засобів вимірювань не перевищує 5%. [3]

Результати перевірки показують (рис. 1.1.), Що в процесі експлуатації ГРМ найбільше число несправностей і змін регулювань пов'язано зі збільшеним зазором між клапанами і штовхачами (26%) і зменшеним зазором між клапанами і штовхачами (24%).

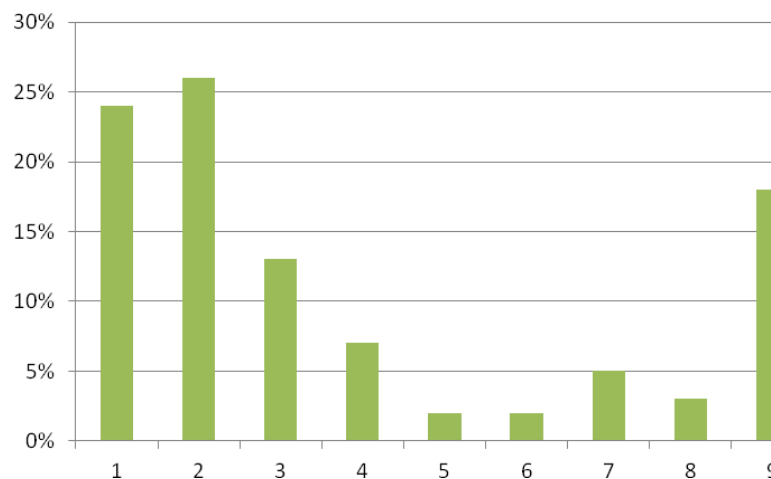


Рис. 1.1. Діаграма частот розподілу несправностей ГРМ 1 – зменшений зазор між клапанами і штовхачами; 2 – збільшений зазор між клапанами і штовхачами; 3 – знос або обгорання впускних клапанів або їх сідел; 4 – знос розподільних шестерень; 5 – знос підшипників розподільного вала; 6 – знос штовхачів і направляючих втулок клапанів; 7 – зависання клапанів; 8 - поломка пружини клапанів або штанги штовхача; 9 – знос або обгорання випускних клапанів або їх сідел;

Аналізуючи діаграму частот розподілу несправностей можна побачити, що найбільш часто зустрічаються несправності, що виникають внаслідок порушення регулювань теплових зазорів між клапанами і штовхачами.

Так при зменшеному зазорі між клапанами і штовхачами відбувається обгорання випускних клапанів або їх сідел (18%). Крім того, через порушення регулювань в ГРМ виникають несправності пов'язані з зносом або обгорання випускних клапанів (13%)/

Після проведених перевірок, технічний стан елементів ГРМ доводилося до нормального, що відповідало вимогам заводу-виробника. При цьому якщо у елементів спостерігалися явно виражені несправності, такі як стуки, різного роду знос і пошкодження, що приводили до нестійкої роботи двигуна внутрішнього згорання, вони замінялися, проводилися необхідні регулювальні операції і випробування тривали.

Статична обробка отриманих даних проводилася за допомогою програмного середовища «Excel». Були отримані статистичні характеристики параметрів технічного стану для працездатних (табл. 1.1) і непрацездатних елементів ГРМ (табл. 1.2). У таблицях наведені розрахунки середнього значення ПТС, його стандартне відхилення і коефіцієнт варіації.

Проведений аналіз таблиць 1.1 і 1.2 показує, що з розглянутих параметрів технічного стану ГРМ в процесі експлуатації, найбільші зміни мають теплові зазори між впускними і випускними клапанами і штовхачами. Збільшення зазору між клапанами і штовхачами становить 26%, а зменшення зазору між клапанами і штовхачами становить 24%/

Збільшене значення діаметра циліндра пов'язано із зносом стінок циліндра. Підвищений тепловий зазор в замках кілець викликаний зносом поршневих кілець в процесі експлуатації, а також може бути пов'язаний із зносом циліндра двигуна внутрішнього згорання. Зменшене значення теплового зазору в замках кілець викликано «заляганням» поршневих кілець в канавках поршнів двигуна.

Таблиця 1.1 – Статистичні характеристики параметрів технічного стану для працездатних елементів ЦПГ і ГРМ

Параметри технічного стану	Середнє значення	Стандартне відхилення	Коеф. варіації	Об'єм вибірки
ЦПГ				
Діаметр циліндра внутрішній, мм	120	0,006	0,000065	12
Тепловий зазор в замках кілець, мм	0,5	0,15	0,333333	18
ГРМ				
Зазор між штовхачем і впускним клапаном, мм	0,27	0,05	0,142857	60
Зазор між штовхачем і випускним клапаном, мм	0,37	0,05	0,142857	62
Початок відкриття впускних клапанів, град.	10	1	0,083333	54
Кінець закриття впускних клапанів, град.	46	1,5	0,025	54
Початок відкриття випускних клапанів, град.		1	0,018518	57
Кінець закриття випускних клапанів, град.	10	1,5	0,083333	57

Таблиця 1.2 – Статистичні характеристики параметрів технічного стану для непрацездатних елементів ЦПГ і ГРМ

Параметри технічного стану	Середнє значення	Стандартне відхилення	Коеф. варіації	Об'єм вибірки
ЦПГ				
Збільшений діаметр циліндра внутрішній, мм	120,036	0,064	0,000695	31
Збільшений тепловий зазор в замках кілець, мм	0,65	0,25	0,384615	26
Зменшений тепловий зазор в замках кілець, мм	0,3	0,05	0,166667	13
ГРМ				
Збільшений зазор між штовхачем і впускним клапаном, мм	0,45	0,15	0,333333	68
Зменшений зазор між штовхачем і впускним клапаном, мм	0,31	0,09	0,290323	69
Збільшений зазор між штовхачем і випускним клапаном, мм	0,43	0,15	0,348837	65
Зменшений зазор між штовхачем і випускним клапаном, мм	0,32	0,08	0,25	64
Збільшений кут початку відкриття впускних, град.	22	10	0,45455	45
Зменшений кут початку відкриття клапанів, град.	6	6	1	41
Збільшений кут кінця закриття впускних клапанів, град.	71	11	0,15493	47
Зменшений кут кінця закриття впускних клапанів, град.	53	7	0,13208	43
Збільшений кут початку початку відкриття випускних клапанів, град.	68	14	0,20588	39
Зменшений кут початку відкриття випускних клапанів, град.	42	12	0,28571	40
Збільшений кут кінця закриття випускних клапанів, град.	27	9	0,33333	42
Зменшений кут кінця закриття випускних клапанів, град.	10	8	0,8	46

Зміни значень зазорів між штовхачами і впускними і випускними клапанами відбуваються внаслідок розрегулювання клапанного механізму через зношування його деталей, а також неправильного регулювання. На 65% тракторів даний параметр знаходиться не в рамках нормативного значення.

Зміна кутів відкриття і закриття клапанів відбувається на 30% тракторів. Така проблема пов'язана з неправильною установкою ланцюгової або пасової передачі ГРМ, витягуванням ланцюга, паса.

Висновки по розділу 1

Аналіз літературних джерел з питання діагностування газорозподільного механізму двигуна внутрішнього згорання і проведений пошуковий експеримент дозволяють зробити наступні висновки:

Існуючі методи діагностування ГРМ поділяються на кілька видів: діагностування по шумах і стуку за допомогою механічних та електронних стетоскопів; за акустичними сигналами з застосуванням віброакустичних пристроїв і приладів; за відносним вимірюванням витoku стисненого повітря, що подається в надпоршневий простір циліндрів (для оцінки стану клапанів). Перераховані методи і засоби діагностування газорозподільного механізму не завжди ефективні при діагностуванні певних несправностей і порушень регулювань. Це пов'язано, перш за все, з не високою оперативністю діагностування, можливістю виконання діагностування лише в статичному режимі, виконанням тільки загальної діагностики, і з не достатнім рівнем автоматизації діагностування.

Пошуковим експериментом встановлено, що найбільша кількість несправностей і порушень регулювань в ГРМ доводиться на величину зазорів в клапанному механізмі – 65%, розташуванням приводу ГРМ – 30% і зносом ЦПГ – 20%. Дані несправності виявляються існуючими методами діагностування, але з великими витратами за часом.

Аналіз методів і засобів діагностування газорозподільного механізму автотракторних двигунів показує, що досліджень присвячених даному питанню недостатньо, і розробка високоінформативного і оперативного методу диференціального діагностування газорозподільного механізму двигунів внутрішнього згорання з використанням комп'ютерних технологій актуальна і має економічну доцільність.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГРМ

Для реалізації пошукового експерименту була розроблена методика визначення параметрів технічного стану об'єкта випробувань. Двигун внутрішнього згоряння є складним агрегатом автомобіля, і визначення значень параметрів технічного стану таких механізмів як ГРМ і ЦПГ вимагає часткового розбирання ДВЗ. Спочатку виконувалася перевірка параметрів технічного стану елементів ГРМ, таких як: зазор між носками коромисел і торцями стрижнів клапанів, зазор між носками коромисел і торцями стрижнів клапанів, фази газорозподілу. На наступному етапі відбувалося вимір ПТС елементів ЦПГ: внутрішній діаметр циліндра, тепловий зазор в замках кілець. Якщо значення ПТС виходили за рамки нормованих значень, то проводилася при необхідності регулювання або заміна на новий елемент.

Для цього використовувалися стандартні методики [13] і наступні вимірювальні засоби:

- Плоский щуп з ціною поділки 0,05 мм;
- Нутромер мікрометричний, межі вимірювань 75...175 мм; похибка вимірювань 2,5%;

1. Вимірювання зазорів між носками коромисел і торцями стрижнів клапанів проводиться за допомогою плоского щупа товщиною 0,25...0,30 мм (для першого і восьмого клапанів – 0,35...0,40 мм) при повністю закритих клапанах.

2. Вимірювання внутрішнього діаметра циліндра здійснюють за допомогою мікрометричного нутромера. Замір здійснюється в двох взаємно перпендикулярних площинах А-А і В-В в гріх поясах циліндра. Пояс 1-1 розташовується нижче вироблення від верхнього поршневого кільця; 2-2 посередині гільзи; 3-3 на 20 мм вище нижнього обріза гільзи. Значення

внутрішнього діаметра циліндра не повинно виходити за рамки нормативного 120,036- 120,024 мм.

3. Тепловий зазор в замках кілець перевіряють за допомогою щупа.

4. Методика регулювання теплових зазорів між носками коромисел і торцями стрижнів клапанів [137]:

4.1. Установіть колінчастий вал в положення, відповідне початку подачі палива в 1-м циліндрі, використовуючи фіксатор, змонтований на картері маховика;

4.2. Повернути колінчастий вал через люк в картері зчеплення на 60° і відрегулювати зазори клапанів 1-го і 5-го циліндрів;

4.3. Повертають колінчастий вал на 180° , 360° і 540° , регулюючи відповідно зазори в 4-м і 2-м, 6-м і 3-м, 7-м і 8-м циліндрах;

Для реалізації методу диференціального діагностування ГРМ, і проведення експериментальних досліджень, необхідне устаткування дозволяє виконувати наступні функції:

1. Задавати тестовий режим для процесу діагностування;

2. Забезпечувати постійне вимірювання вхідних і вихідних сигналів в період діагностування;

3. Вимірювати масова витрата повітря при протіканні процесу діагностування;

4. Обробляти характеристики об'єкта, що діагностується і визначати значення діагностичних ознак;

5. Виконувати аналіз отриманої діагностичної інформації та здійснювати постановку діагнозу.

Для реалізації даних функцій був розроблений комп'ютерний - діагностичний комплекс (рис. 2.1) включає механічний, вимірювальний і комп'ютерний блоки.

Механічний блок виконує наступні завдання:

- Дозволяє прокручувати колінчастий вал двигуна від стороннього джерела енергії і вибрати режим діагностування.

- Забезпечує частоту обертання колінчастого вала двигуна в діапазоні від 57 до 150 об/хв, що виключає вплив інерційного повітряного потоку на результати діагностування. Механічна частина виконана у вигляді установки представлена на рис. 3.1. На схемі позиціями вказані наступні елементи:

1. Електродвигун 1500 об/хв;

2. Ланцюговий варіатор з діапазоном обертання від 265 до 2110 об/хв;

Вимірювальний блок виконує наступні завдання:

3. Циліндричний редуктор з передавальним відношенням $1 = 16$.

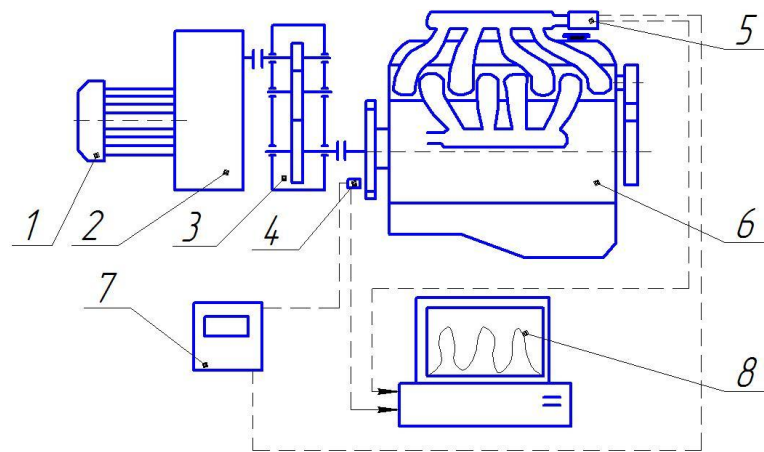


Рис. 2.1 Структурна схема комп'ютерного-діагностичного комплексу 1 – електродвигун; 2 – ланцюгової варіатор (АЦП); 3 – циліндричний редуктор; 4 – датчик положення колінчастого вала; 5 – датчик витрати повітря (ДРВ); 6 – двигун внутрішнього згоряння; 7 – блок живлення; 8 – комп'ютер;

- вимірює характер зміни розрядження повітряного потоку у впускному трубопроводі в залежності від часу в режимі примусового прокручування колінчастого вала двигуна внутрішнього згоряння;

- синхронізують залежність розрядження повітряного потоку у впускному трубопроводі двигуна внутрішнього згоряння від часу з сигналом положення поршня в «верхній мертвій точці» на такті стиснення;

Вимірювальний блок комплексу складається з наступних елементів:

4 – датчик положення колінчастого вала;

5 – ДРВ;

7 – Блок живлення + 12В.

Датчик витрати повітря поз.5 на рис 3.1. був спеціально розроблений нами на кафедрі «Механіки та інженерії агроєкосистем» під керівництвом д.т.н. Кухарця С.М. для вимірювання характеристик розрідження повітряного потоку у впускному трубопроводі в залежності від часу в режимі примусового прокручування колінчастого вала двигуна внутрішнього згорання. Принципова схема ДРВ представлена на рис. 2.2.

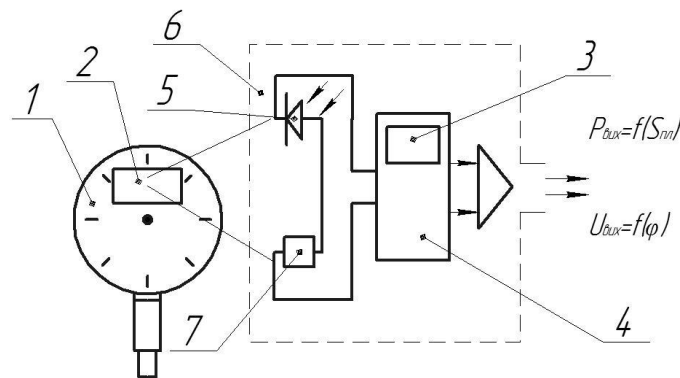


Рис. 2.2. Принципова схема ДРВ 1 – манометр, 2 – рухома платформа; 3 – АЦП; 4 – мікросхема; 5 – світлодіод; 6 - друкована плата; 7 – оптичний елемент стеження.

Прилад містить манометр 1 для виконання тієї функції пристрою, яка дозволяє в залежності від величини розрядження повітряного потоку забезпечувати зворотно-поступальне переміщення рухомої платформи 2, встановленої на манометрі 1. Аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) 3 розташований в безпосередній близькості від рухомої платформи 2 і закріплений на корпусі манометра 1. АЦП 3 виконаний у вигляді мікросхеми 4. Світлодіод 5, встановлений на друкованій платі 6, призначений для надіслання пучка світла в область рухомої платформи 2, який, відбиваючись від поверхні рухомої платформи 2, надходить на оптичний елемент стеження 7, а потім в мікросхему 4 і АЦП 3. Далі сигнал надходить в ЕОМ. Світлодіод і оптичний елемент стеження встановлені на друкованій платі 6, яка розташована на корпусі манометра 1.

Блок живлення подає стабілізовану напругу (+5 В) на датчики положення колінчастого вала і витрати повітря.

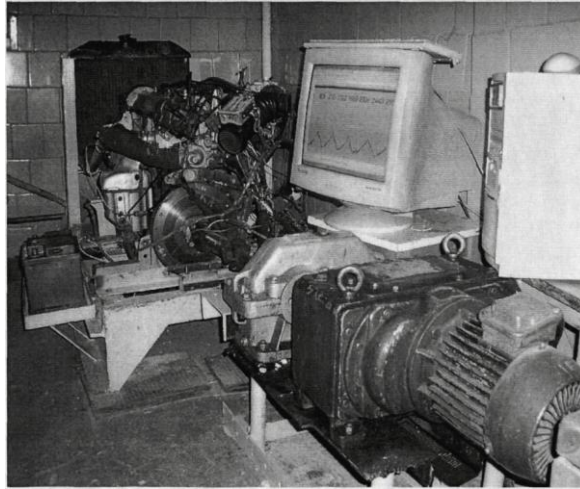


Рис. 2.3. Зовнішній вигляд комп'ютерного діагностичного комплексу.

Комп'ютерний блок дозволяє візуально спостерігати і реєструвати характеристики зміни розрядження повітряного потоку у впускному трубопроводі в залежності від часу (за рахунок спільної роботи аналоговоцифрового перетворювача (АЦП) і персонального комп'ютера (ПК), а так само записувати і зберігати дані.

Характеристики комп'ютерного блоку:

- Комп'ютер - оперативна пам'ять 128 Мб, процесор з частотою 950 Гц, жорсткий диск 20 Гб.

Обробку, аналіз і реєстрацію характеристик зміни повітряного потоку в залежності від часу виконують із застосуванням спеціальної програми для ЕОМ «Лічильник». Дана програма призначена для вимірювання характеру зміни розрядження повітряного потоку у впускному трубопроводі газорозподільного механізму в залежності від часу в режимі примусового прокручування колінчастого вала двигуна внутрішнього згорання. Синхронізує залежність розрядження повітряного потоку у впускному трубопроводі двигуна внутрішнього згорання від часу з сигналом положення поршня в «верхній мертвій точці» на такті стиснення. Програма здійснює аналіз і реєстрацію характеристик зміни повітряного потоку в залежності від часу. Діалогове вікно

програми для ЕОМ в ході вимірювання залежності розрядження повітряного потоку у впускному трубопроводі від часу показано на малюнку 2.4.

Крім цього нами був використаний обкатному-гальмівний стенд Ки 5274 ГОСНИТИ.

Електричні гальма постійного струму, більш складні за конструкцією, отримали спеціалізоване застосування, головним чином, при випробуваннях і доведенні нових і серійних двигунів на заводах, автополігоні і т.д. У технічній експлуатації двигунів широкого поширення набули електричні гальма змінного струму, відомі як обкаточнотормозні стенди. Вони більш прості за конструкцією, дешевші, але в той же час мають обмежені технічні можливості для проведення повномасштабних випробувань двигунів. Розглянемо їх будову та принцип роботи на прикладі стенду КИ-5274 ГОСНИТИ більш докладно.

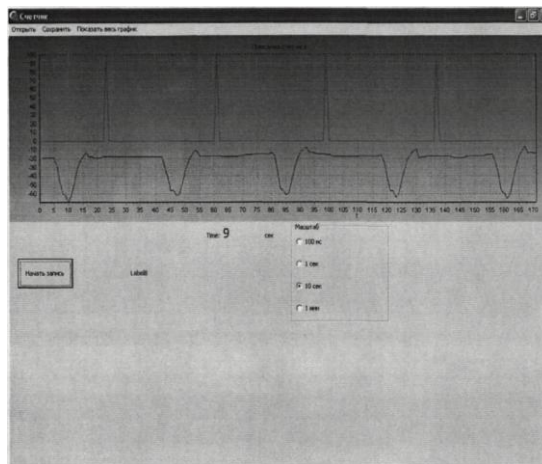


Рис. 2.4. Діалогове вікно програми для ЕОМ.

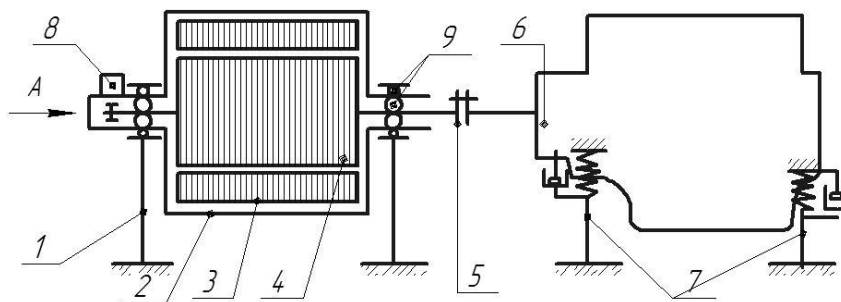


Рис. 2.5. Електричний обкатно-гальмівний стенд: 1 – опори статора; 2 – статор; 3 - обмотка збудження статора; 4 - обмотка збудження ротора; 5 – з'єднувальна муфта; 6 – двигун; 7 – опори двигуна; 8 – датчик частоти обертання; 9 – підшипники; 10 – зубчасте колесо; II – важіль динамометра.

Електричне гальмо такого стенду (рис. 2.5) являє собою асинхронну електричну машину змінного струму з фазним ротором.

Статор 2 електричної машини балансирними встановлений на підшипниках кочення 9 опор 1 фундаментної рами. Вал ротора (якоря) з'єднаний з допомогою муфти 5 з колінчастим валом випробовуваного двигуна. Двигун встановлений на гумових подушках опор 7 фундаментної рами. Корпус статора за допомогою важеля 11 з'єднаний з динамометричним пристроєм маятникового типу.

Обмотки збудження статора 3 і якоря 4 підключаються до мережі через контактор 6 з нормально-розімкнутими контактами. Для регулювання сили струму в обмотці збудження якоря його ланцюг через щітково-колекторний вузол послідовно з'єднана з навантажувальним реостатом 8 рідинного типу. Підключення силової напруги здійснюється включенням рубильника 5 силової шафи і натисканням кнопки 1 «пуск» на пульті стенда. При цьому відбувається підключення контактора до однофаз напрузі 220 В і переміщення сердечника котушки з контактами 6.

При замиканні контактів силова напруга підводиться до обмотки збудження статора і до реостата. Утримання контактів в замкнутому стані при відпущеній пускової кнопки забезпечується котушкою 7, ланцюг живлення якої замкнута контактом 3. Для виключення силового напруги необхідно розімкнути ланцюг котушки 7 за допомогою кнопки 2 «стоп».

Навантажувальний реостат 8 являє собою квадратний металевий бак, заповнений електролітом (водний розчин кальцинованої соди), в якому знаходяться три пари ізолюваних один від одного металевих пластин-ножів великої площі. Число пар відповідає числу фаз силового напруги. Ножі, закріплені на валу, можуть по дузі опускатися в електроліт або підніматися. Привід вала здійснюється від реверсивного електродвигуна або вручну маховиком. У кожній парі ножів один є токопідводящий, а інший - токоотводящий. Провідником струму між ножами служить електроліт. Реостат

дозволяє регулювати силу струму шляхом зміни площі занурення ножів в електроліт. Чим більше площа, тим більше сила струму. При повністю піднятих ножах реостат розмикає силову ланцюг якоря.

При замиканні реостатом ланцюга якоря в обмотках збудження якоря і статора виникають електромагнітні поля, які взаємодіють між собою. В результаті взаємодії на якорі виникає крутий момент, а на статорі - протилежно спрямований реактивний момент. Такий режим роботи електричної машини є тяговим. Зі збільшенням сили струму збудження частота обертання валу електричної машини зростає до досягнення максимального значення, рівного синхронної частоті обертання електромагнітних полів статора і ротора, яка становить 1600 об/хв. При перевищенні цієї частоти, наприклад, при роботі двигуна в діапазоні частот обертання від 1600 об/хв і більше, електрична машина переходить в гальмівний режим роботи (режим генератора). В цьому випадку електромагнітне поле якоря протидіє обертанню якоря, а, отже, і обертанню вала випробовуваного двигуна. На статорі при цьому виникає реактивний момент, рівний оберտального моменту двигуна. Зміна гальмівного моменту здійснюється шляхом зміни сили струму в обмотці збудження якоря.

Висновки по розділу 2

В другому розділі магістерської роботи розроблений комплекс для діагностування та методика досліджень

РОЗДІЛ 3
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВ'ЯЗКІВ ДІАГНОСТИЧНИХ ОЗНАК З
ПАРАМЕТРАМИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ
ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ ДВЗ

В результаті проведеного аналізу впливу ПТС на характеристиках розрідження повітря у впускному трубопроводі було виявлено, що дані ОЛД характеризуються рядом діагностичних ознак, чутливих до змін деяких параметрів технічного стану.

1. ОЛД Д1 характеризується ознаками $K_1 = \alpha_{\text{вп}}$ – момент (кут) відкриття впускного клапана; $K_2 = \alpha_{\text{вип}}$ – момент (кут) закриття впускного клапана; $K_3 = P_{\text{max1}}$ – максимальний тиск у трубопроводі;

2. ОЛД Д2 характеризується ознаками $K_4 = t_1$ – час відкриття впускного клапана від моменту приходу поршня в ВМТ до моменту приходу поршня в НМТ; $K_5 = P_{\text{max2}}$ – максимальне розрідження у впускному трубопроводі;

3. ОЛД Д3 характеризується такими ознаками $K_5 = P_{\text{max2}}$ – максимальне розрідження у впускному трубопроводі; $K_6 = t_2$ – час закриття клапана до моменту приходу поршня в НМТ;

4. ОЛД Д4 характеризується ознаками $K_7 = P_{\text{max3}}$ – максимальний тиск у трубопроводі пов'язаний із закриттям впускного клапана; $K_8 = t_3$ – час закриття клапана в момент початку руху поршня з НМТ у ВМТ.

Як було з'ясовано, кожній області локального діагнозу належить безліч діагностичних ознак отримані діагностичні ознаки запишемо у вигляді:

$$\left\{ \begin{array}{l} Д1 \in U (K^1, K^2, K^3) \\ Д2 \in U (K^4, K^5) \\ Д3 \in U (K^5, K^6) \\ Д4 \in U (K^7, K^8) \end{array} \right. \quad (3.1)$$

За результатами аналізу показників розрідження у впускному трубопроводі, визначивши приналежність параметру технічного стану Π_i

визначену множину ознак k^n , провівши скорочення і перетворення. Отримаємо систему 3.2. параметрів технічного стану з відповідними діагностичними ознаками першого роду:

$$\left\{ \begin{array}{l} П1 \in U(K^5, K^8) \\ П2 \in K^{6(+1)} \\ П3 \in K^{6(-1)} \\ П4 \in U(K^7, K^8) \\ П5 \in K^{16} \\ П6 \in K^{15} \end{array} \right. \quad (3.2)$$

Для встановлення зв'язку параметрів технічного стану з відповідними діагностичними ознаками були побудовані функціональні залежності.

Отримані залежності апроксимовані методом найменших квадратів з метою встановлення залежності діагностичних ознак від параметрів технічного стану. Встановлені залежності показують діапазон допустимих змін діагностичних ознак при допустимому зміні параметрів технічного стану.

Діапазони варіювання параметрів технічного стану визначалися відповідно до технічної документації заводу – виробника. Згідно з методикою викладеної в розділі 3, були побудовані графічні залежності діагностичних ознак від параметрів технічного стану рис. 3.1.-3.11.

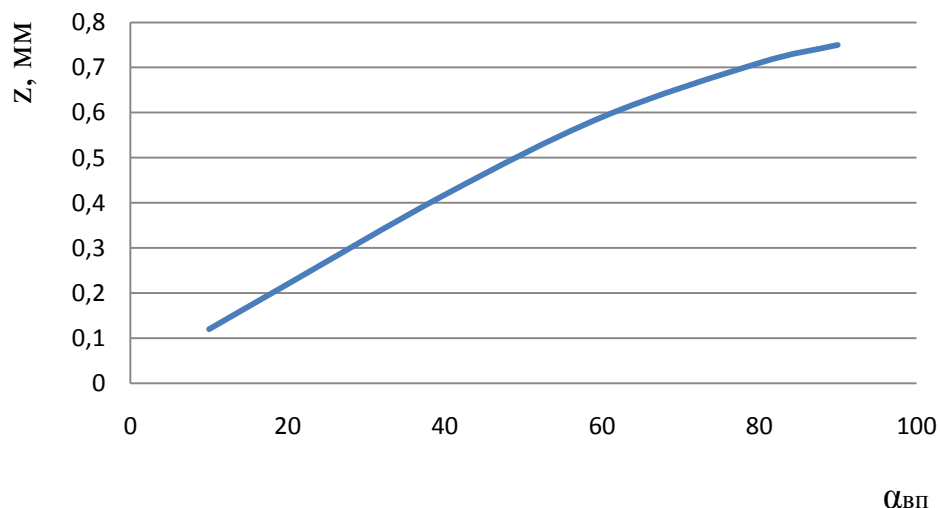


Рис. 3.1. Залежність кута відкриття впускного клапана від величини теплового зазору на впускних клапанах

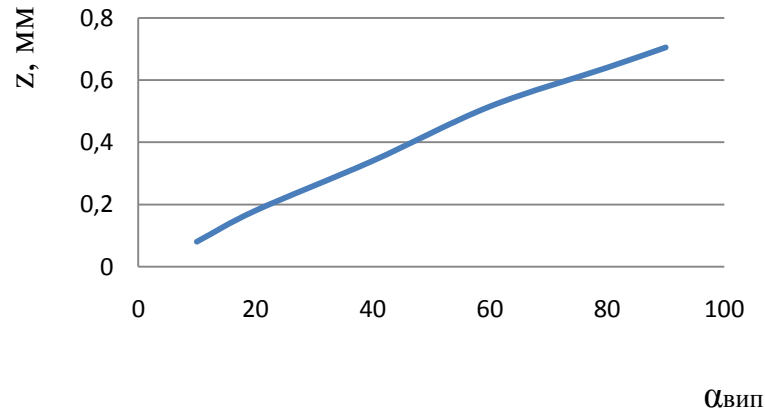


Рис. 3.2. Залежність кута закриття випускного клапана від величини теплового зазору на впускних клапанах

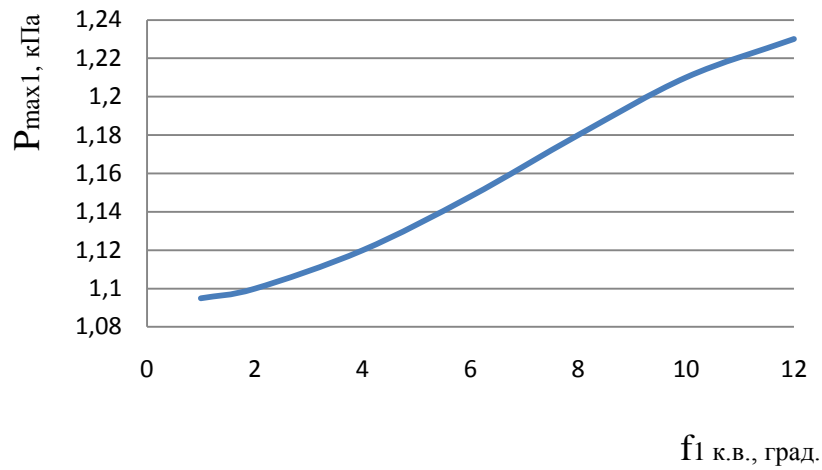


Рис. 3.3. Залежність максимального тиску у впускному трубопроводі від кута повороту колінчастого вала двигуна f_1 .

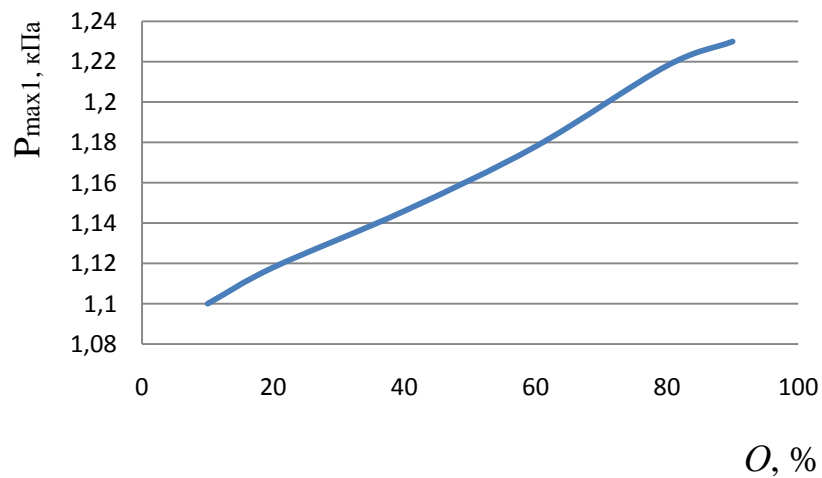


Рис. 3.4. Залежність максимального тиску у впускному трубопроводі від герметичності ЦПГ O .

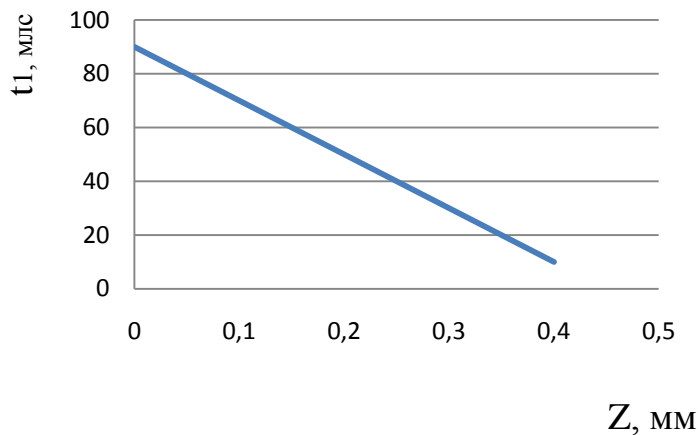


Рис. 3.5. Залежність часу відкриття впускного клапана від моменту приходу поршня у ВМТ до моменту приходу поршня у НМТ від величини теплового зазору на впускних клапанах

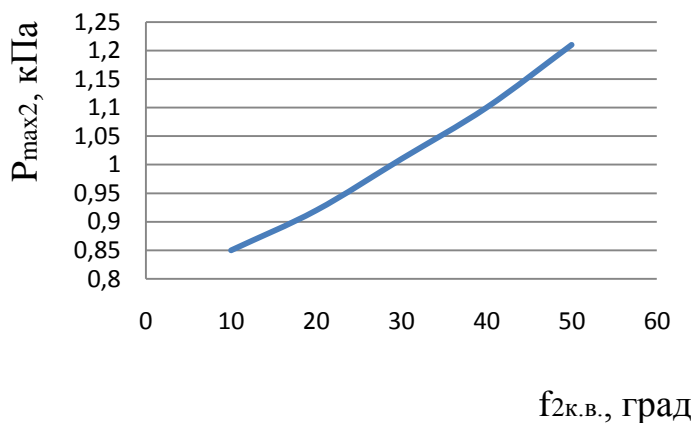


Рис. 3.6. Залежність максимального розрідження у впускному трубопроводі від кута повороту колінчастого валу двигуна f_2 .

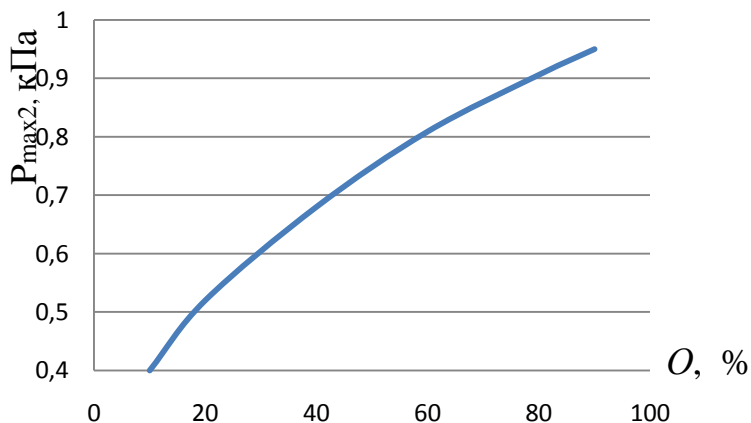


Рис. 3.7. Залежність максимального розрідження у впускному трубопроводі від герметичності ЦПГ O .

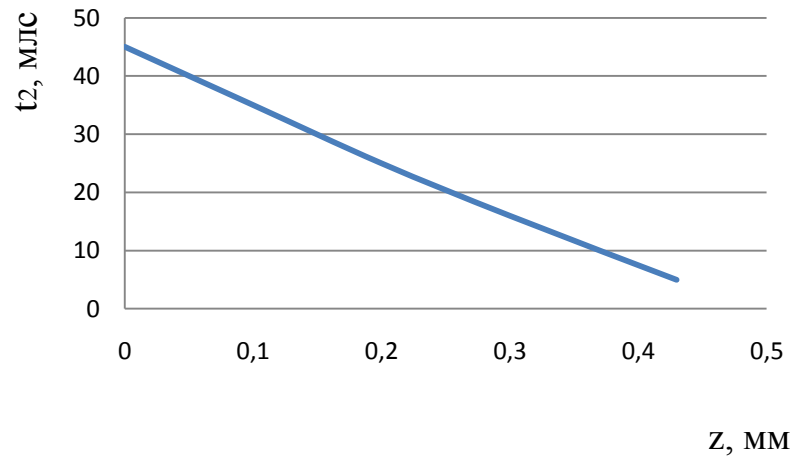


Рис. 3.8. Залежність часу закриття впускного клапану до моменту приходу поршня в НМТ від величини теплового зазору на впускних клапанах.

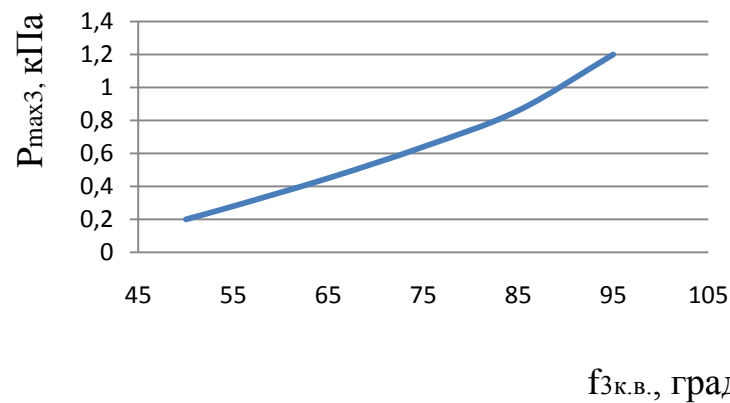


Рис. 3.9. Залежність максимального тиску у впускному трубопроводі, пов'язаного з закриттям впускного клапану від кута повороту колінчастого валу двигуна f_3 .

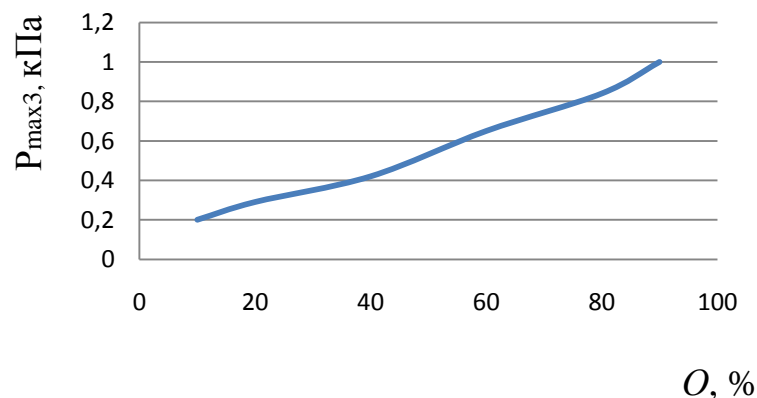


Рис. 3.10. Залежність максимального тиску у впускному трубопроводі, пов'язана із закриттям впускного клапану від герметичності ЦПГ O .

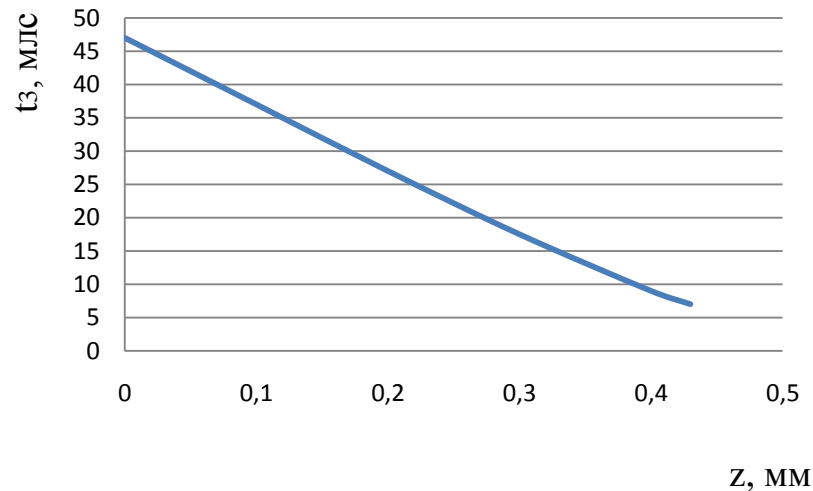


Рис. 3.11 Залежність часу закриття впускного клапана в момент початку руху поршня з НМТ в ВМТ від величини теплового зазору на впускних клапанах.

В результаті проведеної апроксимації отриманих графічних залежностей, були отримані наступні рівняння зв'язків діагностичних ознак з параметрами технічного стану елементів ГРМ:

1. Рівняння зв'язку між величиною теплового зазору на впускних клапанах z і:

а) кутом відкриття впускного клапана:

$$Z=0,0081\alpha_{\text{вп}}+0,0705 \quad (3.3)$$

Коефіцієнт достовірності апроксимації $R^2=0,98$.

б) кутом закриття впускного клапана:

$$Z=0,00806\alpha_{\text{вп}}+0,01277 \quad (3.4)$$

Коефіцієнт достовірності апроксимації $R^2=0,99$.

2. Рівняння зв'язку між максимальним тиском у впускному трубопроводі P_{max1} від кута повороту колінчастого валу:

$$P_{\text{max1}}=0,0134f_{\text{к.в.}}+1,0717 \quad (3.5)$$

Коефіцієнт достовірності апроксимації $R^2=0,99$.

3. Рівняння зв'язку між максимальним тиском у впускному трубопроводі P_{max1} від герметичності ЦПГ:

$$P_{\text{max1}}=0,0016O.+1,0814 \quad (3.6)$$

Коефіцієнт достовірності апроксимації $R^2=0,99$.

4. Рівняння зв'язку між часом відкриття впускного клапана від моменту приходу поршня у ВМТ до моменту приходу поршня у НМТ t_1 від величини теплового зазору на впускних клапанах:

$$t_1 = -200z + 90 \quad (3.7)$$

Коефіцієнт достовірності апроксимації $R^2=1$.

5. Рівняння зв'язку між максимальним розрідженням у впускному трубопроводі $P_{\max1}$ від кута повороту колінчастого валу:

$$P_{\max2} = 0,0091f_{2к.в.} + 0,7383 \quad (3.8)$$

Коефіцієнт достовірності апроксимації $R^2=0,99$.

6. Рівняння зв'язку між максимальним розрідженням у впускному трубопроводі $P_{\max1}$ від герметичності ЦПГ:

$$P_{\max2} = 0,0067O + 0,3793 \quad (3.9)$$

Коефіцієнт достовірності апроксимації $R^2=0,97$.

7. Рівняння зв'язку між часом закриття впускного клапана до моменту приходу поршня в НМТ t_2 від величини теплового зазору на впускних клапанах:

$$t_2 = -93,567z + 44,337 \quad (3.10)$$

Коефіцієнт достовірності апроксимації $R^2=0,99$.

8. Рівняння зв'язку між максимальним розрідженням у впускному трубопроводі, пов'язаного з закриттям впускного клапана $P_{\max3}$ від кута повороту колінчастого валу:

$$P_{\max3} = 0,0212f_{3к.в.} + 0,9198 \quad (3.11)$$

Коефіцієнт достовірності апроксимації $R^2=0,97$.

9. Рівняння зв'язку між максимальним розрідженням у впускному трубопроводі, пов'язаного із закриттям впускного клапану $P_{\max3}$ від герметичності ЦПГ:

$$P_{\max3} = 0,0098O + 0,0621 \quad (3.12)$$

Коефіцієнт достовірності апроксимації $R^2=0,98$.

10. Рівняння зв'язку між часом закриття впускного клапану в момент початку руху поршня з НМТ в ВМТ t_3 від величини теплового зазору на впускних клапанах:

$$t_3 = -93,567z + 44,337 \quad (3.13)$$

Коефіцієнт достовірності апроксимації $R^2=0,99$.

У відповідності з методикою нормування ДП викладеною в розділі 3, з рівнянь зв'язків, були отримані нормативні значення ознак, що змінюються функціонально, які дозволили зробити наступні висновки по вибору діагностичних ознак для складання діагностичної матриці:

1. Діагностична ознака кут відкриття впускного клапану $\alpha_{вп}$ при зміні теплового зазору на впускних клапанах z в діапазоні 0,2...0,3 мм змінюється в діапазоні від 18 до 34 град.

2. Діагностична ознака кут закриття випускного клапана $\alpha_{вип}$ при зміні величини теплового зазору на впускних клапанах z в діапазоні 0,2...0,3 мм змінюється в діапазоні від 23 до 36 град.

3. Діагностична ознака максимальний тиск у впускному трубопроводі P_{max1} при зміні кута повороту колінчастого вала $f_{1к.в.}$ в діапазоні 6...10 град змінюється в діапазоні від 1,15 до 1,21кПа.

4. Діагностичний ознака максимальний тиск у впускному трубопроводі P_{max1} при зміні герметичності ЦПГ O в діапазоні від 60 до 80% змінюється в діапазоні від 1,165 до 1,217 кПа.

5. Діагностичний ознака час відкриття впускного клапана від моменту приходу поршня в ВМТ до моменту приходу поршня в НМТ t_1 при зміні величини теплового зазору на впускних клапанах z в діапазоні 0,2...0,3 мм змінюється в діапазоні від 30 до 50 МЛС.

6. Діагностичний ознака максимальне розрідження у впускному трубопроводі P_{max2} при зміні кута повороту колінчастого вала $f_{1к.в.}$ в діапазоні 20...40 град змінюється в діапазоні від 0,91 до 1,1 кПа.

7. Діагностичний ознака максимальний тиск у впускному трубопроводі $P_{\max 2}$ при зміні герметичності ЦПГ O в діапазоні від 60 до 80% змінюється в діапазоні від 0,8 до 0,9 кПа.

8. Діагностичний ознака час закриття впускного клапана до моменту приходу поршня в НМТ t_1 при зміні величини теплового зазору на впускних клапанах z в діапазоні 0,2...0,3 мм змінюється в діапазоні від 16 до 25 МЛС.

9. Діагностичний ознака максимальний тиск у впускному трубопроводі, пов'язаний із закриттям впускного клапана $P_{\max 3}$ при зміні кута повороту колінчастого вала $f_{3к.в.}$ діапазоні 65...75 град змінюється в діапазоні від 0,42 до 0,62кПа.

10. Діагностичний ознака максимальний тиск у впускному трубопроводі, пов'язане із закриттям впускного клапана $P_{\max 3}$ при зміні герметичності ЦПГ O в діапазоні від 60 до 80% змінюється в діапазоні від 0,63 до 0,82кПа.

11. Діагностичний ознака час закриття впускного клапана до моменту початку руху поршня в НМТ у ВМТ t_1 при зміні величини теплового зазору на впускних клапанах видання в діапазоні 0,2...0,3 мм змінюється в діапазоні від 18 до 27 мліс.

Після проведеного аналізу функціональних залежностей та рівнянь зв'язку отримали остаточну систем параметрів технічного стану з відповідними діагностичними ознаками, які складуть діагностичну матрицю:

$$\left\{ \begin{array}{l} П2 \in U (K^{1(-1)}, K^{3(-1)}, K^{4(-1)}, K^{5(-1)}, K^{6(-1)}, K^{7(-1)}, K^{8(-1)}) \\ П3 \in U (K^{1(+1)}, K^{3(+1)}, K^{4(+1)}, K^{5(+1)}, K^{6(+1)}, K^{7(+1)}, K^{8(+1)}) \\ П4 \in U (K^{2(+1)}, K^{3(+1)}, K^{5(-1)}, K^{6(+1)}) \\ П5 \in U (K^{2(-1)}, K^{3(-1)}, K^{5(-1)}, K^{6(-1)}) \\ П6 \in U (K^{1(+1)}, K^{2(+1)}, K^{3(-1)}, K^{4(+1)}, K^{5(-1)}, K^{6(+1)}, K^{7(-1)}, K^{8(+1)}) \\ П7 \in U (K^{1(+1)}, K^{3(+1)}, K^{4(+1)}, K^{5(+1)}, K^{6(+1)}, K^{7(+1)}, K^{8(+1)}) \\ П8 \in U (K^{2(+1)}, K^{3(-1)}, K^{5(-1)}, K^{7(+1)}) \\ П9 \in U (K^{1(+1)}, K^{2(+1)}, K^{4(+1)}) \\ П10 \in U (K^{3(+1)}, K^{5(+1)}, K^{7(+1)}) \end{array} \right. \quad (3.14)$$

У таблиці 3.1. представлені нормативні значення параметрів технічного стану відповідно до вимог заводу виробника. У таблиці 3.2. представлені вибрані діагностичні ознаки з результатами нормування.

Таблиця 3.1 – Нормовані значення параметрів технічного стану ГРМ

№	Параметр технічного стану	Значення параметрів технічного стану (двигун ЯМЗ)
ЦПГ		
1	Діаметр циліндра внутрішній, мм	120
2	Тепловий зазор в замках кілець, мм	0,4...0,6
ГРМ		
3	Зазор між штовхачем і впускним клапаном, мм	0,25...0,3
4	Зазор між штовхачем і випускним клапаном, мм	0,35...0,4
5	Початок відкриття впускних клапанів, град	10
6	Кінець закриття впускних клапанів, град	46
7	Початок відкриття випускних клапанів, град	66
8	Кінець закриття випускних клапанів, град	10

Таблиця 3.2 – Нормовані значення діагностичних ознак технічного стану елементів ГРМ

№	Параметр технічного стану	Значення параметрів технічного стану (двигун ЯМЗ)
1	$K_1 = \alpha_{вп}$ – момент (кут) відкриття впускного клапану, град;	18...34
2	$K_2 = \alpha_{вип}$ – момент (кут) закриття випускного клапану, град;	23...36
3	$K_3 = P_{max1}$ – максимальний тиск в трубопроводі, кПа;	1,15...1,217
4	$K_4 = t_1$ – час відкриття впускного клапану від моменту приходу поршня в ВМТ до моменту приходу поршня в НМТ, с;	30...50
5	$K_5 = P_{max2}$ – максимальне розрідження у впускному трубопроводі, кПа;	0,8...1,1
6	$K_6 = t_2$ – час закриття клапану до моменту приходу поршня в НМТ, с;	16...25
7	$K_7 = P_{max3}$ – максимальний тиск в трубопроводі, що пов'язано з закриттям впускного клапана, кПа;	0,42...0,82
8	$K_8 = t_3$ – час закриття клапану в момент початку руху поршня з НМТ в ВМТ, с.	18...27

Висновки по розділу 3

Несправності, що виникають в процесі експлуатації ГРМ, викликають зміни на областях локальних діагнозів тимчасових характеристик розрідження повітря у впускному трубопроводі. Такі зміни, що характеризуються діагностичними ознаками, несуть в собі достовірну інформацію про стан ГРМ. Діагностичні ознаки формують групи. До них відносяться: $K_1 - \alpha_{вп}$ момент (кут) відкриття впускного клапана; $K_2 - \alpha_{вип}$ момент (кут) закриття випускного клапана; $K_3 - P_{max1}$ максимальний тиск в трубопроводі; $K_4 - t_1$ час відкриття впускного клапана від моменту приходу поршня в ВМТ до моменту приходу поршня в НМТ; $K_5 - P_{max2}$ максимальне розрідження у впускному трубопроводі; $K_6 - t_2$ час закриття клапана до моменту приходу поршня в НМТ; $K_7 - P_{max3}$ максимальний тиск в трубопроводі пов'язане із закриттям впускного клапана; $K_8 - t_3$ час закриття клапана в момент початку руху поршня з НМТ у ВМТ.

3. Отримані функціональні залежності між діагностичними ознаками і параметрами технічного стану газорозподільного механізму двигунів внутрішнього згоряння дозволили встановити допустимі значення діагностичних ознак відповідних працездатного стану механізму та елементів, що входять до його складу.

4. Проведене нормування діагностичних ознак дозволило сформувати діагностичну матрицю станів газорозподільного механізму двигунів внутрішнього згоряння. Діагностична матриця є набором кодів діагностичних ознак, поєднання яких визначає діагноз.

ВИСНОВКИ

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

На частку сільського господарства в Житомирській області доводиться до 71,5% тракторів від загального числа, що експлуатуються у всіх галузях. Трактори оснащені двигунами внутрішнього згорання, в яких є газорозподільний механізм. Існуючий віброакустичний метод діагностування ГРМ по аналізу повітряних і шумових коливань залежить від оператора-діагноста і високої вартості апаратури, а тому має малу інформативність і високу трудомісткість. Підвищення інформативності та зниження трудомісткості диференціального діагностування газорозподільного механізму, можливо, забезпечити застосуванням методу на основі спостереження параметрів розрідження у впускному трубопроводі, але для його реалізації необхідно проведення додаткових теоретичних і експериментальних досліджень.

Розроблені методики визначення діагностичних ознак на ділянках локальних діагнозів тимчасових характеристик розрідження повітря ГРМ і їх функціональних зв'язків з параметрами технічного стану, спільно з алгоритмами, що їх реалізують, дозволяють скористатися наявними можливостями сучасних ЕОМ, забезпечуючи високу оперативність і достовірність.

Розроблений комп'ютерний діагностичний комплекс і алгоритм дозволяють реалізувати метод диференціального діагностування ГРМ двигунів внутрішнього згорання тракторів в автоматичному режимі. Алгоритм діагностування дозволяє визначати технічний стан ГРМ за принципом «придатний-непридатний», а також виявляти несправність елемента, що входить до складу механізму. Вимірювальне обладнання комплексу дозволяє безперервно вимірювати, зберігати та обробляти тимчасові характеристики

розрідження повітря у впускному трубопроводі ГРМ. Вимірювання розрідження здійснюється з похибкою не більше 3,5%. Абсолютна похибка реєстрації часу визначається частотою переривань, що задається тактовим генератором.

Виробничої перевіркою встановлено, що розроблений метод диференціального діагностування ГРМ двигунів внутрішнього згорання тракторів забезпечує підвищення ефективності та зниження трудомісткості при підтримці і відновленні працездатності ГРМ. Володіє більш високою вірогідністю постановки діагнозу в порівнянні з існуючим методом, помилки першого роду знижені до 24%, а помилки другого роду від 7% до 9%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Молодан А.А. Оценка технического состояния цилиндро-поршневой группы двигателя с учетом разделения потоков газов, проходящих в картер: дис. канд. техн. наук. Харьков, ХНАДУ, 2011. 184 с.
2. Козаченко О. В. Технічна експлуатація сільськогосподарської техніки. Харків: Торнадо, 2000. 191 с.
3. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей : справ. пособие в 6 т. Т. 3. Методы диагностирования. Харьков : Майдан, 2012. 548 с.
4. Мигаль В. Д. Вибродиагностика машин при эксплуатации. В. Д. Мигаль. Харьков : ХГПУ, 1997. 293 с.
5. Бельских В. И. Справочник по техническому обслуживанию и диагностированию тракторов. Москва : Россельхозиздат, 1986. 399.
6. Агулов І.І., Вознюк Л.Ф., Левчий О.В. Довідник по технічному обслуговуванню сільськогосподарських машин. Київ : Урожай, 1989. 253 с.
7. Рубльов В. І., Войтюк В. Д. Управління якістю технічного сервісу і сільськогосподарської техніки при постачанні: посібник. Київ : Видав НАУ, 2006. 236 с.
8. Ежов С. П., Назаров Н. И. Диагностика двигателей внутреннего сгорания Учебное пособие. Москва : МАДИ, 1987. 40 с.
9. Гюнтер Г. Диагностика дизельных двигателей. Москва : ЗАО "КЖИ "За Рулем", 2004. 176 с.
10. Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Чигиринець А. Д. Експлуатаційна надійність автомобілів: Підручник у 2 ч., 4 кн. Київ : Вища школа, 2000. Ч. 1: кн. 1. 609 с., кн.2. 458 с.; Ч.2: кн.3. 321 с.; кн. 4. 552 с.
11. Гребенников А. С. Диагностирование автотракторных двигателей динамическими методами. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2002. 196 с.

12. Бурау Н. И. О новых направлениях в развитии виброакустических методов диагностики прочностных дефектов в лопатках газотурбинных двигателей. Вибр. в техн. и технол. 2001. №4 (20). С. 45–48.
13. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Київ : Знання-Прес, 2003. 512 с.
14. Сырбаков А. П., Корчуганова М. А., Чернышов Н. С. Техническая диагностика ДВС по параметрам вибрации. *Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии*. 2011. Вып. 47. С. 110-116
15. Науменко А. П. Проблемы диагностики поршневых машин. *Наука, образование, бизнес : доклады и тезисы докладов региональной научно-практической конференции ученых, преподавателей, аспирантов, студентов, специалистов промышленности и связи, посвященной 10-летию Института радиоэлектроники, сервиса и диагностики и Дню радио*. 2007. С. 84-92.
16. Барашков И. В. Организация технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей: учеб. для вузов. Москва : Транспорт, 1966. 122 с.
17. Черновол М. І., Чабанний В. Я. Технічна експлуатація автомобілів: Лабораторний практикум. Кіровоград : РВП КНТУ, 2007. 125 с.